

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

**RODRIGO OCTÁVIO PEREIRA MARQUEZ JÚNIOR**

**O MACROAMBIENTE DE EMERGÊNCIA DOS ECOSISTEMAS  
INDUSTRIAIS: PROPOSIÇÃO DE ESTRUTURA ANALÍTICA E  
APLICAÇÃO PARA O CASO BRASILEIRO**

UBERLÂNDIA

2014

**RODRIGO OCTÁVIO PEREIRA MARQUEZ JÚNIOR**

**O MACROAMBIENTE DE EMERGÊNCIA DOS ECOSISTEMAS  
INDUSTRIAIS: PROPOSIÇÃO DE ESTRUTURA ANALÍTICA E  
APLICAÇÃO PARA O CASO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de Concentração: Desenvolvimento Econômico

Orientadora: Prof. Dra. Debora Nayar Hoff.

**UBERLÂNDIA**

**2014**

**RODRIGO OCTÁVIO PEREIRA MARQUEZ JÚNIOR**

**O MACROAMBIENTE DE EMERGÊNCIA DOS ECOSISTEMAS  
INDUSTRIAIS: PROPOSIÇÃO DE ESTRUTURA ANALÍTICA E  
APLICAÇÃO PARA O CASO BRASILEIRO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Economia.

Área de Concentração: Desenvolvimento Econômico

Uberlândia, 14 de março de 2014.

Banca Examinadora

---

Profa. Dra. Debora Nayar Hoff – IE/UFU

---

Prof. Dr. Daniel Caixeta Andrade – IE/UFU

---

Prof. Dr. Prof. Dr. Junior Ruiz Garcia – PGDE/UFPR

## **AGRADECIMENTOS**

A maioria de nós leva a vida numa correria que mal nos deixa tempo pra pensar. Num dia comemos, bebemos, trabalhamos, estudamos, dormimos, escovamos os dentes. No dia seguinte fazemos tudo de novo. Em meio a rotina de nossas atividades às vezes esquecemos de agradecer e dizer algumas palavras às pessoas que fazem nossas vidas realmente valer a pena. Felizmente ao final de cada etapa somos contemplados com a possibilidade de refletir; olhar para trás e poder comparar como éramos e como somos.

O período do mestrado com toda certeza foi para mim os dois melhores anos vividos. Não posso descrever em palavras o quanto esses anos foram importantes em minha vida. Fazendo um breve retrospecto, desde as primeiras aulas de Microeconomia até ao final da dissertação fui contemplado com um presente de valor imensurável, qual seja: o conhecimento. Aliado a isso, durante este memorável período que estive cursando o mestrado fui contemplado com o nascimento do Theo, meu filho, que veio trazer ainda mais sentido a minha vida, agregando a ela amadurecimento, crescimento, amor, alegria e felicidade.

Não poderia deixar de mencionar às inseguranças vivenciadas no início. Ao sair de Goiânia para estudar na Universidade Federal de Uberlândia me senti extremamente honrado e entusiasmado, porém a dúvida que surgia era, como adaptar a uma nova rotina? Nova cidade? Novas pessoas? Tudo isso a cada dia foi se transformando em alegria, e hoje se reveste em saudade. Todas as experiências que tive neste período foram extremamente positivas. A turma do mestrado, especialmente os amigos Felipe Queiroz e Jessé Pacheco, professores, coordenação e secretaria sempre vão deixar saudades não só pela excelente acolhida, como também pela amizade sincera, presteza e dedicação.

Neste período de mudanças além de todo o conhecimento adquirido, tive a felicidade de conhecer um pouco melhor a tia Zita. Em breves palavras esta querida tia, prima do meu avô, que eu pouco conhecia, e ao mesmo tempo era muito próxima de minha família de Goiânia, foi uma das pessoas mais especiais que tive o prazer de conhecer, e tenho certeza que sempre reverenciarei o período que ela tão bem me acolheu em sua casa. Nunca me esquecerei dos almoços, lanches, conversas e conselhos que ela tão sabiamente me ofereceu. Acho que palavras são inexistentes para descrever o tamanho do meu carinho, admiração, e respeito que tenho com esta, por isso dedico parte desta pesquisa a ela, que com toda certeza, contribuiu e contribui muito para o meu crescimento pessoal e profissional.

Durante toda minha caminhada até aqui tenho muito que agradecer a Deus por ter me proporcionado tantas conquistas. Nos últimos anos, desde quando resolvi me dedicar aos cursos de Economia e Direito, fazendo ainda projeto de iniciação científica, e depois estágio, até o último ano em que precisei concluir o mestrado e ainda trabalhar, somente consegui avançar graças a ele e a algumas pessoas que fizeram e fazem a diferença na minha vida.

Primeiramente não poderia deixar de agradecer aos meus pais Rodrigo e Arleth, que dentro das suas possibilidades, não pouparam esforços para que eu conseguisse vencer todas as etapas da minha formação, inclusive, abdicando de suas próprias vontades em prol do meu crescimento profissional e pessoal, e por quem tenho uma dívida impagável, e serei eternamente grato. Minha irmã, amiga e companheira de momentos bons e dificuldades, com quem eu compartilho todas as vitórias da minha vida, meus sinceros agradecimentos. Aos meus amigos: Celso, Lorenzo, Osmar e Murilo, pessoas que me propiciam viver momentos extremamente felizes. Aos meus avós Carlos e Sônia, Maria e Capucho. Minhas tias e tios que foram igualmente importantes nesta caminhada. Finalmente agradeço a Letícia, minha namorada e amiga, por quem tenho um amor e carinho imensurável e espero sempre passar ótimos momentos.

Agradeço ainda, a minha orientadora Prof. Dr. Debora Nayar Hoff pela dedicação, amizade e profissionalismo que tanto me auxiliou ao longo do curso, não medindo esforços para que eu crescesse como pesquisador, e principalmente neste trabalho, que, sem sombra de dúvidas não seria o mesmo sem o seu indispensável auxílio.

Por fim, acrescento que esta dissertação representa o final desta etapa e o início de outra, com mais maturidade e segurança para continuar desenvolvendo pesquisas e contribuindo para a disseminação de conhecimento e o avanço das sociedades.

## **RESUMO**

Dada a enorme devastação ambiental, ocasionada em grande parte pelo uso irrestrito dos recursos naturais, torna-se fundamental o desenvolvimento de meios alternativos de produção, pautados na eficiência e na sustentabilidade. É neste cenário, que surgem os ecossistemas industriais, caracterizados por serem arranjos produtivos formados através de uma rede de empresas interligadas por uma lógica ecológica, social e econômica. Estes arranjos produtivos podem ser incentivados a partir de um ambiente adequado à sua emergência e desenvolvimento. A pesquisa que pode ser classificada como descritiva, de cunho qualitativo, emergiu da necessidade de se desenvolver meios alternativos de produção. De acordo com a revisão de literatura internacional verifica-se que aspectos relacionados às iniciativas públicas, legislações, e iniciativas privadas são meios adequados a criar condições favoráveis ao desenvolvimento deste tipo de arranjo produtivo. Estes elementos compõem o que, para fins dessa pesquisa será denominado de Macroambiente de formação dos ecossistemas industriais. O objetivo geral do trabalho é identificar as variáveis utilizadas em âmbito mundial para se estudar o Macroambiente de onde emergem as iniciativas de formação de ecossistemas industriais, bem como analisar o comportamento do Macroambiente nacional ao observá-lo através destas mesmas variáveis. Como resultado encontrou-se um consistente modelo de análise, e ao aplicá-lo ao caso brasileiro nota-se um conjunto de políticas como a Política Nacional do Meio Ambiente buscando o desenvolvimento sustentável, porém por estas políticas estarem bastante esparsas, e por o Brasil apresentar algumas peculiaridades, em razão de suas origens históricas, da grande extensão territorial e pequena conscientização ambiental, não se pode afirmar que existam estímulos concisos para a simbiose industrial.

**Palavras chave:** Ecologia Industrial, Ecossistemas Industriais, Macroambiente.

## **ABSTRACT**

Given the enormous environmental devastation caused in large part by unrestricted use of natural resources, it is fundamental to develop alternative means of production, guided by efficiency and sustainability . In this scenario, emerging industrial ecosystems, characterized by being formed clusters through a network of firms linked by an ecological, social and economic logic. These clusters can be encouraged from adequate to its emergence and development environment. The research can be classified as descriptive, qualitative nature, emerged from the need to develop alternative means of production. According to the international literature review it appears that aspects related to public initiatives, laws and private initiatives are suitable to create favorable conditions for the development of this type of arrangement means product. This elements make up what, for the purposes of this research will be named the macro environment of formation of industrial ecosystems. The overall objective is to identify the variables used worldwide to study the macro environment where training initiatives of industrial ecosystems emerge, as well as analyzing the behavior of the domestic macro environment to observe it through these same variables. As a result it was found a consistent analysis model, and apply it to the Brazilian case there has been a set of policies such as the National Environmental Policy pursuing sustainable development, but for these policies are quite sparse, and the Brazil present some peculiarities, due to its historical origins, the large territory and little environmental awareness, we can not say that there are concise for industrial symbiosis stimuli

**Keywords:** Industrial Ecology, Industrial Ecosystems, macro environment.

## **Lista de Quadros**

Quadro 1 – Princípios gerais da sustentabilidade.....	20
Quadro 2 – Redes de empresas: Aspectos Gerais.....	29
Quadro 3 – Aspectos elementares para criação dos ecossistemas industriais.....	49
Quadro 4 – Elementos vinculados ao processo de planejamento de um EI.....	50
Quadro 5 – Ecossistemas industriais – elementos gerais.....	55
Quadro 6 – Principais mecanismos de incentivo aos EI, de acordo com o elemento do Macroambiente.....	77
Quadro 7 – Elementos convergentes entre o Macroambiente de emergência dos ecossistemas industriais e suas características.....	84
Quadro 8 – Mecanismo do macroambiente e suas ações concretas para incentivar os EI.....	87
Quadro 9 – Resíduos Siderúrgicos (Programa Bolsa de Resíduos).....	115
Quadro 10 – Panorama geral: Ações, Mecanismo que ela utiliza ou incentiva, e Característica dos EI que impulsiona.....	119
Quadro 11 – Resíduos comercializados no Ecossistema Industrial de Santa Cruz.....	136

## **Lista de Figuras**

Figura 1 – Componentes do desenvolvimento sustentável.....	24
Figura 2 – Fluxos e transformações de material e energia nos três tipos de ecologia.....	40
Figura 3 – Modelo esquemático de um ecossistema industrial.....	52
Figura 4 – Principais elementos do Macroambiente.....	58
Figura 5 – CIA de Macaíba.....	131
Figura 6 – Esquema do Ecossistema Industrial.....	142

## **Lista de Tabela**

Tabela 1 – O ecossistema industrial de Curitiba e Araucária.....	141
--	-----



## Sumário

<b>Introdução.....</b>	<b>12</b>
<b>Capítulo 1 – Apresentação do referencial teórico: fundamentos e conceitos relevantes.....</b>	<b>16</b>
1.1. Paradigma Centrado na Sustentabilidade.....	16
1.1.1. A concepção de novos paradigmas.....	16
1.1.2. O desenvolvimento sustentável.....	22
1.2. Tópicos de organização industrial.....	27
1.2.1. Da teoria neoclássica ao pensamento contemporâneo.....	27
1.2.2. Redes de empresas.....	28
1.2.3. Política industrial.....	31
1.2.4. Política ambiental: definição e propósito.....	33
1.3. Principais fundamentos da Ecologia Industrial (EI).....	35
1.3.1. Aspectos históricos.....	35
1.3.2. A ecologia industrial: Conceitos, Princípios e Propriedades.....	37
1.4. Economia Ecológica.....	43
1.5. Simbiose Industrial.....	44
1.6. Ecossistemas Industriais.....	46
1.6.1. Conceitos, Princípios e Características.....	51
<b>Capítulo 2 – O Macroambiente de emergência dos ecossistemas industriais segundo a literatura internacional.....</b>	<b>52</b>
2.1. União Européia.....	52
2.1.1. Inglaterra.....	60
2.1.2. Dinamarca: O ecossistema industrial de Kalundborg.....	63
2.1.3. Holanda.....	65
2.1.4. França.....	68
2.2. Estados Unidos.....	69
2.3. Convergência da revisão de literatura: exposição dos fatores.....	73
2.4. O modelo analítico.....	76
2.4.1. Mecanismo da iniciativa pública.....	78
2.4.2. Mecanismo do âmbito da iniciativa privada.....	81
2.4.3. Mecanismo do âmbito legal.....	82

<b>Capítulo 3 – O Macroambiente de emergência dos ecossistemas industriais no Brasil.....</b>	<b>79</b>
3.1. Âmbito Legislativo - Evolução das legislações ambientais no Brasil: Análise das leis 6.938/81; CF/88; 9.605/98 e 12.305/2010.....	88
3.1.1. Contextualização histórica: O surgimento da Política Nacional do Meio Ambiente.....	88
3.1.2. A Constituição Federal de 1988.....	91
3.1.3. A Lei de Crimes Ambientais.....	93
3.1.4. Lei 12.305/10: A Política Nacional dos Resíduos Sólidos.....	96
3.2. Âmbito governamental - O governo e os ecossistemas industriais: Plano de Produção Integrada; Plano de Governança Ambiental; Programa Cidades Sustentáveis e o Plano Nacional de Resíduos Sólidos .....	97
3.2.1. O Plano de Produção Integrada.....	98
3.2.2. Plano de Governança Ambiental.....	100
3.2.3. Programa Cidades Sustentáveis.....	102
3.2.4. Plano Nacional de Resíduos Sólidos.....	105
3.2.4.1. Diagnóstico da situação dos resíduos sólidos no Brasil.....	107
3.2.4.2. Cenários Macroeconômicos e Institucionais.....	111
3.2.4.3. Diretrizes e estratégias.....	111
3.3. Âmbito da iniciativa privada - As indústrias e a gestão integrada de resíduos: Programa “Bolsa de Resíduos” e Programa Brasileiro de Simbiose Industrial (PBSI).....	114
3.3.1. Programa “Bolsa de Resíduos”.....	114
3.3.2. PBSI: Aspectos relevantes.....	115
3.4. Síntese dos aspectos observados.....	118
3.4.1. Quadro 10: Aspectos gerais.....	118
3.5. Ensaio sobre os ecossistemas industriais existentes no Brasil.....	129
3.5.1. Considerações Iniciais.....	129
3.5.2. Centro Industrial Avançado de Macaíba.....	130
3.5.3. MUAIS (Miniusinas de Álcool Integradas).....	132
3.5.4. Indústria de Carvão e Curtumes.....	133
3.5.5. Ecossistema industrial de Santa Cruz.....	135
3.5.5.1. O Macroambiente de emergência do EI de Santa Cruz.....	135
3.5.5.2. Considerações gerais.....	135
3.5.6. Cidade Industrial de Curitiba.....	139

<b>Considerações Finais.....</b>	<b>143</b>
<b>Referências.....</b>	<b>146</b>

## **1. Introdução**

O modo de produção capitalista se estruturou definitivamente a partir da Revolução Industrial e, desde então, tem demonstrado amplo poder de renovação. Autores como David Hume, Smith, Polanyi, entre outros apontam algumas de suas características intrínsecas. Entre elas pode-se destacar: a propriedade privada dos meios de produção, o trabalho assalariado, a busca incessante pelo lucro, a economia voltada para o mercado, a divisão de classes, entre outras (ESTENSSORO, 2003).

Teóricos como Nicholas Kaldor (1976) e Hirschman (1982), entre outros vinculados a países predominantemente capitalistas, têm enfatizado a capacidade do capitalismo em promover o crescimento econômico, sob a argumentação de que este crescimento é empiricamente associado a um padrão de vida melhor, com uma maior disponibilidade de alimentos, habitação, vestuário e cuidados de saúde. No entanto, o modelo vigente, comandado pelas nações desenvolvidas e reproduzido pelas nações em desenvolvimento, além de produzir contradições inaceitáveis às sociedades têm ainda provocado a destruição dos recursos naturais.

Como exemplo da crescente degradação ambiental pode-se destacar a concentração de gás carbônico na atmosfera, provocando o efeito estufa e o aquecimento global. Este aumento, notado especialmente a partir da expansão industrial, resulta do consumo cada vez maior de combustíveis fósseis. Complementarmente, pode-se destacar a crescente escassez de água potável, consequência não só do desenvolvimento industrial, mas também do aumento da população. Rios, lagos e zonas costeiras têm sido degradados pelo escoamento de resíduos industriais e orgânicos. Segundo dados do Instituto Trata Brasil 61,52% do volume de esgoto gerado nas cem maiores cidades do país não passou por tratamento adequado em 2012. Complementarmente, de acordo com dados da FIESP (2011), 118 milhões de brasileiros não possuem esgoto tratado, gerando impactos severos sobre a saúde e sobre a natureza, acarretando ainda a perda de biodiversidade, poluição do ar e da água, entre outras consequências.

Dessa forma, observa-se que as décadas de desenvolvimento pautadas no crescimento econômico, oriundo do consumo em massa e aumento da industrialização, sem qualquer preocupação com os recursos naturais, têm provocado a redução da qualidade de vida, e uma crescente degradação ambiental. Porém, para elucidar os consecutivos fracassos,

não basta apenas que se aponte a intolerância ao sistema atual, é necessário que das discussões realizadas sejam identificadas e quiçá viabilizadas soluções para tais problemas.

Segundo relatório elaborado pelo Programa das Nações Unidas pelo Meio Ambiente (PNUMA) os padrões de consumo foram se modificando, e o uso dos recursos naturais foram aumentando indiscriminadamente. Dados apontam que há uma correlação positiva entre o crescimento econômico dos países e o aumento da demanda por recursos naturais. Neste sentido, o capitalismo, estruturado a partir de uma economia de mercado, com produção e consumo em massa, e principalmente, impulsionado pela falta de informação e o consumismo exacerbado parece direcionar à sociedade para um caos proeminente (PNUMA, 2011).

Diversos autores se propõem a pesquisar sobre as possíveis soluções existentes, de forma, a conciliar desenvolvimento econômico, social e ambiental. Daly e Farley (1968) explicam, que deve-se utilizar os recursos renováveis de acordo com sua capacidade de renovação e os recursos não renováveis conforme a capacidade do meio ambiente em absorver os resíduos gerados por seu uso. Há quem defenda que este movimento faça parte da construção de um novo paradigma, e como tal, tende com o tempo influenciar todas as atividades humanas (HOFF, 2008). Assim, as recentes incoerências observadas a partir do modo de produção atual, têm possibilitado o surgimento de novas correntes de pensamento, focadas, sobretudo, na sustentabilidade dos processos produtivos.

Neste contexto, realizar uma análise ampla, que aprofunde o estudo das variáveis inseridas num Macroambiente (governos, legislações, políticas públicas, instituições, e sociedade organizada) que auxiliam a criação de arranjos produtivos mais eficientes, que aproveitem os *by products* gerados no processo produtivo, e possibilite o desenvolvimento pautado na sustentabilidade, é relevante o suficiente para ser alvo de um esforço de pesquisa.

Ademais a conjuntura observada no Brasil, que atualmente passa por um processo de determinação de seu posicionamento estratégico como um importante *player* no mercado internacional, pode encontrar nas questões socioambientais uma importante estratégia de desenvolvimento de longo prazo. Isto se intensifica, na medida que outros países emergentes como China e Índia já demonstraram de maneira clara que seus objetivos estratégicos de desenvolvimento não direcionam real atenção às questões ambientais. Tal posicionamento pode levar a indústria nacional a se beneficiar de uma lógica sustentável como vantagem competitiva. Tal estratégia sustenta-se na presença de demandas por sustentabilidade, cada vez mais presente nos mercados consumidores, e ainda, impulsionado pelas vantagens comparativas existentes, relacionadas à abundância de recursos naturais existentes no país (JÚNIOR, 2012).

Posto isto, pode-se afirmar que a construção de modelos de análise dos problemas que se colocam, deve abandonar as abordagens centradas em soluções puramente econômicas. Dá amparo à esta afirmativa o entendimento de que a complexidade dos problemas evidencia seu caráter multidimensional e, portanto, a necessidade de abordagens igualmente holísticas. Nesse sentido, a ecologia industrial e os ecossistemas industriais emergem como abordagens relevantes e potencialmente úteis para a observação de arranjos produtivos que se deseje serem orientados pelos preceitos do desenvolvimento sustentável. É neste ambiente que se desenvolve a presente dissertação.

Esta pesquisa busca responder prioritariamente as seguintes questões: i) Quais são as variáveis utilizadas em âmbito mundial para se estudar o Macroambiente de onde emergem as iniciativas de formação de ecossistemas industriais, e ii) Como o Macroambiente nacional se comporta ao observá-lo através destas mesmas variáveis?

A partir desses questionamentos trabalham-se com duas hipóteses: i) Hipótese primária: A discussão acerca dos ecossistemas industriais em âmbito internacional é de grande relevância, uma vez que os países analisados possuem maiores avanços na construção destes arranjos produtivos, e, portanto, o estudo dos casos estabelecidos entre estes países representa um horizonte de possibilidades que podem ser replicadas pelos países em desenvolvimento como o Brasil. Trabalha-se com o pressuposto de que grande parte destes arranjos industriais emerge de regulação e políticas públicas que incentivam as firmas à adoção de práticas características dos ecossistemas industriais, contribuindo assim com o seu estabelecimento, e ii) Hipótese secundária: Atualmente, no Brasil, as políticas públicas destinadas ao desenvolvimento industrial e as políticas voltadas à preservação e conservação do meio ambiente juntamente com a legislação ambiental, vigente no ordenamento jurídico brasileiro, já incorporam o incentivo a adoção, pelas firmas, de algumas características dos ecossistemas industriais, no entanto, estes incentivos estão dispersos, não indicando que há intencionalidade de criação de um Macroambiente propício à emergência dos ecossistemas industriais.

O objetivo geral do trabalho é identificar os fatores utilizados em âmbito mundial para se estudar o Macroambiente de onde emergem as iniciativas de formação de ecossistemas industriais, e analisar, num recorte temporal de cinco anos, como o Macroambiente nacional se comporta ao observá-lo através destes fatores.

De forma mais específica os objetivos são: i) Estudar os principais conceitos e princípios inerentes à Ecologia Industrial, convergentes a formação dos Ecossistemas Industriais, bem como identificar as características típicas deste arranjo produtivo; ii) Estudar

os principais conceitos referentes à redes de empresas, política industrial e ambiental, bem como explicitar suas características essenciais sob o enfoque da Organização Industrial; iii) Verificar, a partir de revisão de literatura internacional, quais variáveis são frequentemente citadas em estudos do Macroambiente de formação dos Ecossistemas Industriais e elaborar um modelo analítico para o Macroambiente de emergência dos ecossistemas; iv) Selecionar um conjunto de variáveis do modelo para analisar o Macroambiente nacional de emergência dos ecossistemas industriais e efetivar a análise para o período recente (últimos cinco anos); v) A partir da análise realizada, verificar se o Macroambiente brasileiro vem incentivando ou desincentivando à formação dos ecossistemas industriais e descrever ecossistemas industriais que estão se formando no Brasil.

A dissertação está dividida em três capítulos, além desta introdução, das considerações finais e de elementos pré e pós-textuais. O Capítulo 1 busca apreender as categorias centrais das abordagens que inspiram este trabalho, com ênfase no paradigma centrado na sustentabilidade, ecologia industrial, ecossistemas industriais e tópicos de economia industrial, ao passo que no Capítulo 2 há o esforço de demonstrar a partir da revisão de literatura internacional, quais são as variáveis inseridas no que convencionou-se denominar macroambiente de emergência dos ecossistemas industriais e apresentar o modelo construído a partir dessa revisão de literatura. No Capítulo 3, à luz do modelo proposto – e, portanto, das abordagens que o inspiraram -, faz-se a análise mais específica do caso brasileiro.

Para a consecução dos objetivos propostos a pesquisa seguiu a seguinte metodologia: foi reunida uma gama de materiais publicados, como: artigos científicos, dissertações, teses e livros que tratam da problemática proposta, e a partir de sua leitura analítica construiu-se um consistente arcabouço teórico que deu sustentação conceitual a pesquisa e influenciou na construção do modelo analítico e consequentemente nos resultados obtidos.

Trata-se, portanto, de uma pesquisa qualitativa. Neste tipo de pesquisa, as informações obtidas não podem ser quantificáveis, de forma que os dados obtidos são analisados indutivamente e, portanto, após sua conclusão será realizada a interpretação dos fenômenos e a atribuição dos significados encontrados na pesquisa, características essenciais deste tipo de pesquisa (COSTA, 2002). Em relação aos objetivos propostos a pesquisa pode ser classificada como sendo descritiva, uma vez que se propõe a identificar fatores determinantes para a ocorrência dos fenômenos. No caso, a emergência dos ecossistemas industriais.

## **Capítulo 1 – Apresentação do referencial teórico: fundamentos e conceitos relevantes.**

Este capítulo busca apresentar os quatro grandes enfoques que dão suporte teórico-conceitual a esta dissertação. No item 1.1. se discute o Paradigma Centrado na Sustentabilidade de forma a demonstrar a importância do desenvolvimento sustentável como mantenedor das condições adequadas de vida para as próximas gerações. O item 1.2. traz as contribuições emergentes da Economia Industrial, que propõe abordagens sobre a nova concepção de firma, integração, inovação e políticas industriais, de forma a explicar as mudanças nos processos produtivos observadas ao longo do tempo. A partir daí no item 1.3. a discussão foca-se em abordagens que propõem soluções mais pragmáticas para os problemas concretos da sustentabilidade: trata-se da Ecologia Industrial e dos Ecossistemas Industriais. Por fim será tratado sobre os principais conceitos advindos da Economia Ecológica.

### **1.1. Paradigma Centrado na Sustentabilidade**

Nesta seção, serão discutidos os principais aspectos referentes ao paradigma centrado na sustentabilidade. Nota-se que as questões ambientais, principalmente a idéia de desenvolvimento sustentável e o uso racional dos recursos naturais, vêm sendo incorporada cada dia mais na vida das pessoas, de modo que se pode afirmar que há um novo paradigma, voltado para a sustentabilidade, emergindo no mundo.

#### **1.1.1. A concepção de novos paradigmas**

Ao longo do século XXI as discussões sobre a viabilidade dos processos produtivos têm ganhado uma abrangência nunca assistida pela humanidade. Atores dos mais diversos segmentos, como: governos, empresários, pesquisadores, alunos e professores cada dia mais veem a necessidade de se adequar a produção necessária às demandas individuais e coletivas com a preservação e conservação do meio ambiente. Muito têm-se discutido sobre os custos ambientais e sociais dos processos produtivos, de modo que uma série de disciplinas das mais diversas áreas, como: economia, sociologia, filosofia, psicologia, e ciência política tem estudado esta relação entre homem e meio ambiente (GLADWIN *et al.*, 1995).

Este caráter holístico e multidisciplinar tem se firmado como uma das características mais marcantes deste novo, desconhecido, vasto, e importante campo de estudo. Autores



como Jelinski (1992), Shivrastava (1995), Pavese (2010), Frischtak (2010) e outros apontam que os desafios concernentes as novas abordagens são de difícil enfrentamento, uma vez que a lógica apregoada pelos *policy makers* parece incontestável. Neste sentido, pesquisadores do *mainstream* da economia tratam o crescimento econômico como algo absolutamente desejável, uma vez que permite aos governos arrecadar mais impostos e levantar recursos para suas políticas públicas, leva as indústrias a aumentarem sua produção e produtividade, leva à redução da pobreza, melhora a qualidade de vida... No entanto apesar da significativa contribuição para o crescimento da economia e para a promoção do bem-estar social, a exploração excessiva dos recursos naturais vêm acarretando perdas irreversíveis da biodiversidade global e dos serviços prestados pelos ecossistemas, muitos deles considerados essenciais para a sobrevivência humana.

Novos paradigmas são construídos a cada geração, pode-se citar como exemplo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), que lançou em 2008 a Iniciativa Economia Verde (GEI, da sigla em inglês). O objetivo central da iniciativa é apoiar o desenvolvimento de um plano global de transição para uma economia sustentável – que fosse dominada por investimentos e consumo de bens e serviços de promoção ambiental. Observa-se, no entanto, certa resistência em efetivamente aduzir soluções concretas aos problemas socioambientais existentes.

A partir de diversos estudos, provenientes de entidades de proteção ambiental e social, grupos de reflexão, da academia nacional de ciência dos EUA, entre outras entidades, são discutidas ideias que compõem o Paradigma Centrado na Sustentabilidade, caracterizado como uma síntese entre o tecnocentrismo e o ecocentrismo. Este paradigma leva a uma série de axiomas importantes, revestidos de preocupações quanto à viabilidade das inovações e aperfeiçoamentos tecnológicos, inserção de políticas públicas mais eficientes e instrumentalizadas pelos critérios da equidade, e, ainda, preocupação quanto à assistência aos pobres (GLADWIN *et al.*, 1995).

Importante destacar que diante da ameaça de danos sérios ou irreversíveis ao planeta Terra, os requisitos para uma certeza científica não pode ser utilizado como razão para postergar medidas para evitar a degradação ambiental. Princípios da precaução e as normas de segurança - mínimas - são necessários para minimizar as perdas irreversíveis de recursos renováveis. Os defensores deste novo paradigma acreditam que tecnologias devem ser desenvolvidas e aplicadas de forma adequada às necessidades humanas, porém avaliações de impactos ecológicos, sociais, e econômicos devem ser feitas antes de serem introduzidas, a fim de minimizar os efeitos colaterais adversos (KUHN, 2010).

Deste modo, o sistema econômico vigente, pautado na produção em larga escala e no consumo como elemento central do crescimento, tem resultado em inúmeras perdas às sociedades de um modo geral. Tais perdas advindas deste modelo que produz enormes desperdícios e grande poluição, ao mesmo tempo em que se esgotam os recursos não renováveis existentes, ensejam mudanças paradigmáticas no pensamento e principalmente no comportamento dos indivíduos (MEBRATU, 1998).

De acordo com Kuhn (2010), ocorrem revoluções ou transformações resultantes do abandono do antigo e sua substituição pelo novo, ou seja, a quebra de um paradigma, uma ruptura que gera transformações e adaptações, criando novos paradigmas. Dentro deste conceito, surge um novo paradigma, proposto por Costa (2010) e Tonelo (2011): o paradigma da sustentabilidade, que é caracterizado por um novo modo de se administrar através de uma consciência de responsabilidade social empresarial. Para Almeida (2002), esse conceito remete à ideia de integração e interação entre fatos e valores fortemente relacionados, o que se converte em uma nova maneira de olhar e transformar o mundo, baseada no diálogo entre saberes e conhecimentos diversos, com seres humanos inseparáveis dos ecossistemas, em uma relação de sinergia.

A partir dessa concepção os objetivos organizacionais passam a contemplar a gestão ambiental e a responsabilidade social, que se constituem em muito mais que o cumprimento de leis ambientais e sociais, porque resultam em uma mudança na cultura e nos valores organizacionais. O paradigma da sustentabilidade se torna um critério fundamental no desenvolvimento dos negócios e uma oportunidade que pode ser aproveitada para criar ou sustentar um diferencial competitivo.

Pesquisadores como Hoff (2008) e outros, também trabalham com a hipótese de que se está vivendo a construção de um novo paradigma, que busca afastar a sociedade do antropocentrismo, aproximando-a de ideias que respeitem os limites do sistema natural, buscando maior equidade na distribuição dos recursos existentes e racionalidade no uso destes. Este contexto de mudanças paradigmáticas provoca a ampliação do debate acerca das relações entre o desenvolvimento dos diferentes países e a preservação do meio ambiente; acerca das relações existentes entre as fontes de recursos naturais, renováveis e não renováveis; e sobre a sustentabilidade dos processos produtivos.

A partir da análise dos trabalhos de autores como Costanza e Daly (1992); Daly, (1968); Hawken, (1993), pode-se elencar um conjunto experimental de princípios e técnicas operacionais associadas a um comportamento biofisicamente sustentável. Gladwin, (1995) resume alguns destes princípios conforme é apresentado no quadro 1:

**Quadro 1: Princípios gerais da sustentabilidade**

Princípios da sustentabilidade	Princípios operacionais	Técnicas de amostragem
Compreensão	Emissão de resíduos Capacidade de compreensão natural	Prevenção da poluição Produtos naturais Biodegradabilidade Desintoxicação
Regeneração	Taxa de recuperação renovável Taxa natural de regeneração	Gestão de rendimento sustentado Zonas de colheita exclusivos Sistemas de direito de recursos
Diversificação	Perda de biodiversidade	Reserva de biodiversidade Agricultura/policultura Ecoturismo
Restauração	Danos aos ecossistemas	Reflorestamento Reintrodução de espécies
Conservação	Eficiência da matéria e energia de combustível utilizada em cada unidade de produção	Consumo Transporte coletivo Gestão da demanda Construções inteligentes
Dissipação	Transferência de matéria e energia	Design durável
Perpetuação	Esgotamento de recursos não renováveis	Energia solar Energia eólica Energia geotérmica Hidrelétrica Combustível de hidrogénio Bioenergia
Circulação	Utilização de material reciclado	Circuito fechado de fabricação Ecossistemas Industriais Reciclagem interna Recuperação de resíduos Recirculação de água

Fonte: elaboração própria a partir de Gladwin, (1995).

A luz do quadro apresentado pode-se explicar que, para Gladwin (1995):

- a. **Compreensão:** Tal princípio evidencia a necessidade dos agentes económicos entenderem os principais aspectos relacionados ao novo paradigma.
- b. **Regeneração:** É importante que se leve em consideração a capacidade de renovação dos recursos naturais.
- c. **Diversificação:** Pode-se afirmar que este princípio possui relação com a perda de biodiversidade, de modo a chamar à atenção as diversas espécies atingidas pela ação antrópica no meio ambiente.
- d. **Restauração:** Fundamental para o novo paradigma é entender como os danos ecossistêmicos podem ser revertidos a partir de ações como reflorestamento, reintrodução de novas espécies e etc.

- e. **Conservação:** Apesar dos crescentes danos ambientais, ainda há importantes reservas naturais no planeta, que devem ser protegidas a partir da concepção de novas ações ambientalmente responsáveis, como: aumento da eficiência energética, redução do consumo, controle da poluição entre outras.
- f. **Dissipação:** Este princípio possui ampla relação com a problemática denominada de ecossistemas industriais, pois visa reduzir a perda de energia nos processos produtivos, de modo a reaproveitá-las em novos processos gerando assim maiores benefícios sociais e ambientais.
- g. **Perpetuação:** Visa o esgotamento dos recursos não renováveis a partir da acepção de fontes alternativas como: energia solar, eólica, geotérmica, hidrelétrica, boienergia entre outras.
- h. **Circulação:** Na visão que emerge desta nova abordagem o princípio da circulação externaliza a necessidade de se reutilizar matérias-primas de modo a gerar menos resíduos e extrair cada vez menos quantidade de material virgem da natureza. Esta concepção utiliza a sistemática dos ecossistemas industriais como maior meio garantidor deste processo.

Cabe ressaltar que estes princípios buscam adequar o modelo de produção vigente às necessidades impostas pela crise ambiental que se assiste. Importante, ainda, verificar a presença dos ecossistemas industriais, a partir de princípios como conservação, dissipação, perpetuação e circulação, descritos no quadro acima, como meio operacional de garantir o desenvolvimento sustentável.

Pode-se afirmar que os ecossistemas industriais surgiram da tentativa de aplicar os princípios da ecologia à atividade industrial e ao planejamento comunitário. Este conceito espelha a Ecologia, ou seja, um simples organismo pode existir sozinho ou interagir em um ecossistema. Da mesma forma, as indústrias podem interagir e cooperar umas com as outras, como ocorre em um ecossistema natural (COTE; HALL, 1998).

Os ecossistemas industriais como se verá adiante integram os princípios da Ecologia Industrial, da Simbiose Industrial, da gestão ambiental cooperativa, da prevenção da poluição, do planejamento, da arquitetura e das construções sustentáveis (LOWE, 1997). Estes princípios foram utilizados por diversos gestores separadamente, porém, nesta abordagem estes conceitos são adotados concomitantemente. Portanto genericamente pode-se defini-lo como uma “comunidade” de empresas e/ou indústrias que ao adotarem este instrumento de gestão cooperativa melhora seu desempenho econômico, reduz os impactos ao meio ambiente e à comunidade local resultantes da atividade industrial. Algumas palavras chave que

caracterizam os ecossistemas industriais são: gestão ambiental cooperativa, comunidade de indústrias, minimização dos resíduos dispostos, minimização do consumo de recursos naturais, ganhos econômicos, ambientais e sociais (LOWE, 2001).

### **1.1.2. O desenvolvimento sustentável**

A partir da construção de novos paradigmas, observa-se que a busca pela estruturação de algo que possa ser chamado de desenvolvimento sustentável torna-se uma forma de perceber esta nova vertente de pensamento. Para Mebratu (1998), a Conferência de Estocolmo sobre o Meio Ambiente Humano (*The United Nations Conference on the Human Environment*), representa um importante avanço nesta construção. Durante o respectivo encontro, realizado no ano de 1972, já surgiram indicativos de que a forma como o desenvolvimento econômico estava sendo construído precisava mudar.

Também se deve ressaltar a contribuição do Relatório Brundtland (1987), elaborado pela WCED - *World Commission on Environmental Development*. O relatório integra uma série de iniciativas, anteriores à Agenda 21<sup>1</sup>, que reafirmam uma visão crítica do modelo de desenvolvimento adotado pelos países industrializados, reproduzido pelas nações em desenvolvimento, e que ressaltam os riscos do uso excessivo dos recursos naturais sem considerar a capacidade de suporte dos ecossistemas. De acordo com o texto, é notória a incompatibilidade entre desenvolvimento sustentável e os padrões de produção e consumo vigentes (ANDRADE, 2009).

O conceito de desenvolvimento utilizado neste relatório sugere que: “desenvolvimento sustentável é assegurar a satisfação das necessidades do presente, sem comprometer a habilidade das futuras gerações de satisfazerem suas próprias necessidades”. Além de tornar-se o primeiro conceito de desenvolvimento sustentável mundialmente conhecido, contribuiu para a ampliação da discussão sobre a questão e para dinamizar a busca por novos modelos de desenvolvimento: mais eficientes ou, pelo menos, ambiental e socialmente mais amigáveis (MEBRATU, 1998).

Na década de 1990 dois grandes movimentos marcaram as discussões sobre o desenvolvimento sustentável: o primeiro estava preocupado com a mensuração desse desenvolvimento; o segundo, com a identificação dos limites do crescimento econômico, na

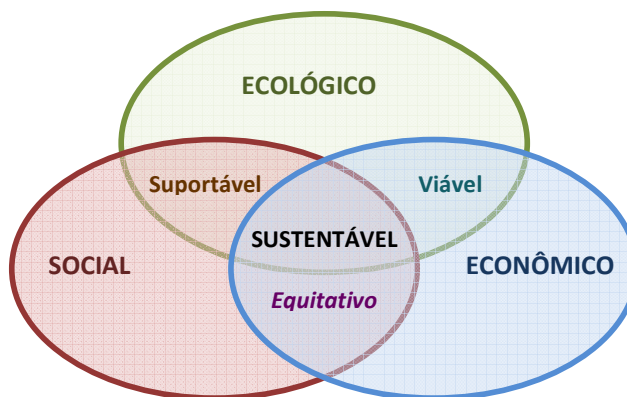
---

<sup>1</sup>A Agenda 21 pode ser definida como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, em diferentes bases geográficas, que concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica (MMA, 2013).

busca pelo desenvolvimento. Essas duas dinâmicas buscam aproximar ideias acerca do desenvolvimento sustentável em questões concretas; ou seja, como transformar o conceito lançado na década de 1980, em ações efetivas em favor do desenvolvimento sustentável. Desses movimentos e de toda a discussão levantada, vai se solidificando um conceito mais prático, o qual tem por base três pilares: o econômico, o social e o ambiental (HOFF, 2008).

A partir de documento publicado pela OCDE (*Organization for Economic Cooperation and Development*) em 2001, pode-se destacar que a sustentabilidade ambiental, refere-se à manutenção da integridade e produtividade do ambiente biológico e físico, assim como a preservação do acesso a um ambiente saudável. A sustentabilidade econômica consiste no crescimento econômico continuado que preserve a estabilidade financeira com uma baixa inflação e condições propícias à inovação. Por último a sustentabilidade social refere-se à importância da manutenção de bons níveis de emprego, de equidade e da participação da coletividade nas decisões (OCDE, 2001). A figura 1 tenta mostrar a relação entre os pilares do desenvolvimento sustentável e o tipo de desenvolvimento resultante da relação entre estes pilares.

**Figura 1: Componentes do Desenvolvimento Sustentável**



Fonte: Elaboração própria a partir de OCDE (2006)

A partir do disposto no Relatório “*Our Common Future*” (também conhecido como Relatório de Brundtland), pode-se fazer uma ligação entre estes componentes explicados e a prosperidade do desenvolvimento sustentável. Pode-se afirmar que o desenvolvimento sustentável implica uma inter-relação entre as soluções econômicas, sociais e ambientais de

modo que haja uma complementaridade entre elas. Neste sentido o relatório traz a importância de se desenvolver estes três aspectos de forma conjunta e equilibrada (WCED, 1987).

Na prática a maioria das estratégias nacionais dedica maior atenção às questões ambientais, com algumas tentativas de incorporar aspectos econômicos e sociais. De acordo com documentos publicados pela OCDE, há um suposto *trade off* entre a escolha de uma ou outra política, sendo que muitas vezes o aspecto social tem sido negligenciado, e como visto, para alcançar o desenvolvimento sustentável, de fato, é necessária uma integração de tais políticas (OCDE, 2006). Neste contexto surge a abordagem dos ecossistemas industriais como um meio de integrar, principalmente as dimensões econômica, e social, de forma a impulsionar o desenvolvimento sustentável dos países.

Isto posto, fica evidente a intenção do relatório, que traz, à luz da economia ecológica, a possibilidade de, a partir de sinergias, ou de integração entre estes três componentes, obter-se um novo tipo de desenvolvimento que possa gerar ganhos para o planeta. Estas sinergias são fundamentais, haja vista que atualmente há crescente demanda por recursos naturais, tais como alimentos, água, madeira, fibras e combustíveis, e a exploração excessiva desses recursos vem acarretando perdas irreversíveis para biodiversidade global, bem como aos serviços prestados pelos ecossistemas, evidenciando que existem limites ao uso dos recursos naturais (HOFF, 2008).

Por outro lado, as questões relativas à produção e aos arranjos produtivos, também passam a ser observadas na busca de alternativas para a construção deste tipo de desenvolvimento. Egri e Pinfield (2001) fazem uma discussão mais aprofundada sobre a necessidade de se desenvolver um novo modelo, que leve em consideração os custos ambientais e sociais do crescimento desenfreado. Na discussão observam que as crises ambientais ocorridas na atualidade são exemplo concreto da insustentabilidade ecológica da racionalidade econômica praticada nos dias de hoje.

Assim estudos de organização industrial, que aproximam elos distintos das cadeias produtivas, aprimorando suas ligações, podem contribuir para a superação de limitações tecnológicas, reorganizando o uso de recursos naturais, além de provocar pressões pela busca de soluções para problemas existentes.

Entre os principais problemas a serem resolvidos podem-se destacar a geração de resíduos e perdas (que refletem o mau uso dos recursos escassos) e de *by-products*, que causam impactos ambientais por não terem usos definidos ou disposição adequada. Neste sentido a Ecologia Industrial se apresenta como alternativa construída a partir de uma nova

concepção, focada no design industrial de produtos e processos e na implementação de estratégias produtivas sustentáveis. Essa abordagem procura uma melhor utilização do ciclo total de materiais utilizados na produção, que vão desde a matéria-prima in natura passando por todas as etapas do processo produtivo, incluindo as perdas e geração de produtos não desejáveis até a disposição final de cada elemento gerado (HOFF, 2008).

Importante descrever que o arranjo produtivo idealizado pela Ecologia Industrial, o qual contribui para a construção de processos mais sustentáveis é o chamado “Ecossistemas Industriais”. Este arranjo pode representar um meio para que haja o reaproveitamento de insumos não desejáveis a produção, com a otimização dos processos produtivos e o fechamento de ciclo produtivo. Seria o espaço de execução da simbiose industrial (JELINSKI *et al.*, 1992).

Considerados estes arranjos produtivos identificados como ecossistemas industriais, observa-se como tais articulações podem gerar soluções do tipo ganha-ganha, a partir do encadeamento de cadeias produtivas, que possam usar os resíduos e *by-products* de outras firmas ou cadeias como insumos para a produção. Assim, através do aumento de eficiência no uso dos recursos, com redução do uso de matérias-primas naturais e ampliação do aproveitamento de materiais já processados (reciclagem, por exemplo), pode-se obter uma redução da pressão sobre o meio ambiente natural.

No ecossistema industrial, cada processo da rede tem de ser visto como uma parte dependente e inter-relacionada a um grande todo. De acordo com Jelinski e outros (1992) a analogia entre o conceito de ecossistema industrial e ecossistema biológico não é perfeita, mas muito poderia ser obtido se o ecossistema industrial repetisse as características dos ecossistemas naturais. Principalmente a questão do fechamento de ciclo.

É neste ambiente de discussão que se desenvolve a pesquisa proposta. Considerando-se que arranjos produtivos do tipo ecossistemas industriais podem ser importantes para a construção do desenvolvimento sustentável e por ser um modelo de organização industrial pouco explorado na literatura sob enfoque econômico, justifica-se o desenvolvimento de estudos aprofundados sobre o tema, como o que será abordado nesta dissertação.

## **1.2. Tópicos de Organização Industrial**

Este tópico aduz um importante elo entre os objetivos propostos nesta dissertação e a teoria econômica necessária ao entendimento dos estudos mais contemporâneos da economia



industrial, afinal, como dizia o filósofo Heródoto é necessário: “Pensar o passado para compreender o presente e idealizar o futuro”. Neste sentido, o tópico se inicia com a retomada, em linhas gerais, de algumas críticas à microeconomia neoclássica, seguido de conceitos fundamentais da economia industrial como: firma e redes de empresas, finalmente será abordado a questão de políticas industriais e ambientais a luz da teoria inserida na organização industrial.

### **1.2.1. Da teoria neoclássica ao pensamento contemporâneo**

A teoria neoclássica tradicional, estabelecida a partir dos modelos de equilíbrio geral e parcial, guarda pouca relação com a realidade econômica atual. Diante do irrealismo de muitas de suas hipóteses (concorrência perfeita, ausência de progresso tecnológico, entre outras), Alfred Marshall (1890), considerado o pai da Economia Industrial, iniciou a mudança no pensamento dominante à época, em especial relativo ao caráter estático do modelo marginalista. Em seus trabalhos não se assumiam todos os pressupostos da concorrência perfeita, como também não identificava os limites do crescimento da firma nas deseconomias de escala, mas sim no ciclo de vida dos empresários. Apesar destas importantes constatações, a teoria neoclássica tradicional, desenvolvida a partir do início do século XX acabou dominada pela visão walrasiana (TIGRE, 1998).

Vários estudiosos apontavam como problema fundamental desta teoria, o tratamento da firma como agente individual, sem reconhecer sua característica de entidade coletiva, dotada de objetivos e regras diferenciadas. Isso implica em atribuir à firma um postulado comportamental único: a maximização do lucro, que, na prática, é heterogêneo, segundo o princípio de utilidade de cada um dos agentes econômicos (PONDE, 1996).

Assim ao longo da segunda metade do século XX consolidou-se a teoria desenvolvida por estudiosos da chamada economia industrial, e muito se desenvolveu neste campo. Dentre os estudos pode-se destacar avanços a partir da inserção dos custos de transação, parte da visão neoinstitucionalista de North (1990), que envolve controle da qualidade, estruturas horizontalmente e verticalmente integradas; discussões acerca da formação de redes de empresas e eficiência coletiva; discussões sobre regulação de mercados e políticas econômicas. Contudo o presente trabalho não pretende apresentar um estudo pormenorizado destes tópicos, pois ultrapassa o escopo desta dissertação, porém, realizar-se-á uma breve explanação dos pontos que se aproximam do objeto de pesquisa.

### 1.2.2. Redes de empresas

Apesar do ceticismo dos teóricos dos custos de transação, uma das características estruturais do novo paradigma baseado na cooperação, emergente nesta nova abordagem, é a crescente importância das redes de empresas como forma de articular recursos produtivos e tecnológicos, baseadas principalmente, através de práticas estabelecidas em face da confiança mútua e em reciprocidade de ações (BRITTO, 1996).

A utilização do conceito de rede como artifício analítico na compreensão de múltiplos fenômenos pode ser correlacionada a alguns elementos morfológicos que são comuns a este tipo de estrutura. Especificamente, quatro elementos morfológicos genéricos - nós, posições, ligações e fluxos – podem ser ressaltados como partes constituintes das estruturas em rede. No caso específico das redes de empresas estes elementos básicos assumem características particulares (KUPFER, 2008).

O Quadro 2 procura sintetizar estas características, associando a cada um dos elementos morfológicos genéricos constituintes das estruturas em rede a expressão dos mesmos no âmbito específico das redes de empresas.

**Quadro 2: Redes de empresas: Aspectos gerais**

Elementos morfológicos gerais da rede	Elementos constitutivos das redes de empresas
Nós	Empresas ou atividades
Posições	Estrutura de divisão de trabalho
Ligações	Relacionamento entre empresas
Fluxos	Fluxos de bens e informações

Fonte: Kupfer (2008)

Em atenção ao quadro acima deve-se verificar que os nós ou empresas representam os elementos que constituem a rede, ao passo que a posição como classificadora se apresenta como o mecanismo que estas empresas participantes do arranjo produtivo dividem suas tarefas. As ligações expressam o relacionamento entre as empresas e os fluxos constituem núcleo fundamental desta abordagem, uma vez que representam a capacidade dos agentes em compartilhar bens e informações.

A partir do quadro analítico elaborado nota-se que as redes de empresas possuem instrumentos aptos a demonstrar o mecanismo de cooperação entre as organizações, que através das trocas de materiais, informações, e maior relacionamento entre os agentes pode-se conseguir expressivos ganhos comuns aos participantes (PONDE, 1996).

Isto posto, observa-se que tal lógica cada vez mais presente no cenário organizacional vem contrariando a atitude mais típica aos agentes econômicos, atribuída por Williamson, que seria o comportamento oportunista. Neste sentido, a partir de grandes autores que pesquisam a formação das redes de empresas, em que se destacam: Porter (1993) e Hamel (1995) nota-se que as alianças tem cada dia mais se firmado como modo ordinário e necessário para o desenvolvimento da indústria, forçando mudanças no comportamento das firmas.

Isso ocorre porque muitas empresas não conseguem mais reunir individualmente a capacitação tecnológica e os ativos necessários para promover a integração vertical, diante de um quadro de maior complexidade tecnológica e aceleração do ciclo de vida dos produtos. Agora torna-se necessário incorporar um novo instrumental analítico baseado no entendimento do papel da coordenação horizontal das redes de firmas e do aprendizado coletivo.

Corrêa (1999) como Casarotto Filho (1998) concordam que o nascimento e a sobrevivência das redes de empresas dependem da discussão e equacionamento de três aspectos: cultura da confiança, cultura da competência e cultura da tecnologia da informação.

Cultura da Confiança diz respeito aos aspectos ligados à cooperação entre as empresas, envolvendo aspectos culturais e de interesse de pessoas e de empresas. A ética assume um papel fundamental e o conhecimento sobre as pessoas ou empresas que têm interesses comuns torna-se o primeiro passo para a geração desta cultura. Conforme Corrêa (1999), o fortalecimento da confiança entre os parceiros é fundamental para todo o desempenho das redes. Por outro lado a cultura da Competência diz respeito às questões ligadas às competências essenciais de cada parceiro. Engloba desde aspectos materiais como as instalações e equipamentos, até aqueles imateriais como os processos, o saber como fazer os processos.

Já a cultura da Tecnologia da informação corresponde à agilização do fluxo de informações, que é de vital importância para a implementação e o desenvolvimento de redes flexíveis. Aqui trata-se, portanto, de todos os aspectos ligados aos recursos computacionais para o processamento dos dados, como por exemplo: Quais as informações transmitidas entre quais parceiros e utilizando-se de quais meios de comunicação; Onde ficarão armazenadas

estas informações e quais as condições de acesso a elas; Como vai ser gerada e distribuída a base de dados relativa à operação, quais as condições de acesso a estes dados; Como podem ser utilizadas estas informações na produção de serviços e bens atuais, como a organização pode utilizar estas informações no futuro, em termos de conhecimento sobre os clientes, novas perspectivas de negócios, aprendizado em equipe para as pessoas que a compõem.

Estes novos conceitos estão sendo cada dia mais incorporados pelas grandes organizações, que buscam através da cooperação, um melhor desempenho econômico. Contudo, as abordagens provenientes da economia industrial, nova economia institucional e de desenvolvimento regional tradicionais tangenciam aspectos ambientais e sociais, não direcionando atenção específica aos problemas ambientais, que vem sendo tratado de forma mais pragmática por estudiosos da economia ecológica e ecologia industrial, metaforicamente representada pelos ecossistemas industriais.

Internacionalmente os ecossistemas industriais vem sendo considerados como um novo instrumento de gestão ambiental cooperativa, que busca atingir o desenvolvimento sustentável ao integrar em um único instrumento seus três pilares (ambiental, econômico e social) (LOWE, 2001), conforme pode ser verificado na definição abaixo:

Segundo Kupfer (2008) são duas as principais motivações que levam as indústrias a engajarem nesta iniciativa. A primeira seria pressão institucional externa e a segunda uma maior vantagem competitiva (*market advantage*). Na visão de Lehtoranta (2011), Nissinen, (2009), Matilla (2009) e Melanen (2009): “*Simbioses industriais tendem a desenvolver-se através da ação espontânea dos agentes, para obtenção de benefícios econômicos, no entanto, esses sistemas podem ser projetados e promovidos através de instrumentos de política pública*” (LEHTORANTA et al. 2011, p.1865, traduzido). Neste sentido torna-se importante entender como aspectos de políticas públicas, em especial, voltadas ao desenvolvimento industrial e ambiental se relacionam com o desenvolvimento destes arranjos produtivos.

### **1.2.3. Política industrial**

Este é um tema bastante controverso na literatura econômica. Para economistas de cunho heterodoxo, as políticas industriais são importantes para o desenvolvimento, pois contribuem para a superação dos entraves ao crescimento industrial. Pensamento este seguido nesta dissertação. Ao contrário existem autores de cunho neoclássico avessos ao uso de tais políticas, principalmente em países como o Brasil, pois, além de o Estado escolher os setores

que serão vencedores, colaboram para o aumento dos vícios públicos e dos benefícios privados. De acordo com esta visão, as políticas industriais só devem ser utilizadas com o objetivo de corrigir falhas de mercado, sendo que a melhor forma de o governo proteger o setor industrial é através de políticas horizontais, como política fiscal austera, controle das taxas de inflação, estímulo à concorrência e sistema judiciário eficiente.

O governo Lula lançou, em 2004, a Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE) com o objetivo de fomentar o setor industrial, mas, por falta de objetivos bem definidos e pela conjuntura econômica desfavorável, esta política não apresentou os resultados esperados. Em 2008, como uma nova tentativa de fomentar o setor industrial, foi lançada a Política de Desenvolvimento Produtivo (PDP), a qual não conseguiu atingir boa parte de suas metas muito em função da falta de critérios, objetivos dos setores que seriam estratégicos, para o melhor desenvolvimento e uma maior inserção do setor industrial brasileiro (CORONEL *et al.*, 2012).

De acordo com Krugman (1989), Campos (2012) e Azevedo (2012)<sup>2</sup> para uma política industrial eficiente devem-se destinar real atenção ao planejamento e gestão dessas políticas sem interferências externas (políticas, administrativas...). É desejável em determinado mercado somente se todos os demais mercados estiverem funcionando de maneira adequada. Caso isto não esteja ocorrendo, uma intervenção do governo pode colaborar para um crescimento das falhas de mercados.

Em síntese, os argumentos que orientam o uso de políticas industriais estão associados à idéia de que uma política bem elaborada é pré requisito para que sejam alcançados seus objetivos, incorrendo em superação de restrições macroeconômicas, levando a um maior bem estar econômico.

Segundo Kupfer (2008) e Pack e Saggi (2006), os principais instrumentos de política industrial são:

(...) a isenção tributária para atrair investimentos, a oferta de juros subsidiados, a discricionariedade da estrutura de tarifas de importação, a redução de tributos e as medidas visando melhorar a infraestrutura e redução de custos sistêmicos ou custos de transação (PACK; SAGGI, 2006, p.234).

Além disso, conforme esses mesmos autores, também fazem parte dos instrumentos de política industrial às políticas de modernização voltadas para aumentar a capacidade

---

<sup>2</sup>Vide artigo: “Política industrial e desenvolvimento econômico: a reatualização de um debate histórico” publicado na revista da ANPEC ano de 2012.

produtiva, gerencial e comercial das empresas, políticas de reestruturação, voltadas para ajustar a configuração da indústria em termos de porte e integração das empresas, política de concorrência e regulação, decisões de produção que favoreçam o adensamento industrial, visando à produção local também dos insumos intermediários e decisões tecnológicas que possam abrir espaço para a internacionalização de parte dos ciclos de desenvolvimento de produtos e processos no país.

Neste sentido deve-se ressaltar que conforme evidenciado nos trabalhos de Motta (2013, Carijó (2013) e Veiga (2007), algumas dessas políticas tem sido utilizadas, principalmente em países mais desenvolvidos, no intuito de fomentar a preservação e uso racional dos recursos naturais, que, muitas vezes estão interligadas aos processos produtivos, sendo de grande relevância a aplicação de tais políticas na estruturação dos ecossistemas industriais.

Na próxima seção, serão discutidos os principais aspectos acerca das políticas propriamente ambientais. Para tanto foram utilizadas as obras de Andrade *et al.*, (2009), Motta e Mendes (2001) e Lustosa (2003).

#### **1.2.4. Política Ambiental: Definição e Propósito**

A partir da conceituação realizada por Lustosa *et al.* (2003), que indica a política ambiental como sendo o conjunto de metas e instrumentos que visam reduzir os impactos negativos da ação antrópica (aquelas resultantes da ação humana) sobre o meio ambiente, pode-se entender a importância de tais políticas para a manutenção e conservação do meio ambiente. Estas políticas são extremamente necessárias, haja vista que os recursos naturais utilizados como insumos no sistema econômico são finitos e os ecossistemas possuem uma capacidade limite para absorção dos impactos advindos da atividade humana (ANDRADE, 2009).

Como descrito na literatura inerente a políticas ambientais pode-se subdividi-las em dois grupos principais. O primeiro grupo está relacionado a instrumentos de política de comando e controle, e o segundo refere-se a instrumentos econômicos (MOTTA; MENDES, 2001).

De forma bastante sintética, pode-se definir os instrumentos de comando e controle como sendo meios de regulação direta, que fazem parte do poder exercido pelos órgãos públicos de controlar e monitorar os agentes econômicos a fim de minimizar a poluição. Estes instrumentos são estabelecidos a partir de leis, normas e fiscalização por parte do poder

público aos agentes poluidores. O comando e controle das atividades poluidoras podem ser eficazes na redução dos impactos ambientais por abranger todos os agentes econômicos de forma a estimular a coletividade a respeitar o meio ambiente (LUSTOSA, 2003).

A desvantagem principal deste instrumento está no fato de que todos os agentes inseridos no ambiente econômico são tratados de forma igualitária, desconsiderando suas diferenças como porte e quantidade de poluentes emitidos. Além disso, pode-se considerar que a fiscalização do cumprimento das normas estabelecidas pode significar altos custos de manutenção (LUSTOSA, 2003).

Tratando especificamente dos instrumentos econômicos pode-se afirmar que estes possuem como objetivo principal a formação de incentivos para que os agentes poluidores internalizem dentro da sua produção os custos ambientais (ou as externalidades negativas) da poluição. Custos estes, que normalmente não são contabilizados quando inexistem tais incentivos (LUSTOSA, 2003).

De acordo com autores como Lehtoranta (2011), Agarwal (2007), Motta e Mendes (2001), que descrevem as políticas ambientais, pode-se afirmar que os instrumentos econômicos são considerados uma abordagem complementar e mais eficiente da política ambiental. Estes instrumentos podem ser de dois tipos: os que configuram gastos para o agente regulador (Estado), ou os que lhes geram recursos.

O primeiro tipo seria constituído por subsídios na forma de incentivos fiscais, empréstimos subsidiados, subvenções e demais meios, destinados a incentivar os agentes econômicos a adotar o padrão ambiental previamente estabelecido pelas autoridades. O segundo aparece na forma de taxas e tarifas ou via comercialização de licenças ambientais, que se traduzem no estabelecimento de um “preço” para a poluição. (ASSIS, 2006).

Apresentado estes conceitos verifica-se que as políticas necessárias à consecução de ganhos ambientais, sociais e econômicos através da simbiose industrial devem ter cunho tanto industrial quanto ambiental, sendo, portanto, classificadas como políticas híbridas. Na próxima seção busca-se apreender os aspectos relevantes tratados na literatura internacional sobre ecologia industrial, simbiose industrial, e principalmente sobre os ecossistemas industriais, de modo a se obter um conjunto teórico que dê suporte aos objetivos traçados por esta pesquisa.

### **1.3. Principais fundamentos da Ecologia Industrial (EI)**

Dada a crescente importância atribuída ao meio ambiente, muito se produziu nas últimas décadas a fim de criar soluções alternativas destinadas à preservação e manutenção dos recursos naturais. Nesta seção far-se-á uma breve explanação acerca da evolução histórica do termo Ecologia Industrial. A seguir serão tratados seus principais conceitos, destacando princípios norteadores, propriedades e características. Por último serão explicados os ecossistemas industriais com maior ênfase ao aspecto das políticas públicas, regulação, e demais componentes relacionados ao Macroambiente que auxiliam sua formação.

#### **1.3.1. Aspectos Históricos**

Conforme explicado na literatura, observam-se registros de publicações referentes à Ecologia Industrial que datam ainda os anos 1970, através das quais noções intuitivas sobre esta matéria já se encontravam em pauta, porém sem muita aplicação efetiva (FRAGOMENI, 2005).

Autores como Costa (2002), Fragomeni (2005) e Giannetti (2006) destacam dois trabalhos pioneiros sobre o tema. O primeiro, um ensaio cuja idéia básica era dar uma visão geral da economia belga, tomando as estatísticas de produção em termos de fluxos de energia e materiais, e não de unidades monetárias. O estudo apontou a desconexão entre estágios de produção na Bélgica e a importância da organização do sistema industrial como um todo, particularmente no que se refere à produção energética e destino dos resíduos, enfocando de forma resumida, mas bastante clara, as ideias básicas da Ecologia Industrial. O segundo, um trabalho iniciado por aproximadamente 50 especialistas de áreas diversas, no fim dos anos 1970 no Japão, coordenados pelo MITI (*Ministry of International Trade and Industry*), para elaborar um documento prospectivo dos custos ambientais da industrialização, incluindo aspectos de escassez de recursos e poluição (COSTA, 2002). Ambos os trabalhos publicados anteriormente aos estudos de Frosch e Galloupoulous (1989), considerado seminal para o tema Ecologia Industrial (FRAGOMENI, 2005).

Apesar deste movimento pregresso, o desenvolvimento do campo de estudos sob a terminologia de Ecologia Industrial vai acontecer efetivamente a partir do final da década de 1980 e início da década de 1990 (COSTA, 2002). O conceito Ecologia Industrial tornou-se conhecido a partir do artigo “*Strategies for Manufacturing*” publicado pelos autores Frosch e Galloupoulous em 1989, na revista *Scientific American*. O referido artigo foi de fundamental



importância para a realização de um simpósio na *US National Academy of Sciences*, no início dos anos 1990. Sua intensa repercussão não somente impulsionou pesquisadores e grupos de pessoas que já trabalhavam em áreas afins, a avançarem em suas pesquisas sobre o tema, mas também representou um marco na disseminação do conceito (FRAGOMENI, 2005).

Além da publicação de Frosch e Galloupoulos (1989), as discussões de um congresso da *National Academy of Engineering*, nos Estados Unidos, em 1992, também foram de grande relevância para alavancar as discussões relacionadas à Ecologia Industrial. O evento reuniu diversos pesquisadores como: Huisingh, Tibbs e Lifset, que publicaram no *Journal of Cleaner Production*<sup>3</sup>, uma seção especial destinada a assuntos inerentes a Ecologia Industrial (GIANNETI, 2006).

Na atualidade o *Journal of Cleaner Production* serve como um fórum internacional transdisciplinar para o intercâmbio de informações, investigação, e discussão de conceitos, políticas e tecnologias projetadas para ajudar a garantir o progresso sustentável. Destina-se, também, a incentivar a inovação, criatividade, ea implementação de novas estruturas, sistemas, processos e serviços mais limpos e eficientes. O periódico ainda é projetado para estimular o desenvolvimento de políticas governamentais e programas educacionais que visem eficiência na produção.

Estes pesquisadores, no ano de 1997, criariam o *Journal of Industrial Ecology*, até hoje um dos principais veículos de disseminação do conhecimento construído acerca da temática. O periódico contribui de forma significativa para o avanço e amadurecimento dos estudos acerca da Ecologia Industrial (COSTA, 2002).

O conceito de Ecologia Industrial, como mencionado, vem gradativamente recebendo à atenção da comunidade científica mundial. Esta crescente importância atribuída a Ecologia Industrial, desperta o interesse de diversos pesquisadores no Brasil, institutos renomados

---

<sup>3</sup> O periódico se divide em diferentes áreas. 1º) **Aplicações industriais, incluindo:** • processos melhorados através do desenvolvimento e uso de tecnologias "ambientalmente amigáveis" • Avanços em Química Verde, Engenharia e Arquitetura Verde • automação e controle de processos. 2º) **Iniciativas de Gestão Ambiental:** • Melhorias na integração de sistemas de gestão ambiental • Melhorias na integração de meio ambiente, qualidade, saúde e segurança e gestão da responsabilidade social corporativa • Melhoria da gestão do ciclo de vida de produtos e serviços • Melhorias na avaliação holística do desempenho ambiental • Melhorias na revisão ambiental, auditoria e relatórios • Avanços na avaliação do ciclo de vida e gerenciamento do ciclo de vida • Avanços na redução do risco • Avanços na redução do ciclo de vida de utilização de energia, água e outros materiais • Avanços em aplicações de energia renovável e de outras tecnologias de baixo carbono e produtos • Melhorias em responsabilidade social corporativa • Avanços em relatórios de sustentabilidade corporativa • Avanços na Ecologia Industrial e de Desenvolvimento Regional Sustentável; 3º) **Legislação, Políticas e regulamentos:** • iniciativas regulamentares e políticas destinadas a promover a implementação de abordagens proativas e preventivas em toda a sociedade • políticas e programas para promover a transição para sociedades sustentáveis governamentais avançadas; 4º) **Educação, Formação e Aprendizagem:** • Melhoria, e iniciativas educacionais e de formação sobre valores, paradigmas, conceitos e ferramentas para ajudar as sociedades a fazer a transição para sociedades sustentáveis.

como a Universidade Federal do Rio de Janeiro, bem como a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, possuem pesquisas sistemáticas desta temática (GIANNETTI, 2006).

Tais pesquisas, orientadas a partir de um contexto observado, em que se prepondera a necessidade de desenvolver novos meios de produção e consumo, mais eficientes, e que respeitem os limites físicos do planeta Terra, diferente dos modelos econômicos existentes, vêm delineando alguns princípios e propriedades particulares à Ecologia Industrial, que serão estudados na próxima seção.

### **1.3.2. A Ecologia Industrial: Conceito, Princípios e Propriedades**

O termo Ecologia foi criado pelo biólogo Ernest Haeckel, em 1866. Sua função era denominar uma disciplina científica que propunha estudar as relações entre as espécies animais e o meio ambiente. Todavia, o pensamento ecológico sofreu um grande processo de evolução e transformação desde aquela época, e o novo conceito de Ecologia, adotado nos dias de hoje, é muito mais abrangente, englobando além de fatores biológicos, aspectos sociais e políticos (FRAGOMENI, 2005).

O moderno e recente conceito da Ecologia Industrial (EI) surgiu a partir deste processo de amadurecimento do pensamento ecológico. Consiste em uma linha de pesquisa voltada para a análise sistemática do funcionamento dos sistemas biológicos e industriais, assim como de suas interações, a partir de balanços de materiais e de energia. Estabelece a analogia entre os ecossistemas naturais e o conjunto de atividades indústrias, denominados ecossistemas industriais, como orientador da otimização da utilização de materiais, desde a matéria-prima virgem até a disposição final de resíduos pelas indústrias (GRAEDEL, 1994).

A Ecologia Industrial, em sua essência, almeja o alcance da nova concepção de desenvolvimento, ou seja, do desenvolvimento sustentável, e para isso demanda um novo olhar para sociedade industrial. Faz com que pensemos de “traz para frente”, ou seja, conduz para observação dos efeitos ambientais que as empresas causam tanto nos componentes bióticos, como nos abióticos da Terra (CÔTÉ, ROSENTHAL, 1998). Assim, a EI convoca a tomada de uma nova direção para o desenvolvimento econômico, sob uma perspectiva de sustentabilidade, focando para os processos produtivos e impactando no formato organizativo das indústrias.

Tal abordagem inspira estratégias promotoras da redução dos impactos ambientais causados pela indústria através de analogias com os sistemas naturais ao considerar que o sistema industrial não está isolado de outros, mas inserido em outro, muito maior e complexo.

Dentre as estratégias, que podem ser usadas para conseguir alcançar os objetivos pretendidos na EI está a formação dos ecossistemas industriais.

A partir do artigo de Jouni Korhonen (2004) publicado no *Journal of Cleaner Production*, alguns conceitos acerca da Ecologia Industrial foram sendo estabelecidos. Neste sentido o autor traz o conceito de Ecologia Industrial como inerente à utilização da metáfora denominada de "Ecossistemas Industriais". Tal metáfora, inserida neste conceito, refere-se ao fato de que os ecossistemas industriais devem funcionar de acordo com os mecanismos e princípios de desenvolvimento dos ecossistemas naturais. Neste sentido deve-se salientar que o princípio mais utilizado refere-se aos ciclos fechados (*roundput*) muito comuns nos ecossistemas naturais (KORHONEN, 2004).

A Ecologia Industrial é considerada como uma possibilidade de alcançar o desenvolvimento sustentável, através do ajuste dos processos de produção. Tal conceito tem sido referência para os formuladores de políticas econômicas, principalmente as industriais, para estudar os fluxos físicos de matéria e energia, que permite entender os limites termodinâmicos da eco-eficiência e crescimento econômico, em contraposição ao pensamento neoclássico<sup>4</sup>, que carrega uma forte dependência de questões econômicas e monetárias (KORHONEN, 2004).

Uma abordagem semelhante sugere que a Ecologia industrial é uma nova forma de arranjo para o *design* industrial de produtos e processos, de forma a estimular a implementação de estratégias de produção sustentáveis. É um conceito no qual um sistema industrial não é visto isoladamente dos outros sistemas, mas em conjunto e interdependente com estes (JELINSKI *et al.*, 1992).

A evolução dos sistemas industriais de sua organização linear, em que reservas são consumidas e resíduos são dissipados, para um sistema mais fechado, onde se reduz as entradas (*inputs*), busca-se fechamento de ciclo, com redução de perdas de recursos e energia, é o ponto central da ecologia industrial. Graedel (1994) descreve esta mudança buscada como uma evolução da ecologia tipo I para a ecologia tipo III (ver figura 2).

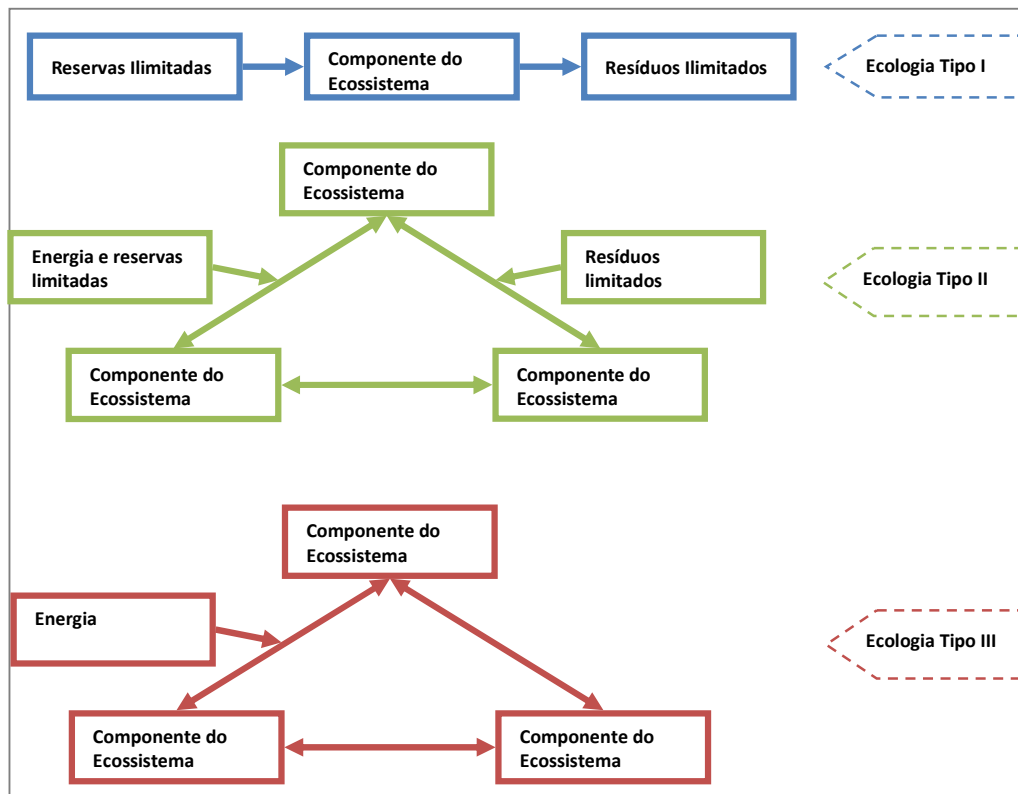
Ecologia tipo I organiza-se linearmente, ou seja, os materiais e a energia entram de um lado do sistema e no final do processo deixam o sistema sob a forma de produtos, subprodutos, e resíduos. Esta, como tratado por Graedel (1994) é utilizada como ilustração para as formas mais primordiais de vida, que contem com ciclos de materiais e energia. Neste espectro, os recursos potencialmente utilizáveis eram tão grandes e a quantidade devida tão

---

<sup>4</sup> O pensamento neoclássico pressupõe o crescimento econômico como sempre desejável o que não ocorre na Economia Ecológica.

pequena que a existência de organismos vivos não tinha nenhum impacto sobre os recursos disponíveis. Importante destacar que neste modelo não há preocupação quanto à escassez de recursos ou destino final dos sub-produtos do processo; os recursos são considerados ilimitados e as consequências do desperdício de resíduos são desconsideradas, porque não afetam o ciclo maior.

**Figura 2: Fluxos e transformações de material e energia nos três tipos de Ecologia**



Fonte: Elaboração própria a partir de Gianneti (2006), Lifset e Graedel (2002), entre outros.

De forma distinta ao modelo linear, na literatura da ecologia industrial, a partir de Jelinski *et al.* (1992) e Krones (2007) entre outros, surgiu a denominada Ecologia Tipo II, em que se consideram os recursos limitados e tem-se preocupação com a disposição dos sub-produtos, resíduos e perdas. Neste sentido percebe-se uma evolução do sistema, que se reorganizou de forma mais eficiente e menos dissipadora de energia, nota-se uma maior integração entre os envolvidos, haja vista que agora, há percepção de que os recursos são limitados.

A ecologia tipo III representa o equilíbrio dinâmico dos sistemas ecológicos, em que energia e resíduos são constantemente reciclados e reutilizados nos processos do sistema, numa circulação de materiais. O ciclo torna-se fechado, quando depende apenas do fluxo de energia, de acordo com o segundo princípio da termodinâmica<sup>5</sup>. Em um sistema ideal, considerando-se o sistema industrial como parte do ecossistema, somente a energia solar viria de fora do sistema. A ecologia tipo III representa a sustentabilidade e o ideal da ecologia industrial (GIANNETTI, 2006).

Ainda a partir da figura 2 observa-se a representação dos sistemas abertos, conforme demonstrado pela Ecologia Tipo I. Os sistemas quase fechados, ou semi cíclicos, representados pelo Tipo II e por último o sistema ideal, fechado, demonstrado pela Ecologia tipo III, onde há entrada de energia no sistema, mas nada é perdido.

De acordo com as premissas advindas da biologia tradicional, existe nos ecossistemas naturais a idéia de simbiose (tema da próxima seção), que significa, em linhas gerais, uma cooperação entre os componentes do sistema. A incorporação desta idéia na ecologia industrial é de grande relevância, pois a partir da cooperação entre diferentes indústrias ou firmas - pelo compartilhamento de subprodutos, por exemplo – pode-se otimizar o uso dos recursos existentes no sistema, enfatizando o fechamento de ciclo de produção.

Lifset e Graedel (2002) salientam que a ecologia industrial enfatiza a necessidade de uma perspectiva sistêmica nos processos de análise e tomada de decisão ao que se refere à questão ambiental. Os autores elencam quatro princípios que norteiam a abordagem da ecologia industrial e que bem exprimem as diretrizes gerais de tal corpo teórico-conceitual. São eles:

- 1 - Utilização de uma perspectiva de ciclo de vida;
- 2 - Utilização de uma análise de fluxos de matéria e energia;
- 3 - Utilização de um modelo sistêmico;
- 4 - Simpatia por formas de análise e pesquisa multi e interdisciplinares

De modo geral, os princípios apontam, tanto na perspectiva tecnológica como na perspectiva dos recursos naturais e do meio ambiente, para a necessidade de

---

<sup>5</sup>Denomina-se 1ª Lei da Termodinâmica o princípio da conservação de energia. A 2ª lei da termodinâmica expressa, que a quantidade de entropia de qualquer sistema isolado termodinamicamente tende a incrementar-se com o tempo, até alcançar um valor máximo. Quando uma parte de um sistema fechado interage com outra parte, a energia tende a dividir-se por igual, até que **o sistema alcance um equilíbrio térmico**.

umredirecionamento, de uma mudança de rumos no modo através do qual as atividades econômicas são conduzidas (COSTA, 2002).

Acerca das características da ecologia industrial podem-se elencar quatro principais: a ecologia industrial é proativa e não reativa. Ou seja, ela advém, na maioria das vezes, a partir do interesse das empresas e não porque ela é imposta por fatores externos<sup>6</sup>. Em segundo lugar a abordagem é *designed-in*, e não *added-on*, isso quer dizer que as ações sob o enfoque ecológico-industrial não são adicionais, uma vez que é preciso que se desenhem as práticas e produtos sob uma perspectiva ecológico-industrial a partir de decisões que estão na base do processo de manufatura. Em terceiro lugar: ecologia industrial é flexível e não-rígida. Por fim, a ecologia industrial é uma abordagem abrangente; não-estreita, isto denota o seu caráter holístico (JELINSKI *et al.*, 1992).

A partir do exposto acerca da Ecologia Industrial observa-se a necessidade latente de estudar algumas peculiaridades da economia ecológica, bem como os fluxos de material e energia e a consequente transformação destes fluxos em produtos, subprodutos e resíduos gerados durante sua passagem pelo sistema industrial. Para aprofundar um pouco esta ideia é pertinente abordar as questões que envolvem a economia ecológica, simbiose industrial, e ecossistemas industriais o que será feito nas próximas seções.

#### **1.4. Economia Ecológica: Aspectos gerais**

Ao considerar os principais aspectos da ecologia industrial deve-se tecer algumas considerações acerca da economia ecológica, que pode ser entendida como uma abordagem complementar. Inicialmente deve-se considerar que a economia ecológica funda-se no princípio de que o funcionamento do sistema econômico, considerado nas escalas temporal e espacial mais amplas, deve ser compreendido tendo-se em vista as condições do mundo biofísico sobre o qual este se realiza, uma vez que é deste que derivam a energia e matérias-primas para o próprio funcionamento da economia (CECHIN e VEIGA, 2009).

Tal abordagem possui relação com princípios advindos da física tradicional e refuta conceitos da economia convencional, que ignora que o problema ecológico surge como uma falha no metabolismo socioambiental. Por prestar atenção às restrições ecossistêmicas ao

---

<sup>6</sup> Em relação a esta característica pode-se afirmar que componentes do Macroambiente, objeto de análise desta pesquisa, podem despertar o interesse das indústrias e firmas a praticarem a Simbiose Industrial, ou mesmo obrigar as firmas (quando forem questões legais) a desenvolver algumas de suas características. No entanto, de acordo com a afirmativa da teoria, o Macroambiente sozinho não conseguiria obrigar um complexo industrial a adotar a configuração de ecossistema se outras características não emergissem internamente do próprio complexo.

metabolismo da humanidade, a economia ecológica não se ilude quanto à possibilidade do sistema econômico aumentar de tamanho indefinidamente (CECHIN e VEIGA, 2009).

Um dos maiores sucessos adaptativos do homem, e impulsionador do crescimento econômico desde a Revolução Industrial, foi a habilidade de extrair a baixíssima entropia contida nos combustíveis fósseis. Por outro lado, isso se revelou a principal causa do aquecimento global, fenômeno que, paradoxalmente, dificultará a adaptação da espécie. Muito antes de representarem um problema, os impactos ambientais exigirão restrições ao crescimento da atividade econômica (CECHIN e VEIGA, 2009).

Aquilo que hoje parece uma espécie de lei natural, o crescimento econômico medido pelo PIB, é radicalmente questionado pela economia ecológica. Nem sempre o crescimento é mais benéfico que custoso para a sociedade. A partir de certo ponto, o aumento da produção e do consumo pode ser antieconômico (CECHIN e VEIGA, 2009).

O fundamento central da economia ecológica não se refere, portanto, à “alocação de recursos”, ou à “repartição da renda”, as duas grandes problemáticas que praticamente absorveram todo o pensamento econômico ao longo de seus poucos séculos de existência. Esse fundamento se refere à terceira, que, ao contrário, foi inteiramente desprezada por todas as abordagens que hoje fazem parte da economia convencional: a questão da escala. Isto é do tamanho físico da economia em relação ao ecossistema em que está inserida. Para a economia ecológica existe uma escala ótima além da qual o aumento físico do subsistema econômico passa a custar mais do que o benefício que pode trazer ao bem estar da humanidade (CECHIN e VEIGA, 2009).

A seguir serão apresentados com mais detalhes os conceitos relacionados a simbiose industrial e os ecossistemas industriais.

### **1.5. Simbiose Industrial**

O termo Simbiose Industrial (SI) surgiu a partir da cooperação existente no ecossistema formado em Kalundborg na Dinamarca. O gestor da central de energia do referido ecossistema industrial conceitua da seguinte forma: “Simbiose Industrial é uma cooperação entre diferentes indústrias em que a presença de cada uma aumenta a viabilidade das outras, e através da qual as exigências da sociedade para a poupança de recursos e a proteção ambiental são consideradas” (CHERTOW, 2000, p. 316). O conceito subjacente de

simbiose industrial é a metáfora de um Ecossistema Industrial, e possui características similares a de um ecossistema natural.

Importante ressaltar que a SI consiste em trocas baseadas localmente entre diferentes entidades. Ao trabalhar em conjunto, as empresas se esforçam para obter um benefício coletivo maior que a soma dos benefícios individuais passíveis de ser alcançados quando agem sozinhas. Este tipo de colaboração pode avançar para relações sociais entre os participantes, podendo também se estender para as redondezas (impactos sobre a região de inserção do arranjo).

Seguindo a classificação proposta por Chertow (2000), após estudos detalhados de 18 potenciais eco parques industriais examinados na Yale School foi proposta uma taxonomia que engloba 5 tipos de Simbiose Industrial. O **primeiro tipo** pode ser visto através de trocas de resíduos, em que muitas empresas fazem reciclagem e doação ou venda de materiais recuperados através terceiros ou revendedores para outras organizações. Esta forma de troca é tipicamente de mão única e geralmente focada para o estágio de fim de vida dos produtos e processos.

O **segundo tipo** pode ser descrito a partir de uma instalação, empresa ou organização. Alguns tipos de troca de materiais podem ocorrer primariamente dentro dos limites de uma organização e não com um conjunto de outras empresas. Grandes organizações geralmente comportam-se como se fossem entidades separadas e podem aproximar-se de uma abordagem entre muitas firmas, cooperando a partir da simbiose industrial. Ganhos significantes podem ser obtidos dentro de uma organização ao considerar-se o ciclo de vida completo dos produtos, processos e serviços, incluindo atividades pré-operação como as aquisições e o design de produtos (CHERTOW, 2000).

Já o **terceiro tipo** relevante da SI reside em empresas alocadas em um definido parque industrial - são empresas e outras organizações localizadas no espaço equivalente a um eco-parque - as quais podem trocar energia, água e materiais, podendo avançar para o compartilhamento de informações e serviços como licenciamentos, transportes e comercialização. Ocorre primariamente dentro de uma área definida, mas é possível envolver outros parceiros para além destes limites<sup>7</sup>. Podem ser áreas novas ou modernização de áreas pré-existent (CHERTOW, 2000).

---

<sup>7</sup> Existem críticas quanto a este tipo de arranjo. Quando se busca emular um ecossistema natural, um dos princípios desejados é o de equilíbrio local, onde as trocas deveriam ocorrer dentro de um raio geográfico para não impactar nas perdas inerentes ao transporte de recursos.



O **quarto tipo** refere-se às empresas locais que não foram alocadas e possuem como ponto de partida o que já está em vigor dentro daquela área, interligando empresas existentes e novas empresas. Não é uma área planejada para tal fim, mas que se desenvolve ou incorpora, com o tempo as características do ecossistema industrial.

Por fim o último tipo pode ser descrito como sendo uma Simbiose Industrial entre as empresas organizadas "virtualmente", através de uma ampla região, dado o alto custo dos imóveis e outras variáveis críticas que são consideradas ao analisar a localização das empresas, muitas poucas empresas vão deslocar-se somente para ser parte de uma simbiose industrial, em razão disso, o **Tipo 5** de trocas depende de ligações virtuais em vez de posicionamentos geográficos<sup>8</sup>.

Após as considerações iniciais acerca da Simbiose Industrial, pode-se afirmar que seu principal objetivo é minimizar o uso ineficiente de material, como também racionalizar o uso de energia, utilizando locais e subprodutos para que a esta tenha um melhor aproveitamento (LEHTORANTA *et al.*, 2011). Simbioses industriais tendem a se desenvolver através da ação espontânea dos agentes econômicos, na forma de ecossistemas industriais (tema da próxima seção), no intuito de se obter benefícios econômicos e sociais, porém este tipo de cooperação também pode ser incentivada através de mecanismos como as políticas públicas e legislação pertinente.

## 1.6. Ecossistemas Industriais<sup>9</sup>

Korhonen (2001b, p. 511) sustenta que o objetivo da ecologia industrial seria o de promover integração produtiva e de consumo entre firmas fisicamente próximas. Em linhas gerais os ecossistemas industriais são definidos como um conjunto de empresas que são integradas de modo a compartilhar seus subprodutos de acordo com uma lógica ecológica. Esta definição pode ser refinada a partir das palavras de Shrivastava (1995b, p. 513) que os conceitua como:

---

<sup>8</sup>Existem críticas quanto a este tipo de arranjo. Quando se busca emular um ecossistema natural, um dos princípios desejados é o de equilíbrio local, onde as trocas deveriam ocorrer dentro de um raio geográfico para não impactar nas perdas inerentes ao transporte de recursos.

<sup>9</sup>Cohen-Rosenthal (2003) chama a atenção para o termo “eco”, que pode fazer referência tanto ao econômico quanto ao ecológico. Mas, interessante é a observação que faz acerca do termo ecológico, que não deve ser tomado como sinônimo de “natureza”. O ecológico, afirma o autor, tem a ver com uma visão sistêmica e integrada. Está relacionado, acima de tudo, com cooperação e multiplicidade de organizações, atores e funções. Por buscar interconexões e integração, a abordagem do ecossistema industrial tem condições de reunir os três pilares da sustentabilidade: social, econômico e ambiental (Cohen-Rosenthal, 2003, p. 24-28).

Os ecossistemas industriais consistem numa rede de organizações interligadas por uma lógica ecológica. As organizações dentro dessa rede usam os *by-products* e produtos uma da outra, para, assim, reduzir não apenas o gasto total de energia e de recursos naturais quanto o total de perda e poluição do sistema. Assim, um ecossistema industrial consistiria numa rede de organizações que juntas buscariam minimizar a degradação ambiental, que possibilitaria a minimização de danos ambientais e reduziria não só o uso de recursos naturais, mas também a poluição gerada.

Tratando dos ecossistemas industriais, observa-se que na medida em que as firmas realizam operações dentro de nós<sup>10</sup>, de uma forma cíclica ou organizada, de modo que estimule o fluxo cíclico de materiais dentro do ecossistema industrial estas firmas evoluem em modos de operação que são mais eficientes e têm menor impacto sobre sistemas externos de apoio e comportam-se como a definição de ecologia tipo III (encontrado na natureza).

O ecossistema industrial busca, para além da cooperação<sup>11</sup> e integração entre as estruturas industriais com o ambiente social e natural, o fechamento do ciclo de matéria e energia - aproximando-se do modelo *roundput* (analisado abaixo) - através de uma simbiose industrial. Esta, por sua vez, relaciona-se à cooperação entre firmas individuais geograficamente próximas, trocando *by-products* e compartilhando facilidades.

Importante destacar que a conformação de relações de interdependência entre os diversos atores envolvidos no sistema torna-se aspecto crucial para o desenvolvimento dos ecossistemas industriais, mesmo que se reconheça que a cooperação seja algo de difícil construção seria evidente que “para um ecossistema local como um todo, a cooperação parece ser mais importante que a competição” (PACHECO, 2013). Outras questões, como as ligadas a fontes energéticas, as quais, na atualidade representam um importante desafio para as indústrias no que tange ao seu melhor aproveitamento podem levar as firmas a agirem de forma cooperativa. Tal adequação pode ser entendida como mudanças na produção através do uso do *decoupling*<sup>12</sup>, aumento da eficiência energética, investimento em pesquisa e etc. podem

---

<sup>10</sup>Conforme definição de Kupfer (2002), nós são: o conjunto de agentes, objetos ou eventos em relação aos quais a rede estará definida. Na caracterização morfológica de uma rede, este conjunto associa-se ao conceito de pontos focais ou nós que compõem a estrutura.

<sup>11</sup>Axelrod (1984) propõe uma análise relacionada com a teoria dos jogos. Afirma que dois jogadores tenderiam a decidir por cooperar, e não cooperar, depois de *n* rodadas de um jogo. A alternativa de cooperar, surgiria como a melhor *n* vezes depois. Para provar sua tese, Axelrod (1984) demonstrou os resultados de torneios de computadores para simular interações recorrentes entre dois jogadores, segundo o padrão proposto pelo “dilema dos prisioneiros”.

<sup>12</sup>O *decoupling* está se tornando cada vez mais utilizado no contexto da produção econômica e qualidade ambiental, refere-se à capacidade de uma economia de crescer sem um aumento correspondente na pressão ao meio ambiente.

gerar inúmeros ganhos ambientais e sociais com a criação de empregos, vinculados às novas alternativas de produção energética, e redução da poluição. Outro fator relacionado à formação dos ecossistemas industriais refere-se a questões econômicas, em que as indústrias compartilham subprodutos com o intuito de obter maiores lucros (LEHTORANTA, 2011).

A partir da literatura concernente ao tema, em especial Ashton (2008), Chertow (2000), Cote *et al.* (1998) ; Korhonen (2001b, 2001c), Krivtsov *et al.* (2004), Liwarska-Bizukojc *et al.*(2009) e Park *et al.*(2008), o fluxo de matéria e energia da comunidade industrial como um todo é algo que interessa aos tomadores de decisão locais uma vez que é localmente que são sentidos os efeitos em termos de saúde, qualidade de vida, qualidade ambiental, utilização de recursos, tratamento de resíduos, etc. Além disso, muitas das decisões relacionadas aos recursos naturais são feitas localmente.

Em resumo, o ecossistema industrial não é administrado de maneira *top-down*; ele o é de baixo para cima [*bottom-up*] através de decisões descentralizadas, interdependentes e localizadas a partir de famílias, firmas, municípios, estados e nações(ANDREWS, 1999). Este aspecto, demonstra uma característica marcante destes arranjos produtivos, que devem ser incentivados através de instrumentos de desenvolvimento regional que levem em considerações aspectos sociais, econômicos, culturais, climáticos e ambientais da região.

Por outro lado, estes arranjos produtivos ao mesmo tempo em que fomenta a cooperação, pode colocar em evidência as dificuldades inerentes a esse tipo de relacionamento, uma vez que relações de cooperação exigem laços de confiança entre os envolvidos, bem como estruturas institucionais específicas que são de difícil construção. Além disso, ao mesmo tempo em que pode diminuir custos operacionais com a troca de subprodutos e/ou utilização mais eficiente de recursos, o estabelecimento do arranjo pode incorrer em dificuldades relacionadas aos custos de implementação do arranjo ou restrições em termos de fontes de financiamento em razão da natureza dos retornos.

Quando se quer vislumbrar um ESI como elemento inserido nos esforços de desenvolvimento local e regional, a colaboração entre agentes públicos e privados ganha reforço como estratégia. A identificação e exploração de sinergias, oportunidades, redes potenciais e outros elementos relacionados passa pelo processo de planejamento. Vários autores ressaltam que o planejamento é elemento central para que se visualize a ecologia industrial e seus conceitos relacionados como abordagem de desenvolvimento, uma vez que “cria as combinações certas de indústrias, infra-estruturas, tecnologias, competências, recursos e o quadro legal que encorajam a ecologia industrial a se desenvolver” (ROBERTS, 2004, p. 1002).

Neste sentido, ao explicar o macroambiente favorável à emergência dos arranjos produtivos do tipo ecossistemas industriais deve-se demonstrar claramente quais os aspectos mais concretos que devem ser levados em consideração no processo de planejamento de um ESI. Pois bem, este é o esforço de sistematização empregado no quadro 3.

**Quadro 3: Aspectos elementares para criação dos ecossistemas industriais**

<b>Planejamento de um ESI:</b>	<b>A partir dos anteriores, outros aspectos mais detalhados devem ser considerados:</b>
• Estudos das condições biogeoquímicas da região	• Arranjos organizacionais para o desenvolvimento de um ESI
• Identificação dos volumes potenciais e concretos de comércio de resíduos por tipo de indústria	• Uma indústria âncora local no entorno da qual as outras possam se unir
• Identificação de volumes críticos de resíduos para fins comerciais em clusters selecionados	• Objetivos para o ESI, incluindo os objetivos de performance econômica e padrões de performance ambiental a nível local
• Avaliação das políticas de longo prazo	• Estratégias de financiamento, gestão de risco, e marketing do ESI, Planejamento das áreas onde o ESI se estabelecerá (construção da infra-estrutura, reservatórios e transporte de resíduos, etc.)
• Quadros regulatórios para o tratamento e gestão de resíduos	• A localização das atividades envolvidas no arranjo para maximizar a coleta de sub-produtos e minimizar custos de transporte de tais resíduos entre os produtores e os consumidores
• Avaliação das atitudes das firmas no que diz respeito ao apoio ao processo de gestão de resíduo, introdução de parques industriais, etc.	• Criação de infra-estrutura comunitária de modo a permitir o aprendizado, o lazer e a ajuda na provisão de serviços para a comunidade

Fonte: elaboração própria a partir de Roberts (2004)

Como aduzido do quadro acima, uma característica que deve ser amplamente incorporada aos ecossistemas industriais reflete-se no planejamento detalhado das ações que pretendem ser implementadas, de modo a alcançar os objetivos propostos, com ganhos ambientais, sociais, econômicos e institucionais. Neste sentido por representar um arranjo que explora recursos e oportunidades locais, o ESI deve ser encarado como elemento altamente específico. Cada ESI é caracterizado de forma muito particular em razão das especificidades da localidade onde se inserem e das condições institucionais que regem tal ambiente.

Assim, para todo e qualquer trabalho referente à problemática em análise deve-se evitar fundamentalmente vícios metodológicos exacerbados, que em nada contribuem para o desenvolvimento dos arranjos. No entanto, como se trata de pesquisas científicas em que o rigor metodológico é exigência imprescindível para sua apresentação e aceitação, realizou-se um esforço de reunir estudos de autores como: Roberts (2004), Ines Costa (2009), Guillaume Massard (2009), Abhishek (2009), Agarwal (2009), na busca de sistematizar alguns elementos cruciais necessários ao planejamento de longo prazo dos ecossistemas industriais.

**Quadro 4: Elementos vinculados ao processo de planejamento de um ecossistema industrial**

<b>Pré-requisitos para o planejamento de um ESI: descrição</b>	<b>Fundamentação - aspectos mais detalhados devem ser considerados:</b>
<b>Aspectos quantitativos</b>	
População média	Para determinar total de resíduos gerados per capita.
Total de resíduos gerados	Estado - no desempenho de gestão de resíduos.
Tratamento de resíduos	
<b>Aspectos qualitativos</b>	
Quadro institucional	Caracterização da estrutura governamental no país, para entender onde os poderes políticos e legislativos são centrados.
Tipo de governo	
Tipo de legislação sobre resíduos	
Tipo de políticas sobre resíduos	
<b>Instrumentos econômicos</b>	
Imposto de aterro	Impostos para ajudar a moldar o mercado em que as empresas operam, levando as empresas a olhar para as estratégias de gestão de resíduos que poderiam ser mais benéficas.
Imposto de incineração	
<b>Instrumentos regulatórios</b>	
proibições de aterros sanitários	Regulamento que controla a eliminação de resíduos podem levar a seu desvio para outras alternativas (por exemplo, recuperação). Uma classificação subproduto indica que pode haver materiais isentos de serem classificados como resíduos, e, portanto, pode ser trocado, como produtos.
Fim de resíduos/subproduto	
<b>Instrumentos voluntários</b>	
Programas de coordenação para colaboração na eficiência dos recursos	Instrumentos voluntários projeto para motivar a cooperação entre empresas em questões de eficiência de recursos.

Fonte: elaboração própria a partir de Roberts (2004), Ines Costa (2009), Guillaume Massard (2009), Abhishek (2009), Agarwal (2009)

Com base nas características acima apresentadas pode-se concluir que um ecossistema industrial possui uma estrutura ampla e flexível, de modo que são vários os aspectos a serem considerados. Neste sentido a lição decorrente das pesquisas já realizadas é não cair em vícios metodológicos, e reconhecer o caráter altamente específico de cada caso. No entanto fatores como o perfil das indústrias e os aspectos socioeconômicos e culturais da região são variáveis que influenciam na criação destes arranjos. Outro fator de extrema relevância é o grau de

cooperação e parceria entre o setor público (agências governamentais), o setor privado (empresas, indústrias e tomadores de decisão) e os membros da comunidade. Se estes elementos não se consolidarem o desenvolvimento pode estar comprometido.

Segundo Jacobsen (2006), são duas as principais motivações que levam as indústrias a engajarem nesta iniciativa. A primeira seria pressão institucional externa advinda de um macroambiente favorável, e a segunda uma maior vantagem competitiva (*market advantage*). Para atender à crescente pressão institucional externa Jacobsen (2006) sugere que as indústrias cooperem umas com as outras no intuito de atender a legislação (ambiental, trabalhista, zoneamento) em vigor. Grande parte das micro, pequenas e médias indústrias desconhece ou tem dificuldade em atender a legislação, principalmente a legislação ambiental.

Pelo exposto deve-se consignar que o estudo dos ecossistemas industriais é uma problemática complexa, que apresenta uma inter-relação entre uma multiplicidade de fatores, o que denota seu caráter holístico e abrangente, de modo que o pesquisador destes arranjos produtivos deve sempre fazê-lo sob o prisma de tais características.

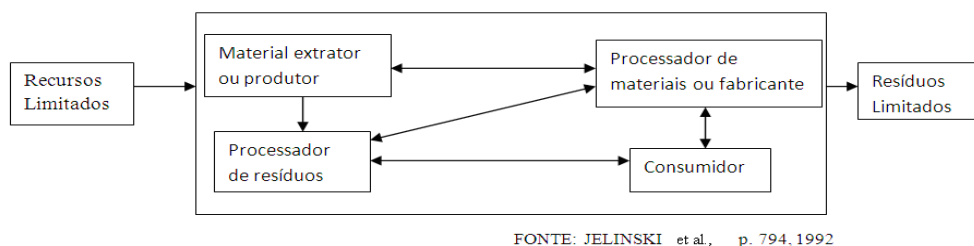
### **1.6.1 Conceito, Princípios e Características**

Como já mencionado, os ecossistemas industriais consistem numa rede de organizações interligadas por uma lógica ecológica. As organizações usam os resíduos, *by-products* e produtos uma da outra, para, assim, reduzir não apenas o gasto total de energia e de recursos naturais quanto o total de perda e geração de poluição do sistema.

É nesse sentido que também trabalham Jelinski *et al.* (1992) ao elaborarem um modelo genérico do que seria um ecossistema industrial, bem como Korhonen (2004), quando este discute aplicações estratégicas para a ecologia industrial. Para esses autores, a origem de um sistema desse tipo está baseada em recursos limitados e precisa ter como resultado do processo uma quantidade também limitada de perdas, otimizando dentro do sistema a utilização de todos os recursos, produtos, resíduos e *by-products* oriundos do próprio sistema.

O modelo esquemático de um ecossistema industrial é apresentado na figura 3 abaixo (JELINSKI *et al.*, 1992, p. 794).

**Figura 3 – Modelo Esquemático de um Ecossistema Industrial**



FONTE: JELINSKI et al., p. 794, 1992

Note-se que os fluxos dentro dos quadrados e dentro do sistema industrial ecológico como um todo são muito maiores do que o de recursos externos e fluxos de resíduos, ou seja, na medida em que tais nós realizam operações dentro de suas bordas de maneira cíclica ou se organizam para encorajar fluxos cíclicos de materiais dentro do ecossistema industrial, eles evoluem para modos de operação que são mais eficientes, com menores impactos negativos nos sistemas de suporte externos e são mais semelhantes ao comportamento ecológico do Tipo II<sup>13</sup>.

A partir da literatura inerente ao assunto, em especial Cohen-Rosenthal (2003), Korhonen (2004), OECD (2006), Shrivastava (1995a,1995b), Jelinski *et al.* (1992), Hoff (2008), é possível elencar algumas características principais dos ecossistemas industriais, que podem ser descritas em diversos níveis. Em primeiro lugar pode-se observar o ambiente de Micro-Análise, em que são descritas as práticas no âmbito da firma. Tais práticas são:

- O desenvolvimento de processos para a maximização da conservação e minimização das perdas;
- A produção de bens e serviços ecologicamente corretos, que atendam às necessidades e expectativas dos clientes;
- O desenvolvimento de bens e serviços para uso sustentável, passíveis de disposição e reciclagem.

A observância dessas características, bem como, a existência de alguns princípios, dentro das organizações, como o **fechamento de ciclo (*roundput*)** e o **gradualismo**, pode ser um indicativo da existência de condições adequadas para o desenvolvimento de modelos cooperativos de aproveitamento de resíduos e *by-products*, bem como a redução das perdas, no longo prazo (HOFF, 2008).

<sup>13</sup> Desejável seria que se aproximasse do comportamento da Ecologia Tipo 3, mas isto é limitado principalmente pelo estágio de desenvolvimento tecnológico dos processos de produção, além de questões mais de fundo, como o paradigma socioeconômico vigente.

Um segundo indicativo da existência de ecossistemas industriais pode ser analisado em âmbito inter-firma, recorrente nos ambientes regionais e locais. Neste aspecto é importante observar a existência de determinadas características como:

- Ganhos ambientais para a comunidade,
- Disponibilidade de recursos naturais,
- Existência de certa infraestrutura logística,
- Existência de fatores que permitam a produção,
- Determinada firma central que possibilite o desenvolvimento do arranjo,
- Proximidade geográfica entre os parceiros,
- Geração de empregos e
- Afinidade sociocultural entre os participantes do arranjo.

Outro ponto fundamental acerca dos ecossistemas industriais refere-se a seus princípios, explicados no artigo intitulado como “*Four ecosystem principles for an industrial ecosystem*” de Jouni Korhonen (2004) que são: Localidade, Diversidade, Gradualismo e Fechamento de Ciclo (*roundput*).

Em linhas gerais o princípio fundamental da **Localidade** exhibe a ideia de que os ecossistemas industriais devem respeitar os limites naturais do local onde estão inseridos, devendo cooperar e se adaptar ao ambiente que os cerca a partir de relações de interdependência. Ou seja, a localidade, no desenvolvimento dos arranjos produtivos pode significar a utilização de recursos materiais e energéticos em uma escala local respeitando os limites da natureza (KORHONEN, 2001a).

O princípio da **Diversidade** refere-se precipuamente ao elemento fundamental de qualquer sistema natural, ou seja, a diversidade de organismos, de interações e informações. Este princípio, conforme explicado por Korhonen (2001a), evidencia que a diversidade permite alta flexibilidade e adaptabilidade, sendo uma estratégia de sobrevivência de longo prazo do sistema.

O terceiro princípio que deve ser observado no estudo acerca dos ecossistemas industriais é o **Gradualismo**. Tal princípio exhibe a ideia de que o desenvolvimento de determinado arranjo produtivo é uma construção de longo prazo, ou seja, uma construção gradual, lenta. De acordo com Korhonen (2001c) o simples fato de se aumentar a taxa de reciclagem de determinado material de maneira súbita pode levar a outros desequilíbrios, assim os ecossistemas industriais devem se mover de forma a aperfeiçoar os processos produtivos respeitando o tempo cíclico da natureza, permitindo ajustes necessários para a criação de novas situações de equilíbrio no sistema.



Por fim o último princípio refere-se ao conceito de **Roundput**, relacionado com o fechamento de ciclo, conforme visto no modelo da Ecologia Tipo II, estudado anteriormente. O referido princípio está relacionado à propriedade de determinado sistema em reaproveitar fluxos de energia através do fechamento de ciclo. O *Roundput* promove uma das características mais importantes de um ecossistema industrial, que está relacionado à utilização de resíduos e materiais energéticos diminuindo a dependência de recursos naturais não renováveis.

Importante destacar que a cooperação necessária para criar este tipo de arranjo produtivo pode ocorrer em vários níveis. De acordo com Shrivastava (1995a), existem dois grupos principais:

- a. Num ecossistema industrial simples, a rede pode envolver trocas de perdas entre um pequeno grupo de organizações geograficamente próximas; e
- b. Num ecossistema industrial mais extenso, a rede pode estabelecer relações cooperativas aos níveis local, regional e mesmo nacionais.

Todavia o princípio da Localidade mencionado anteriormente apresenta certa crítica á este segundo nível de cooperação, uma vez que tal premissa expressa que no desenvolvimento dos arranjos produtivos, a utilização de recursos materiais e energéticos deve ocorrer em uma escala local, regional, respeitando os limites da natureza (JELINSKI *et al.*, 1992).

De acordo com a literatura acerca da problemática estudada a observância das características dos ecossistemas industriais, assim como o respeito a seus princípios, são um indicativo contundente da existência deste tipo de arranjo, permitindo as trocas de subprodutos, de forma a aumentar a eficiência produtiva e reduzir os custos. A partir da literatura citada ao longo desta seção foi elaborado o Quadro 5, que elenca sucintamente os elementos gerais que conformam um ecossistema industrial.

**Quadro 5 - Ecossistemas Industriais - elementos gerais**

<b>Princípios</b>	Paradigma Centrado na Sustentabilidade; Desenvolvimento Sustentável Ecologia Industrial; Multidisciplinaridade Holismo; Cooperação; Ecoeficiência; Gradualismo; Diversidade;
-------------------	--

	Localidade
<b>Objetivos gerais</b>	Fechamento do ciclo/ <i>roundput</i> ; Desenvolvimento espacial; Integração economia-ambiente-sociedade; Redução de impactos ambientais.
<b>Objetivos Específicos</b>	Construção de arranjos industriais integrados econômica, social e ambientalmente; Reciclagem de Matéria e Energia; Troca de <i>by-products, inputs, outputs</i> , informação, etc.;
<b>Atores envolvidos</b>	Governos (em nível supranacional, nacional e subnacional) Arcabouço regulatório Iniciativa privada Sociedade Civil
<b>Estratégias de Ação</b>	Estratégias de planejamento <i>top-down</i> e <i>bottom-up</i> ; Existência de um agente central (firma ou ente público); Conformação de espaços comunitários de consulta e deliberação; Busca por competitividade e cooperação; Visão sistêmica e de longo prazo.

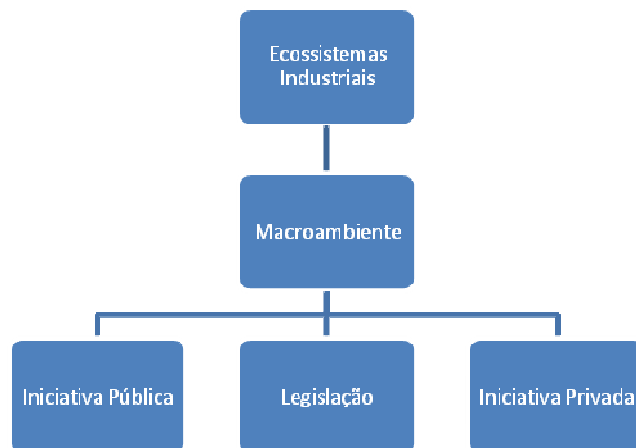
Fonte: Elaboração própria a partir de Andrews (1999), Ashton (2008.), Korhonen (2001a e 2001b), Pacheco (2013) e Deutz; Gibbs(2004).

Ao falar da problemática, ecossistemas industriais, para fins desta pesquisa, algumas características destes arranjos devem ser consideradas, no intuito de indicar se o Macroambiente tem estimulado a simbiose industrial de forma concreta. Inicialmente deve-se salientar que no ecossistema industrial, além dos princípios norteadores, devem-se analisar aspectos como o fechamento de ciclo(*roundput*), que traduz uma das características mais marcantes de um ecossistema industrial, uma vez que promove a (re)utilização de resíduos materiais e energéticos, diminuindo a dependência de recursos naturais não-renováveis. Também deve ser analisada a existência de trocas de *by-products, inputs, outputs* e informações, promovidas através do arranjo. Outro ponto fundamental refere-se à integração das indústrias, capazes de realizar a reciclagem de materiais de modo a minimizar o uso de materiais não renováveis. Deve-se, também, constatar neste tipo de arranjo industrial a finalidade de redução dos impactos ambientais (KORHONEN, 2004).

Outra característica importante refere-se à visão sistêmica dos ecossistemas industriais, que está relacionada, acima de tudo, com cooperação e multiplicidade de organizações, atores e funções (LIFSET; GRAEDEL, 2002). Assim, ao propor uma pesquisa acerca dos meios que incentivam a formação dos ecossistemas industriais, deve-se analisar preliminarmente se estas características estão sendo incorporadas.

Além destas características relacionadas aos ecossistemas industriais, no próximo capítulo a pesquisa aprofundará a análise de aspectos relacionados aos elementos envolvidos, como as iniciativas públicas, a legislação e a iniciativa privada, que contribuem de forma significativa para seu desenvolvimento. Abaixo segue a figura 4, exemplificativo dos elementos inseridos no Macroambiente que colaboram a formação destes arranjos produtivos.

**Figura 4: Principais elementos do Macroambiente**



Fonte: Elaboração própria a partir de Giannetti (2006), Lehtoranta (2011), Massard (2009)

Estudos internacionais indicam que estes elementos são fundamentais para a emergência dos ecossistemas industriais, assim torna-se importante desenvolver estudos aprofundados acerca dos desdobramentos de suas ações, a partir de políticas realizadas pelos governos, do ordenamento jurídico vigente no país, e do ambiente em que as firmas estão inseridas, que possibilitam a formação destes arranjos produtivos. Neste sentido a seguir serão apresentados os estudos de caso descritos na literatura internacional de modo a demonstrar quais variáveis inerentes ao Macroambiente tem auxiliado a emergência dos ecossistemas industriais, e também será apresentado o modelo de análise.

## **Capítulo 2. O Macroambiente de emergência dos Ecossistemas Industriais segundo a literatura internacional**

Este capítulo apresenta um panorama do desenvolvimento dos ecossistemas industriais pelo mundo. Na primeira seção será realizada uma abordagem sintética de vários casos de emergência de ecossistemas industriais, em especial, casos verificados na América do Norte e Europa. Nota-se que em alguns países, como Inglaterra e Estados Unidos, devido à maior quantidade e qualidade de informações, serão apresentadas as características de forma mais detalhada. No entanto deve-se reforçar que o objetivo central da presente pesquisa não é fazer uma descrição exaustiva dos diversos casos emergentes pelo mundo, mas sim utilizá-los como âncora para se extrair o modelo analítico que determina quais variáveis do macroambiente são impactantes na formação dos ecossistemas industriais. A partir da leitura dos diversos estudos de caso, na segunda seção, será realizada a convergência do referencial de modo extrair as variáveis mais recorrentes, e ao final do capítulo será apresentado o modelo analítico que elenca as principais variáveis que representam o macroambiente de emergência dos ecossistemas industriais.

### **2.1. União Européia**

Na Europa o interesse em desenvolver os ecossistemas industriais como ferramenta para promoção de um desenvolvimento mais sustentável é uma realidade presente para os setores público (governos local, regional e nacional) e privado (HEERE *Set al.*, 2004). Quatro países foram selecionados para ilustrar este desenvolvimento na União Européia (UE), são estes: Inglaterra, Dinamarca, Holanda e França. Também se direcionou atenção ao estudo do projeto de simbiose industrial desenvolvido na Suíça. Importante salientar que a partir da leitura preliminar pode-se dizer que no âmbito da política da UE os benefícios potenciais da simbiose industrial e dos ecossistemas industriais já podem ser vistos, a partir da emergência, em alguns Estados membros, de um Macroambiente que vem alavancando o desenvolvimento deste tipo de arranjo produtivo (MASSARD, 2009).

#### **2.1.1. Inglaterra**

Na Inglaterra pode-se observar um grande número de elementos que configuram um significativo avanço nas políticas públicas e na legislação ambiental. Instrumentos de comando

e controle, e incentivos econômicos, como estudados na seção 1.3 (capítulo 1), são vistos com frequência na legislação.

Os principais documentos legislativos incluem programas que instituem o conceito de resíduos e o dever de cuidado que todos devem ter para seu recolhimento, tratamento e eliminação. Descrevem a necessidade institucional de se regulamentar a gestão dos resíduos, como sua recuperação, reutilização e reciclagem. A Política Nacional de Resíduos propõe instrumentos e metas para a redução do impacto da geração e gestão de resíduos (MASSARD *et al.*, 2009).

Neste quadro, o governo britânico introduziu uma mistura de instrumentos econômicos, regulatórios e voluntários, que parecem ter moldado o contexto político para o desenvolvimento. O Imposto sobre o Aterro (LT), o Projeto de Protocolo de Resíduos (WPP) e o Programa Nacional de Simbiose Industrial (NISP) estão entre os principais projetos (MASSARD *et al.*, 2009).

Tratando especificamente do NISP pode-se dizer que este é um instrumento voluntário que auxilia as empresas no redirecionamento de seus resíduos, ajudando-as a encontrar parceiros de modo a reutilizar os subprodutos como matéria-prima de outros produtos, realizando assim ganhos ambientais e econômicos. Tal programa evoluiu a partir de esforços colaborativos, entre governo e iniciativa privada (AGARWAL; STRACHAN, 2007).

O NISP é um programa de Simbiose Industrial que identifica ligações mutuamente rentáveis entre as empresas-membro do programa, de modo que recursos sub-utilizados como energia, água e/ou materiais de uma empresa possam ser recuperados, reprocessados ou reutilizados por outras. Foi criado em 1999 e foi inspirado pela operação de simbiose da indústria energética no Golfo do México. Somente em 2004 o programa começou a ser financiado pelo governo do Reino Unido, como iniciativa para eficiência em uso de recursos naturais, chamado *Business Resource Efficiency and Waste Programme*, sendo então um pioneiro mundial como programa de eficiência de recursos materiais e resíduos. Em 2009, dez mil empresas faziam parte da rede, fazendo do NISP uma referência para diretrizes na União Europeia dentro do âmbito de resíduos e premiações, tais como: *Exemplar of Eco-Innovation through its Environmental Technologies Action Plan* (2007) pela Comissão Europeia, *British Expertise Award* (2008) e *Best Carbon Reduction Project' Environmental Excellence Awards* (2010) (NISP). Na página virtual do programa são obtidas várias informações sobre o NISP, que proporciona aos *stakeholders* um amplo acesso a dados, empresas parceiras e diversas outras informações.

Atuando como empresa privada, o NISP oferece ao usuário a oportunidade de participação na rede e de suporte por um valor monetário baseado no porte da empresa. Este valor varia desde 275 libras esterlinas, para empresas de até dez funcionários, até 1.975, para empresas com mais de mil funcionários. A plataforma online utilizada ainda oferece ao usuário cadastrado uma área exclusiva de acesso, com uma biblioteca com informações e referências de casos de sucesso, além do suporte de profissional especializado para otimizar a combinação entre oferta e demanda de materiais e a oportunidade de participação de *workshops* e eventos visando instrução e expansão do *networking* profissional. No âmbito da imagem corporativa, o usuário também ganha o direito de atrelar a iniciativa como marketing de ações de eficiência em benefício ao meio ambiente (NISP), (VEIGA, 2007).

O programa do NISP foi expandido para o *International Synergies* (IS, 2013), cujo funcionamento se assemelha a uma *holding* cujo objetivo é fomentar novas iniciativas semelhantes ao NISP em outros países.

Segundo o site oficial, desde o seu lançamento até o ano de 2013 (IS, 2013), o programa evitou o descarte de mais de 5,2 milhões de toneladas de resíduos industriais para disposição em aterro, eliminando 357.000 toneladas de resíduos perigosos, e com isso impedindo o uso de 7,9 milhões de toneladas de matérias-primas virgens e 9,4 milhões de toneladas de água industrial. Assim, as empresas parceiras economizaram um total de 131.000.000,00 libras esterlinas, o equivalente a R\$ 392.493.532,40 e geraram uma receita de 151.000.000 libras esterlinas, aproximadamente R\$ 452.416.209,10.

Nos últimos cinco anos, o NISP desenvolveu uma série de ferramentas disponíveis para uso pelas equipes regionais: profissionais que incluem uma gama diversificada de materiais de treinamento e cursos, *workshops* e eventos para compartilhamento das melhores práticas. O NISP também gerencia um sistema de monitoramento nacional de recursos e possui uma ferramenta de análise de dados - Central de Recursos para Praticantes da Simbiose Industrial (CRISP), que promove assistência aos praticantes na identificação de sinergias atuais e futuras.

Dentre os muitos casos de sucesso do NISP, apresenta-se o caso conhecido como “colaboração frutífera”. A empresa Terra Nitrogen Ltda., membra do NISP e produtora internacional de produtos nitrogenados, buscou soluções para o dióxido de carbono e vapor gerados pelo processo de produção de amônia. Paralelamente, a John Baarda Ltda., uma pequena criadora de vegetais, também membro do programa informou ao NISP o interesse em expandir sua produção de vegetais para ter acesso ao mercado de grandes

varejistas supermercados. O NISP realizou a interface entre as duas empresas e o acordo resultou na redução de emissão de 12.500 toneladas de dióxido de carbono e na criação de 80 postos de trabalho (LAYBOURN; MORRISAY, 2009).

Atualmente, considera-se o NISP como um dos programas existentes em estágio mais avançado de SI. Um dos principais fatores de sucesso é o modo como é gerenciado, pela participação de profissionais multidisciplinares que atuam na sua coordenação e funcionamento. O programa atua junto às empresas e não apenas serve como um canal de divulgação dos resíduos, sendo o seu ponto de destaque exatamente a sua forma de atuação ativa. O *Nationale Reststo Fenbeurs*, o *WasteNot* e a Bolsa de Resíduos atuam horizontalmente, não interferem e nem sugerem negociações entre as indústrias.

Outra grande diferença entre o NISP e os outros programas é o nicho de trabalho ou área de atuação. O programa inglês é mais abrangente, com destaque para o item “águas residuais”, que não é encontrado em nenhum programa equivalente. Este item sugere a inserção de efluentes em sistemas cuja aplicação do efluente seja, por exemplo, o resfriamento de processos, onde a qualidade do efluente não é totalmente relevante. Outra possibilidade é o planejamento de estações de tratamento de efluentes industriais integradas, compartilhando a capacidade de purificação através de um possível aumento de complexidade do processo, para o benefício mútuo de diferentes indústrias. Observa-se, no entanto, que em sistemas de bolsas de resíduos existem itens identificados como, por exemplo, “Soluções Ácidas” e “Soluções Alcalinas”, ofertados como resíduos sólidos para reaproveitamento, sem sugestão por meio destas de integração de processos de tratamento de esgotos (MOTTA *et al.*, 2013).

Acredita-se que a cobrança de uma taxa para participação do programa da Inglaterra, dá ao NISP recursos financeiros suficientes para o financiamento do programa. A participação na Bolsa de Resíduos, assim como em muitos outros programas, é gratuita, o que pode dificultar a captação de recursos para o desenvolvimento do sistema. A maioria dos programas de SI existentes, como visto, é apenas uma plataforma virtual para divulgação dos resíduos, muitas das quais são de difícil navegação ou carecem de recursos (VEIGA, 2007).

Espera-se de uma instituição mais desenvolvida de Simbiose Industrial uma plataforma interativa, a fim de facilitar que usuários identifiquem rapidamente os resíduos ofertados ou demandados, assim como alguma quantidade de informação técnica que permita um maior entendimento do sistema de Simbiose Industrial. Idealmente, o site deveria fornecer exemplos de produtores e possíveis clientes para determinados tipos de subprodutos, facilitando a identificação de potenciais atores da negociação comercial (VEIGA, 2007).

Importante destacar que o NISP elaborado no Reino Unido tem servido de inspiração para muitos programas semelhantes, que acreditam na simbiose industrial, e na cooperação entre as empresas, a partir de sinergias que geram ganhos ambientais e econômicos, como meio salutar de promover o desenvolvimento sustentável. Entre os programas que seguem o padrão britânico está o Programa Brasileiro de Simbiose Industrial (PBSI) (SANTOS, 2011).

### **2.1.2. Dinamarca: O Ecossistema Industrial de Kalundborg**

O ecossistema industrial de Kalundborg é um exemplo clássico de simbiose industrial recorrente na literatura internacional. É tido como um modelo a ser seguido por outros países.

Em linhas gerais pode-se afirmar que este arranjo produtivo do tipo ecossistema industrial começou a desenvolver-se em 1970 quando cinco indústrias em cooperação com o governo local (municipalidade), tentando reduzir os custos operacionais e atender a legislação ambiental buscaram encontrar uma solução para a questão do gerenciamento de resíduos industriais e obter um melhor aproveitamento da água utilizada pelas indústrias e pela municipalidade (MOTTA *et al.*, 2013).

As principais indústrias de Kalundborg são: Asnaes (termelétrica), Gyproc (placas de gesso), Novo Nordisk (farmacêutica e biotecnologia, fabricante de insulina), A-S Biotechnisk Jordrens (bio-remediação do solo), Statoil (refinaria de petróleo) e o município de Kalundborg (DESROCHERS, 2000). Os principais resíduos permutados por estas indústrias são: carvão, enxofre, gesso, lodo e óleos da estação de tratamento de efluentes, resultando na redução do consumo de matéria prima e dos impactos ambientais da atividade industrial, além dos ganhos econômicos (MOTTA *et al.*, 2013).

Apesar de ser considerado como o primeiro exemplo mundial de SI, na visão de Desrochers (2000), Kalundborg é apenas uma ilustração contemporânea de como a SI sempre existiu na história da humanidade, um exemplo de planejamento regional onde as empresas permutam e reutilizam resíduos, energia e água. Segundo Rosenthal e Côté (1998) alguns fatores contribuíram para o desenvolvimento de Kalundborg: a incorporação correta de indústrias, a proximidade geográfica, a integração preexistente entre as indústrias, a demanda por um desenvolvimento mais sustentável, os acordos comerciais, a cooperação voluntária entre os atores e o incentivo das autoridades governamentais locais.

Para que a simbiose desenvolvida em Kalundborg possa ser desenvolvida em outros parques industriais, Gertler (1995) e Lowe (2001) indicam que algumas condições devem ser satisfeitas:



- a. Diversidade das tipologias industriais. O mix ideal de indústrias é uma pré-condição para a SI, aumentando a possibilidade de permutas de resíduos. Os resíduos de uma indústria devem se adequar às necessidades de outras indústrias (*by products* da indústria A = matéria-prima da indústria B).
- b. Negociações entre parceiros locais aumentam a efetividade do processo. Aproximidade social foi determinante em Kalundborg, onde os funcionários das indústrias, do diretor ao empregado, compartilham o mesmo ambiente (cidade, escolas, clubes, igrejas, shopping, meios de comunicação). Assim, os ganhos ambientais, econômicos e sociais são compartilhados por todos.
- c. A participação e colaboração da agência ambiental. Esta participação foi importante para auxiliar as indústrias no cumprimento da legislação. A existência de legislação ambiental mais restritiva contribuiu para o desenvolvimento de sinergias e para a adoção de tecnologias de controle da poluição.
- d. O porte das indústrias parceiras, capacidade de produção, geração e consumo, deve ser compatível com as sinergias negociadas.
- e. Proximidade física entre as indústrias. O custo e os riscos associados ao transporte podem ser significativos. Quanto maior a distância, maior o custo associado à instalação de dutos, maior o consumo de energia e combustível para transportar os resíduos.
- f. As indústrias devem desenvolver um relacionamento baseado na cooperação, integração, formação de parcerias, comunicação e sobretudo, confiabilidade. Os acordos em Kalundborg foram feitos de forma bilateral - gerador x consumidor.

Nota-se que neste arranjo há um conjunto de fatores predeterminantes para os expressivos ganhos obtidos. Dentre os fatores que se destacam pode-se considerar os incentivos advindos do governo local, como financiamentos e parcerias, e as políticas adotadas pelas indústrias que incorporaram o aspecto da cooperação em suas prioridades de gestão estratégica (VEIGA, 2007).

### **2.1.3. Holanda**

Existem atualmente na Holanda 62 ecossistemas industriais. O conceito destes arranjos produtivos foi introduzido no país em 1998 pelo Ministério da Economia (*Dutch*

*Ministry of Economic Affairs*) no documento intitulado *de Memorandum Sustainable Business Sites* que os definiu como “uma forma decooperação entre indústrias, e entre estas e o governo, tendo por objetivo melhorar o desempenho ambiental das indústrias e ao mesmo tempo reduzir os impactos ao meioambiente e garantir um uso mais eficiente dos recursos naturais” (PELLENBARG, 2002).

Contudo em 1997, o *Memorandum Economic en Milieu* (Economia e Meio Ambiente) é publicado pelo Ministério de Planejamento e expressou sua preocupação em conciliar o crescimento econômico sem proporcionar uma deterioração ambiental. Este documento foi de extrema relevância para direcionar as ações de preservação ambiental. Foi elaborada uma lista com a relação alguns campos prioritários para o desenvolvimento de ações cooperativas entre o setor público e privado. Destaca-se que ao governo foi incumbida a tarefa de elaborar políticas públicas de incentivo aos ecossistemas industriais, através de: parcerias, realização de estudos técnicos, e financiamento de outras ações. O documento fornece algumas características dos ecossistemas industriais que devem ser buscadas:

1. Utilização conjunta de facilidades (para energia, água, reciclagem, transporte);
2. Fechamento do ciclo de materiais através do uso de resíduos;
3. Realocação de empresas para promover um uso mais eficiente do solo;
4. Aglomeração de empresas complementares em termos econômicos e ecológicos.

Ao verificar as características descritas no *Memorandum Economic en Milieu*, nota-se que há efetiva preocupação em promover os arranjos industriais orientados a partir dos princípios da Ecologia Industrial. Especificamente questões como: estímulo a cooperação, fechamento de ciclo (*roundput*), e fatores locacionais, como proximidade geográfica estão presentes no documento (MOTTA; CARIJÓ, 2013). Nota-se, que ao propor a utilização eficiente de energia e água, bem como reutilizar insumos e estimular o fechamento de ciclo há ampla relação com os conceitos e princípios da ecologia industrial. Como visto no capítulo 1 a EI enfatiza a necessidade de uma perspectiva sistêmica nos processos de análise e tomada de decisão, e de acordo com Lifset e Graedel (2002) pode-se elencar alguns princípios, como: i) a utilização de uma perspectiva de ciclo de vida; ii) utilização de uma análise de fluxos de matéria e energia; iii) utilização de um modelo sistêmico; e iv) simpatia por formas de análise e pesquisa multi e interdisciplinares. Assim verifica-se, que o documento elaborado pelo

Ministério da Economia vinculado ao governo holandês aborda questões relativas à ecologia industrial.

A parceria e cooperação entre as indústrias e entre estas e o setor o governo é mencionada como fator base de ecossistema industrial. Segundo Pellenbarg (2002), o governo holandês disponibilizou a época US\$ 3.500.000,00 para seu maior desenvolvimento. Heeres *et al.* (2004) realizaram um estudo que analisou o desenvolvimento destes arranjos na Holanda, com foco em duas iniciativas implementadas no país: *Moerdijke Rietvelden*.

No parque industrial de *Moerdijk* uma refinaria da Shell funciona como empresa âncora. Ela dispõe de uma vasta propriedade de terras e as disponibiliza para outras empresas químicas interessadas em estabelecer uma otimização de materiais e energia. A companhia Montell utiliza eteno e outros gases da refinaria e os seus resíduos são enviados para a Shell. A companhia Kolb (química fina) utiliza óxido de eteno da Shell como matéria-prima. O incinerador de resíduos da companhia AZN supre a refinaria da Shell com vapor e eletricidade. Também está previsto o recebimento de matérias-primas da refinaria para Basell (*joint venture* da Shell e BASF) e para firmas de horticultura (VEIGA, 2007).

De *Rietvelden* é um complexo industrial que reúne cerca de 400 empresas. Um grupo composto por representantes de algumas empresas, do município e da província liderou a elaboração de um plano, especificando a missão e as possibilidades de desenvolvimento de trabalhos conjuntos para o site. Uma unidade para fornecimento de água, energia e vapor, e uma estação de tratamento de efluentes, foram construídas com o propósito de atender as empresas coletivamente. O interessante é que a moderna técnica de co-geração para produção de energia e vapor, assim como o aproveitamento do biogás gerado pela estação de tratamento, são diferenciais desta unidade. Contudo, até o momento, a Heineken, fabricante de cerveja, é a única empresa que utiliza os seus serviços (VEIGA, 2007).

Segundo Heeres *et al.* (2004), nestes dois projetos são atribuídos o mesmo grau de importância aos fatores ambiental, econômico e social. Todos os projetos foram desenvolvidos visando melhorar o desempenho econômico e ambiental das empresas, tendo sido implementados por iniciativa das associações das indústrias dos distritos industriais. A participação ativa da comunidade e de organizações não governamentais não é encorajada na Holanda, uma vez que a comunidade não é incentivada a participar do processo de desenvolvimento dos ecossistemas industriais, somente os atores diretamente envolvidos (indústrias, governo, agências e universidade).

Nos dois projetos analisados por Heeres *et al.* (2004), na fase inicial de planejamento dos arranjos, priorizou-se a implementação de práticas de prevenção da poluição e o intercâmbio de serviços instalações de uso comuns às indústrias (estação de tratamento de efluentes, central de armazenamento de matéria prima, central de reciclagem de resíduos).

O estudo também destacou como característica comum às iniciativas, que permitiram o sucesso, a participação ativa das indústrias e a presença das associações das indústrias em todas as etapas do projeto. Os primeiros, visando uma melhoria no seu desempenho econômico e ambiental, investiram seu tempo, recursos financeiros e outros recursos no projeto. Quanto aos segundos, contribuíram para divulgar e informar aos atores envolvidos os benefícios e vantagens dos arranjos industriais, atuando também como mediadores entre as indústrias. Outras características comuns apresentadas foram o projeto ser financiado pelo governo em parceria com as indústrias e a presença de uma indústria âncora. A indústria âncora pode ser definida como uma empresa motriz, ou seja, aquela que é inserida no arranjo com o objetivo de atrair outras indústrias, ou seja, aquela que direciona as indústrias a determinado comportamento e padrão de capacitação e qualidade (CHERTOW, 2000).

#### **2.1.4. França**

Na França, uma empresa de consultoria, representando os setores público e privado propôs o “*Programme d’actions labelise pour la maîtrise de l’environnement*” (PALME). PALME tornou-se o rótulo dos ecossistemas industriais na França, porém com algumas características distintas. O enfoque principal do programa PALME é a gestão ambiental cooperativa (ROSENTHAL; CÔTÉ, 1998). Alguns dos elementos sugeridos pela iniciativa PALME para implementar estes arranjos são (ROSENTHAL; CÔTÉ, 1998):

- a. Estudo de alternativas locais para o empreendimento, considerando os aspectos econômico, ambiental e social.
- b. Preparar o estudo prévio de impacto ambiental.
- c. Definir os elementos de planejamento urbano e arquitetônico sustentáveis.
- d. Assegurar o cumprimento dos regulamentos e legislações ambientais.
- e. Implementar um plano de ação para manter ou restabelecer o equilíbrio do ecossistema local.

- f. Implementar um programa comunitário de informação e conservação do meioambiente.
- g. Incentivar o uso de tecnologias mais limpas.
- h. Estabelecer um plano de gestão de resíduos industriais.
- i. Estabelecer um plano de gestão de efluentes industriais.
- j. Estabelecer um plano de gestão para as águas pluviais.
- k. Auxiliar as indústrias na seleção de materiais de construção, na seleção de máquinas e equipamentos, com o objetivo de reduzir o consumo de materiais não renováveis e prevenir a poluição gerada.
- l. Monitorar a qualidade do ar, da água e a poluição sonora.
- m. Estabelecer um plano de gestão de energia.
- n. Incentivar o uso de fontes alternativas de energia.
- o. Estabelecer um mecanismo de parceria com o setor público local
- p. Estabelecer uma unidade de gestão para coordenar e monitorar as iniciativas acima.

Das ações executadas pelo programa francês nota-se a presença dos elementos do macroambiente na consecução dos arranjos industriais. Primeiramente verifica-se a variável relativa a parcerias, uma vez que o programa PALME surgiu do interesse comum entre setor público e privado, também nota-se a presença da variável financiamentos, e pesquisas.

Já existem na França alguns arranjos do tipo ecossistemas industriais sendo desenvolvidos sob a iniciativa do programa PALME, como *Sophia Esterel (Riviera)*, *Châlon sur Saône*, *Zone Landacre (Boulogne)*, *Eco-Normandie* and *Parc Naturel Regional du Luberon* (ROSENTHAL; CÔTÉ, 1998). De acordo com Veiga (2007) os Ecossistemas Industriais existentes na França promovem a partir do fluxode materiais e energia, em contraposição aos tradicionais modelos existentes, a redução do consumo de energia, matéria-prima, e a produção deresíduos. Os exemplos recorrentes na literatura envolvem seis cadeias principais: aço, chumbo, vidro, plástico, madeira, papel, e produção de alimentos.

## **2.2. Estados Unidos**

Nos Estados Unidos já em 1994 houveram efetivas ações em prol da criação dos ecossistemas industriais. O Conselho do Presidente sobre Desenvolvimento Sustentável (PCSD) juntamente com a Agência de Proteção Ambiental Americana (US-EPA) desenvolveu

o conceito de ecossistema industrial como um instrumento para a promoção do desenvolvimento sustentável (PCSD, 1996). À época o US-EPA liberou um financiamento no valor de US\$ 3.000.000,00 (três milhões de dólares) para planejar e desenvolver um parque industrial ambientalmente sustentável, com o objetivo de criar empregos e promover o desenvolvimento de novas tecnologias, e ao mesmo tempo criar oportunidades para melhorar o desempenho ambiental, social e econômico das indústrias e demonstrar na prática a adoção dos conceitos e princípios do desenvolvimento sustentável (VEIGA, 2007).

Este marcou o início do desenvolvimento destes arranjos produtivos nos Estados Unidos, onde pela primeira vez os princípios da EI saem da teoria e foram postos em prática nos parques industriais americanos (GERTLER, 1995).

Neste mesmo ano, o PCSD designou quatro ecossistemas industriais a serem desenvolvidos como modelos: *Baltimore, Maryland; Cape Charles, Virginia; Brownsville, Texas* e *Chattanooga, Tennessee*. Com o apoio do governo americano, através de financiamentos, parcerias, subsídios, programas de educação e capacitação, do US-EPA e de Universidades renomadas como *Cornell University* e *Yale University*, várias comunidades americanas, buscando novas possibilidades de recuperar áreas contaminadas apoiaram a iniciativa (VEIGA, 2007).

Até o início de 2001, pelo menos 40 municípios estavam desenvolvendo projetos para a implantação de ecossistemas industriais. Com a mudança do governo americano em 2001 (de Clinton para Bush) o novo governo não continuou a fomentar o desenvolvimento destes arranjos. Porém, a semente estava lançada. As universidades, centros de pesquisa, o US-EPA, o setor privado e as comunidades continuaram trabalhar juntos e novos ecossistemas continuaram a ser criados. Como exemplo, neste mesmo ano, a Universidade da Carolina do Sul, com apoio e financiamento do US-EPA e do Departamento de Desenvolvimento Econômico e Comércio dos EUA criou o Centro Nacional para Desenvolvimento de EI voltado para pesquisa e desenvolvimento da Simbiose Industrial (GIBS; DEUTZ, 2004).

Em 2010, estudiosos americanos realizaram uma pesquisa com o objetivo de caracterizar o estágio de desenvolvimento dos ecossistemas industriais nos EUA até então. Na época, dezoito arranjos foram selecionados, sendo que seis em operação, cinco em construção e sete em fase de planejamento. Destes dezoito, dez foram selecionados pelos autores para realizar um estudo mais detalhado. Esta seleção foi feita considerando aqueles cujos objetivos sociais e econômicos estavam voltados para o desenvolvimento da comunidade local. Os autores realizaram visitas e entrevistas com gerentes dos arranjos industriais e representantes das autoridades locais, indústrias participantes, organizações ambientais,

representantes da comunidade e agências de desenvolvimento econômico locais (VEIGA, 2007).

Nestas entrevistas buscaram-se informações quanto ao processo de desenvolvimento dos ecossistemas industriais, os problemas e dificuldades encontrados, a natureza e a extensão das sinergias entre indústrias, obtenção de financiamento, o papel das instituições públicas e privadas locais no desenvolvimento do EI, além dos benefícios econômicos, sociais e ambientais alcançados (VEIGA, 2007).

Segundo Gibbs e Deutz (2004), que fizeram parte da pesquisa, inicialmente, o desenvolvimento de sinergias era a principal meta das indústrias ao ingressarem nesta iniciativa. Várias sinergias foram identificadas, porém, a operacionalização, apesar de os atores demonstrarem ter conhecimento dos conceitos e princípios da EI e dos ecossistemas industriais, mostrou-se problemática<sup>14</sup>.

O melhor exemplo da operacionalização dos ecossistemas industriais foi em *Londonderry*, onde o uso de águas cinzas (*gray water*) pela central geradora de energia vem ocorrendo. Como resultado, quatro mil galões de água deixam de ser retirados diariamente do rio *Merrimack*. Outras sinergias foram desenvolvidas entre as indústrias, como capacitação de pessoal, sistemas de informações, gerenciamento, suporte legal, serviços gerais de utilidade comum (restaurante, lazer, depósitos, armazéns), programas comunitários, marketing, ficando a troca de resíduos, o reúso de água e a co-geração de energia em um segundo plano. O desenvolvimento de sinergias demonstrou a existência de um senso de comunidade, ou seja, de integração entre os atores, como resultado de uma gestão ambiental cooperativa (LEHTORANTA *et al.*, 2011).

As indústrias participantes do processo tornaram-se conscientes de que as sinergias de resíduos requerem um grau maior de integração para serem operacionalizadas, necessitando também de prazos maiores do que os originalmente previstos (LEHTORANTA *et al.*, 2011).

Neste contexto deve-se resgatar, que segundo Pacheco (2013) a SI é um processo de longo prazo que deve ser implementado sempre orientado por alguns elementos, como:

1. Avaliação das fontes de produção (água, energia, etc.) local,
2. Identificação dos volumes potenciais concretos de intercâmbio, e
3. Avaliação dos riscos econômicos

---

<sup>14</sup> Isto decorre da dificuldade apontada pelos *stakeholders* para a concretização de sinergias entre as indústrias, principalmente as sinergias apontadas pela EI (resíduos, água e energia).

4. Sensibilidade ambiental da localidade para o processo de aproveitamento de matéria, energia e água
5. Exame do potencial de redução de custos regulatórios
6. Implicações da estratégia de crescimento regional para o desenvolvimento sustentável
7. Planejamento das áreas onde o ESI se estabelecerá (construção da infraestrutura, reservatórios e transporte de resíduos, etc.)

Assim comparando os elementos de planejamento dos ecossistemas industriais amplamente discutidos no capítulo 1 com o caso americano nota-se que, de acordo com Veiga (2007) e Fragomeni (2005), um grande problema na consolidação destes arranjos foi justamente a falta de planejamento adequado de longo prazo. Um segundo problema apontado foi a dificuldade de atrair indústrias para o arranjo devido às normas, códigos de conduta e convenções em vigor nos ecossistemas industriais. As novas indústrias deveriam se adequar às exigências e restrições das convenções para poderem integrar o arranjo, isto contribuiu para afastar possíveis interessados.

A conclusão do estudo foi que, apesar de vários anos terem se passado desde o lançamento dos primeiros projetos piloto e o desenvolvimento dos ecossistemas industriais nos EUA terem se consolidado como um instrumento para a promoção do desenvolvimento sustentável, as sinergias de resíduos ainda precisa avançar (VEIGA, 2007).

Outro estudo realizado sobre o desenvolvimento nos EUA, por Heeres *et al.* (2004) focou em três das iniciativas implementadas: *Cape Charles, Virginia; Brownsville, Texas e Fairfield, Maryland*. Segundo Heeres *et al.* (2004), nestes três projetos o foco maior está nos fatores econômico e social, visto que existe uma preocupação maior em empregar a mão de obra local. A participação ativa da comunidade e de organizações não governamentais em cooperação com o setor público é um fator comum desde o início da etapa de planejamento, que tem contribuído para o sucesso destes projetos. Cabe destacar que no caso americano a participação do setor privado se sobrepõe à participação do setor público, talvez pelo fato de que as empresas americanas parecem ser mais “desconfiadas” quanto às ações conduzidas pelo governo. Uma característica interessante no caso dos ecossistemas industriais dos Estados Unidos é que estes geralmente estimulam fortemente a participação das comunidades locais e das ONGs nos seus processos de planejamento (VEIGA, 2007).

Quanto aos aspectos de sinergia entre os resíduos, eficiência energética e reuso de água, estes foram considerados desde a fase inicial de planejamento apenas em *Brownsville e*



*Fairfield*. A existência de convenções e códigos de conduta restringindo impondo condições e restrições às indústrias para se instalarem e operarem no ecossistema industrial como explicitado tem dificultado a entrada de novas indústrias. O estudo destacou algumas características comuns às três iniciativas: estímulo inicial por parte dos governos local e regional, projeto financiado pelos governos local e regional, estímulo à participação ativa da comunidade e de organizações não governamentais em cooperação com os governos local e regional em todas as etapas desde o início do projeto, ausência de indústria âncora (VEIGA, 2007).

Quanto aos problemas encontrados nestes projetos cabe destacar a falta de interesse de algumas indústrias em investir no desenvolvimento de sinergias de resíduos, por considerá-las arriscadas e a falta de confiança de algumas indústrias na continuidade do suporte oferecido pelo governo local (VEIGA, 2007).

Dentre as iniciativas de ecossistemas industriais existentes nos Estados Unidos percebe-se que a maior parte dos projetos estão sendo conduzidos por iniciativa do setor público em parceria com o setor privado, e quase sempre com a participação da universidade ou de alguma instituição de pesquisa. A comunidade local, a seu turno, também vem sendo parceira em muitas destas iniciativas. Quanto ao financiamento observa-se que a maior parte dos projetos está sendo financiado pelo setor público em parceria com o setor privado (LEHTORANTA *et al.*, 2011).

### 2.3. Convergência da revisão de literatura: exposição das variáveis

Ao analisar detalhadamente os estudos de caso apresentados nesta pesquisa nota-se de forma bastante clara a interferência dos atores apresentados no capítulo 1, como: governos, iniciativa privada e legislações de modo a estimular a criação dos ecossistemas industriais.

Na Inglaterra, observa-se que as melhores práticas ambientais se deram a partir de uma combinação de fatores que permitiram a criação de meios adequados de preservação e conservação do meio ambiente (VEIGA, 2007). A partir do desenvolvimento de **documentos legislativos** que instituíram o conceito de resíduos, e descreveram a necessidade institucional de se regulamentar sua gestão, recuperação, reutilização e reciclagem foram obtidos sensíveis avanços na proteção ambiental. A **Política Nacional de Resíduos**, a seu turno, também colaborou para os ganhos ambientais assistidos no país. A partir de instrumentos e metas para a redução do impacto da geração e gestão de resíduos. O **Imposto** sobre o Aterro (LT), o

Projeto de Protocolo de Resíduos (WPP) e o Programa Nacional de Simbiose Industrial (NISP) estão entre os principais projetos (MASSARD *et al.*, 2009).

O NISP como visto começou a ser **financiado** pelo governo do Reino Unido, também observa-se a presença de profissionais que incluem uma gama diversificada de materiais **detreinamento** e cursos, *workshops* e eventos para compartilhamento das melhores práticas (MOTTA, CARIJÓ, 2013).

O arranjo produtivo desenvolvido na Dinamarca indiscutivelmente é um ecossistema industrial singular, dotado de características próprias, que o tornam um ecossistema industrial bem estruturado, capaz de satisfazer todos os elementos indispensáveis para sua existência e perpetuação. Talvez por isso, o EI de Kalundborg seja frequentemente utilizado como objeto de análise da grande maioria dos trabalhos que tratam da Ecologia Industrial. Para fins desta pesquisa deve-se destacar que seu surgimento se deu a partir de cinco indústrias **emparceria** com **ogoverno** local, na tentativa de reduzir os custos operacionais e atender **alegislação ambiental**(VEIGA, 2007).

Neste arranjo produtivo, como visto a existência de legislação ambiental mais restritiva contribuiu para o desenvolvimento de sinergias e para a adoção de tecnologias de controle da poluição. As indústrias, por sua vez, desenvolveram um relacionamento baseado na **cooperação, integração, formação de parcerias, comunicação e sobretudo, confiabilidade**(MOTTA, CARIJÓ, 2013).

Na Holanda, o desenvolvimento de ecossistemas industriais é fortemente fomentado pelo governo, tanto através de suas políticas quanto financeiramente. O conceito de ecossistemas industriais foi introduzido no país em 1998 pelo governo federal através do Ministério da Economia. Uma característica fundamental dos ecossistemas industriais holandeses é que a comunidade não foi incentivada a participar do processo de desenvolvimento dos arranjos, ficando este processo restrito somente aos atores diretamente envolvidos (**indústrias, governo, agências e universidades**).

Deve-se ressaltar ainda que ao analisar que a implementação dos ecossistemas industriais só foi viabilizada na Holanda a partir da participação ativa das indústrias e a presença das **associações das indústrias** em todas as etapas do projeto.

O caso da França torna-se relevante ao trabalho, uma vez que os pressupostos de criação dos ecossistemas industriais se consolidaram a partir da ação dos setores público e privado que propuseram o PALME, que mais adiante tornou-se o rótulo dos ecossistemas industriais na França. O projeto visa gestão ambiental cooperativa. Neste sentido repisa-se a

teoria descrita por GIANNETI (2006) que cita como variável fundamental na criação destes arranjos produtivos a **parceria** entre setores público e privado.

A Suíça desde 2008 vêm demonstrado um grande comprometimento com a pauta ambiental. Diversos instrumentos tem sido implementados no intuito de ampliar a preservação e conservação do meio ambiental. Pode-se destacar o avanço do país no que tange a **legislação ambiental**, que em diversos documentos normativos, como: leis federais e municipais visam promover a simbiose industrial. Destaque para a lei municipal de Genebra, que assim preleciona: *"Ao Estado cabe facilitar possíveis sinergias entre atividades econômicas, a fim de minimizar seus impactos ambientais."*

O caso mais emblemático que envolve os atores pertencentes ao macroambiente de emergência dos ecossistemas industriais é os Estados Unidos. Sem dúvidas, o pontapé inicial foi dado pelo governo, através da agencia ambiental americana, que financiou e financia diversos projetos voltados a sustentabilidade dos processos produtivos. No entanto alguns fatores ocasionaram a redução dos ganhos sociais, ambientais e econômicos que poderiam ser extraídos dos ecossistemas industriais.

Questões como falta de planejamento adequado e excesso de rigor normativo desestimularam algumas empresas, e assim, reduziram-se os ganhos advindos destes arranjos produtivos. No entanto, questões como participação maciça da comunidade, presença do governo, pesquisas desenvolvidas nas universidades e integração entre industrias vem criando um ambiente favorável a emergência dos ecossistemas industriais, de modo, que em um futuro próximo, acredita-se que os impactos positivos advindos destes novos arranjos produtivos serão cada dia maiores.

A partir dos estudos de caso apresentados, nota-se a influência de diversos atores na promoção dos ecossistemas industriais como meio de alcançar o desenvolvimento sustentável. Em vários outros países, como: Índia, China, Japão, Espanha, e Finlândia, são vistos notáveis avanços na formação destes arranjos produtivos, ocasionados, em grande parte, pela integração das políticas públicas traçadas pelos governos, da legislação vigente no ordenamento jurídico e da organização das firmas, que desempenham papel importante na prospecção dos ecossistemas industriais (LEHTORANTA *et al.*, 2011).

Adicionalmente O Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP) tem promovido de forma substancial o desenvolvimento de meios de produção e consumo sustentáveis, a partir de mecanismos como a simbiose industrial e os ecossistemas industriais (LEHTORANTA *et al.*, 2011).

O relatório elaborado pelas Nações Unidas em Johannesburg no ano de 2012 sugere que estes sistemas industriais podem representar a integração das dimensões econômicas, ecológicas e sociais do desenvolvimento sustentável. As Diretrizes do UNEP para os Programas Nacionais sobre Consumo e Produção Sustentáveis, também citam a Ecologia Industrial como uma forma de promover a produção sustentável (PNUD, 2008). A ONU indica o reconhecimento de vários estudos, impulsionados pela necessidade de se obter, o quanto antes, mecanismos de produção menos agressivos ao meio ambiente têm sido realizados. Muitos destes estudos tratam sobre as diretrizes para a construção de ecossistemas industriais ou a conversão de parques industriais já existentes em ecossistemas industriais, de modo a alcançar uma produção mais limpa, respeitando os limites físicos do meio ambiente (PNUD, 2008).

#### 2.4. O modelo analítico

A revisão de literatura realizada, a partir de autores como: Lowe (2001), Massard *et al.* (2009), Lehtoranta *et al.* (2011), Giannetti (2006) entre outros, evidencia que a partir dos atores envolvidos na criação dos ecossistemas industriais, existem alguns elementos essenciais, que incentivam a formação destes arranjos produtivos. Assim após verificar vários casos de emergência dos ecossistemas industriais, nota-se a influência destes diversos atores envolvidos na formação destes arranjos. Como visto em países como Inglaterra, Dinamarca, Holanda, França, Suíça e Estados Unidos, há uma combinação de fatores, que envolve: governos, legislações, e integração de indústrias, que propiciam a formação dos ecossistemas industriais, de modo a gerar maior eficiência na produção, com inúmeros ganhos ambientais, econômicos e sociais. Esta combinação de fatores está descrita no quadro 6, abaixo:

**Quadro 6: Principais mecanismos de incentivos aos EI, de acordo com o elemento do Macroambiente.**

Elemento do Macroambiente	Mecanismo	Sustentação na literatura internacional
<b>Âmbito das Iniciativas Públicas</b>	1. Tributação	Lehtoranta (2011), Massard (2009), Veiga (2009)
	2. Incentivos governamentais	Lowe (2001), Chertow (2009), Veiga (2009)
	3. Eliminação subsídios perversos	Frischtak (2010), Veiga (2009), Lowe (2001)
	4. Financiamento	Giannetti (2006), Lehtoranta (2011)
	5. Políticas sobre resíduos	Lowe (2001), Massard (2009)
	6. Política de Inovação	Fragomeni (2005), Hermosilla (2010)

	7.Certificação	Lowe (2001), Massard (2009)
	8.Educação ambiental	Lehtoranta (2011), Massard (2009),
	9. Parcerias	Massard (2009), Giannetti (2006)
	10. Pesquisas	Lehtoranta (2011), Giannetti (2006)
	11. Licenças Ambientais	Massard (2009), Lowe (2001)
	12.Treinamento	Giannetti (2006), Lehtoranta (2011)
<b>Âmbito da Iniciativa Privada</b>	1. Organização da cadeia produtiva	Cohen-Rosenthal (2003), Jelinski (2002)
	2. Inovação	Hermosilla (2010), Lowe (2001)
	3. Treinamentos dos agentes envolvidos.	Giannetti (2006), Lowe (2001)
<b>Âmbito Legal</b>	1. Legislação ambiental Federal, comum a todos os Estados	Massard (2009), Lehtoranta (2011), Fragomeni (2005)
	2. Legislação ambiental específica (regional)	Massard (2009), Costa (2002), Fragomeni (2005)
	3. Legislação sobre resíduos	Lowe (2001), Lehtoranta (2011)
	4. Decretos, portarias, medidas provisórias e demais resoluções com efeitos legais	Massard (2009), Lowe (2001)

Fonte: Elaboração própria

Nota: [1] De acordo com o dicionário, Mecanismo é “combinação de órgãos ou de peças dispostas de forma a obter-se um determinado resultado” (PRIBERAM, 2013). Isso é coerente com parte do que se busca para formar o modelo: as variáveis do macroambiente que contribuem para a emergência de ecossistemas industriais

Cada um dos mecanismos será detalhado nas próximas seções organizadas por âmbito, conforme o modelo.

#### 2.4.1. Mecanismos do Âmbito das Iniciativas Públicas

Vários autores apostam em iniciativas provenientes dos governos como meios de contribuir para o desenvolvimento dos ecossistemas industriais. Deve-se destacar que as estratégias de ação possíveis são muitas, haja vista a enorme capacidade dos governos de construir mecanismos destinados a promover um melhor aproveitamento dos resíduos, e também a integração ambiental, econômica e social. Assim os governos desempenham importante papel na construção destes novos arranjos produtivos. Alguns elementos de ação são expostos a seguir.

**1) Tributação:** Aspectos relativos à tributação devem ser amplamente considerados. Inicialmente deve-se ter em mente que este campo engloba os impostos diretos e indiretos, as taxas e contribuições pagas ao governo. Estes são bastante eficazes para incentivar a gestão eficiente dos recursos, haja vista que através da tributação o Estado pode onerar em maior proporção setores com alto grau de poluição, incentivando setores menos poluentes. Ainda, a partir do mecanismo de tributação, o Estado pode aliviar os tributos de firmas que utilizam

subprodutos como fontes de matérias primas, incentivando o reaproveitamento, entre outras ações (LEHTORANTA *et al.*, 2011).

**2) Incentivos Governamentais:** Esta é uma variável extremamente ampla a ser considerada. Os meios usuais de incentivos são através de doações, como estrutura física e equipamentos, através de subsídios e financiamentos. Para Lowe (2001, p. 246): “as políticas tem de incentivar o desenvolvimento completo de sistemas de recuperação de recursos e na eliminação contínua da dependência de aterros e incineradores como o principal meio de lidar com rejeições.” Tal afirmativa evidencia o papel fundamental dos incentivos governamentais em promover a reutilização dos resíduos gerados na produção.

Exemplos de incentivos são vistos em todo o mundo de forma bastante recorrente, porém em 2004 o governo chinês, juntamente com iniciativa privada promoveu um grande programa para gestão de resíduos e eficiência energética, sendo este uma parte integrante do projeto chamado de: “Área de Desenvolvimento Econômico-Tecnológico” (TEDA)<sup>15</sup>, que visa minimizar os efeitos da poluição que acompanha o crescimento industrial acelerado visto na China. Este projeto conta com grandes incentivos do governo chinês para promover avanços ambientais e econômicos (CHERTOW *et al.*, 2007).

**3) Eliminação de Subsídios Perversos:** Em linhas gerais, expressa a necessidade de se haver uma mudança nos setores subsidiados pelo governo, para que somente indústrias comprometidas com o desenvolvimento sustentável, a partir do uso racional dos recursos possam obter esses benefícios, tal instrumento prevê que setores que utilizam materiais virgens tirados do meio ambiente não sejam subsidiados (FRISCHTAK, 2010).

**4) Financiamentos:** Expressa os recursos repassados pelo Governo, por intermédio de programas e políticas públicas com o intuito de favorecer o desenvolvimento dos ecossistemas industriais. Exemplos de programas financiados pelo Governo podem ser vistos em diferentes lugares pelo mundo. Pode-se considerar o *National Industrial Symbiosis Programme* (NISP), realizado na Inglaterra, cujo objetivo é disseminar a simbiose industrial entre as firmas como um exemplo do mecanismo (MASSARD *et al.*, 2009).

**5) Políticas Sobre Resíduos:** Inserem-se no rol dos instrumentos públicos mais importantes na disseminação dos ecossistemas industriais como meio alternativo à produção. Em nível supranacional existem inúmeros tratados que versam sobre esta temática. A União Européia (UE) tem realizado grandes avanços nesta área, e países como: Portugal, Inglaterra

---

<sup>15</sup> Economic-Technological Development Area (TEDA).

Suíça e Dinamarca, além de políticas públicas e legislação própria sobre este assunto, vêm seguindo as diretrizes traçadas pela UE no tratamento dos resíduos (MASSARD *et al.*, 2009).

**6) Políticas de Inovação:** O elemento de ação estratégica dos governos a esta variável carrega como instrumento central o desenvolvimento da chamada eco-inovação<sup>16</sup>, que se apresenta como uma solução para o sistema econômico em longo prazo, pois preconiza a capacidade do sistema em se manter economicamente viável e ambientalmente eficiente. Os governos podem encorajar a sua expansão por meio de uma variedade de mecanismos, incluindo subsídios, incentivos, e soluções institucionais, de modo a reduzir impactos ambientais (HERMOSILLA *et al.*, 2006).

**7) Certificação:** A questão que envolve a certificação é bastante importante de ser analisada. Conforme exposto por Lowe (2001), este mecanismo se reveste como um incentivo para que as indústrias adéquiem sua produção de acordo com as práticas da sustentabilidade. Neste sentido as firmas ao incorporarem as questões ambientais em sua agenda, e aplicar os conceitos advindos da economia ecológica, elas não apenas produzem efeitos positivos para o meio ambiente como também aumentam às possibilidade de sinergias entre as demais indústrias, podendo-se obter inúmeros ganhos econômicos e sociais..

**8) Educação Ambiental:** Questões como educação ambiental, incentivadas através de programas governamentais de conscientização da população, que demonstrem a importância do uso racional dos recursos naturais, podem aprimorar a disseminação da lógica dos ecossistemas industriais, de modo que mais arranjos produtivos fossem surgindo (LEHTORANTA *et al.*, 2011).

**9) Parcerias:** Gianneti (2006), acredita ser um meio salutar de desenvolver esses arranjos produtivos, a partir de parcerias entre governos, iniciativa privada e universidades, de forma a criar um conjunto de iniciativas que podem levar, já no curto prazo, a ganhos ambientais e econômicos.

**10) Pesquisas:** A realização de pesquisas é fundamental na produção e reprodução destes arranjos produtivos. Conforme demonstrado pela revisão de literatura internacional, o incentivo dos governos a pesquisas, principalmente em processos produtivos, inovação e distribuição são meios importantes de formação dos ecossistemas industriais. A exemplo pode-se verificar o governo da Tanzânia, que em conjunto com pesquisadores da

---

<sup>16</sup> Eco-inovação é qualquer forma de inovação visando progressos demonstráveis e significativos para a meta de desenvolvimento sustentável, através da redução dos impactos sobre o ambiente ou de um uso mais eficiente e responsável dos recursos naturais, incluindo a energia (Comissão Europeia, 2007).

Universidade de *Dar es Salaam*, encontraram na produção de ácido cítrico e ácido láctico, a reutilização de 98% da biomassa descartada na produção de sisal (GIANNETTI, 2006).

**11) Licenças Ambientais:** Aprimorar os mecanismos de emissão de licenças ambientais, através de instrumentos mais rigorosos, conforme tratado por Massard (2009) e Lowe (2001) pode representar ganhos ambientais, e incentivos a criação de arranjos produtivos ambientalmente amigáveis.

**12) Treinamento:** Realizar treinamento de funcionários, a partir de sindicatos, e organizações, com o propósito de adequar a produção de forma a estimular a eficiência e controlar o desperdício, focado na reutilização de subprodutos, também são mecanismos propulsores dos ecossistemas industriais (GIANNETTI, 2006).

#### **2.4.2. Mecanismos no Âmbito da Iniciativa Privada**

De acordo com a revisão de literatura realizada, torna-se fundamental descrever os principais meios, provenientes da iniciativa privada, relacionados com o desenvolvimento dos ecossistemas industriais, que permitem a sua consolidação e difusão. Estes elementos são elencados a seguir.

**1) Organização da Cadeia Produtiva:** Remete para a importância de desenvolver mecanismos que possibilitem a troca de informações entre as firmas participantes, no intuito de gerar ganhos econômicos e ambientais entre as empresas envolvidas. A organização torna-se fundamental para o desenvolvimento destes arranjos produtivos, e deve ser aprimorada constantemente pelas firmas que almejam a cooperação (GIANNETTI, 2006).

Cohen-Rosental (2003, p. 19) acredita que:

(...) uma comunidade de negócios que cooperam entre si e com a comunidade local com o objetivo de compartilhar eficientemente recursos (informação, materiais, água, energia, infra-estrutura e habitat natural), levando a ganhos econômicos, ganhos em qualidade ambiental e ampliação equitativa dos recursos humanos para os negócios e a comunidade local.

Assim observa-se que o desenvolvimento do arranjo produtivo, causado, principalmente, pela organização da cadeia produtiva gera inúmeros benefícios de longo prazo as empresas participantes, ocasionando um maior bem estar econômico, social e ambiental.

**2) Inovação:** Autores como Lowe (2001), Hermosilla (2006) e Massard (2009), sustentam a ideia de que políticas industriais que fomentam a inovação podem levar a ganhos ambientais, a partir da reutilização de recursos e redução da poluição. Tais políticas quando



implementadas de forma correta, geram externalidades positivas aos agentes envolvidos promovendo a racionalização do uso dos recursos naturais, e, portanto melhoria das condições ambientais.

**3) Treinamento dos Agentes Envolvidos:** Conforme explicado por Giannetti (2006), refere-se ao fato de que o sucesso de implementação destes arranjos produtivos depende da colaboração entre as instituições públicas, as empresas envolvidas e de uma nova visão por parte dos trabalhadores. Inicialmente o processo de implementação poderá acarretar alguns custos adicionais, como o custo para treinamento de pessoal, o que pode causar relutância para sua consolidação, assim cabe aos órgãos públicos, às empresas, aos sindicatos e as universidades oferecer o treinamentos adequados aos trabalhadores.

#### **2.4.3. Mecanismos no Âmbito Legal**

A discussão acerca do arcabouço regulatório é extremamente abrangente e importante, não só pelo fato de estar diretamente ligada a formação dos ecossistemas industriais, mas também por estar amplamente vinculada a todos os elementos que compõe estes arranjos produtivos, em especial, sociedade, firmas, governos, e demais instituições, estão intimamente relacionadas aos aspectos normativos, uma vez que todos os segmentos, indiscriminadamente, são hierarquicamente submissos ao ordenamento jurídico vigente.

Muitos juristas acreditam que dificilmente uma sociedade irá evoluir e demonstrar respeito aos concidadãos, se o modelo de governo não instalar um Estado Democrático de Direito, onde todos, sem distinção alguma, são abrangidos pelas leis, recebendo dessas, as proteções e as devidas sanções (BARBOSA, 2013).

É neste contexto, de grande importância e responsabilidade, que os mecanismos legais devem ser tratados. A seguir segue breve explanação dos mesmos.

**1. Legislação ambiental Federal, comum a todos os Estados e 2. Legislação ambiental específica (regional):** Instrumentos normativos possuem grande relação com a preservação e conservação do meio ambiente, haja vista, que através do processo legislativo surgem dispositivos legais capazes de influenciar, firmas e sociedade a reduzir os impactos de suas ações no meio ambiente (FRAGOMENI, 2005).

**3. Legislação sobre resíduos:** Há determinado consenso na literatura internacional, em explicar a emergência dos ecossistemas industriais a partir de aspectos legislativos que englobam a reutilização dos resíduos na produção, a partir de legislação específica sobre o tratamento de resíduos. Casos como a Suíça, que a partir de Leis federais, estaduais e

municipais realiza um trabalho contundente no reaproveitamento de subprodutos, de forma a possibilitar sinergias entre as empresas, gerando um bem estar econômico e ambiental, são recorrentes na literatura (MASSARD *et al.*, 2009).

**4. Decretos, portarias, medidas provisórias e demais resoluções com efeitos legais:** Aspectos legais relacionados a decretos, portarias e medidas provisórias também são importantes na formação dos ecossistemas industriais, uma vez que através destes instrumentos surgem fontes de financiamento para estes arranjos produtivos. Deste modo surgiu o NISP, programa britânico de Simbiose Industrial, financiado a partir de Decreto Federal que instituiu um fundo específico para seu custeio e aprimoramento (MASSARD *et al.*, 2009).

A análise conjunta dos mecanismos apresentados permite-nos elencar elementos convergentes entre os enfoques teóricos abordados no primeiro capítulo e o modelo acima delineado. O Quadro 7 ilustra o esforço de frisar os elementos convergentes entre o Macroambiente de emergência dos ecossistemas industriais e as características específicas destes arranjos como: fechamento de ciclo (*roundput*), integração, reuso de matéria e energia, troca de *by products* entre outras, no intuito de verificar se tais mecanismos estão, de fato, impulsionando o desenvolvimento destes arranjos produtivos.

Diante dos estudos prévios realizados, em especial, sobre a problemática da ecologia industrial, ecossistemas industriais e o Macroambiente de sua formação, pode-se compreender desde logo que tais abordagens são complementares e interligadas, na medida em que aspectos chaves, como seus objetivos, princípios, estratégias de ação e características se assemelham. A abordagem geral do Macroambiente, que leva em consideração atores como Governos, Iniciativa Privada e Legislação, possuem instrumentos com finalidades similares, no sentido de explorar as sinergias, a cooperação e a integração entre agentes rumo a um padrão de desenvolvimento que gere impactos cada vez menores sobre o meio ambiente natural. Ao descrever os principais elementos inseridos no Macroambiente de análise dos ecossistemas industriais, observa-se a grande importância que estes representam em sua emergência, estruturação e consolidação. Assim torna-se importante o esforço de analisar como estes elementos estão incentivando a simbiose industrial e conseqüentemente a formação dos ecossistemas industriais no Brasil.

**Quadro 7: Elementos Convergentes Entre o Macroambiente de Emergência dos Ecossistemas Industriais e Suas Características.**

Elemento do Macroambiente	Mecanismo	Detalhamento	Características Buscadas para Emergência de um Ecossistema Industrial
<b>Âmbito Governamental</b>	1.Tributação	Redução de custos, imposição de impostos adicionais,	Crescimento integrado/ redução de impactos ambientais;
	2.Incentivos governamentais	Ações de desenvolvimento do arranjo, fonte de recursos.	
	3.Eliminação subsídios perversos	Incentivo a setores menos poluentes	
	4.Financiamento	Liberação de crédito, instituição de programas financiados pelos governos.	Fechamento do ciclo/roundput;
	5.Políticas sobre resíduos	Tratamento adequado dos resíduos	
	6.Política de Inovação	Estímulo a inovação, com novos produtos menos poluentes	Desenvolvimento espacial;
	7.Certificação	Incentivo a práticas sustentáveis	
	8.Educação ambiental	Conscientização através de campanhas de toda a população	Integração entre economia-ambiente-sociedade;
	9. Parcerias	Vínculo institucional com universidades, entidades de classe e indústrias de modo a estimular o arranjo.	
	10. Pesquisas	Estímulo permanente a pesquisa e desenvolvimento	Reciclagem de Matéria e Energia;
	11. Licenças Ambientais	Reorganizar a emissão de licenças	
	12.Treinamento	Incentivar a capacitação profissional de modo a reduzir o desperdício	
<b>Âmbito da Iniciativa Privada</b>	1. Organização da cadeia produtiva	Aumentar as trocas de informações e produtos	Troca de <i>by-products</i> , <i>inputs</i> , <i>outputs</i> , informação, etc.;
	2. Inovação	Estimular o investimento em pesquisas	
	3. Treinamentos dos agentes envolvidos.	Capacitar funcionários, gestores, empresários e demais membros da cadeia.	Visão sistêmica e de longo prazo;
<b>Âmbito Legal</b>	1. Legislação ambiental Federal, comum a todos os Estados	Constituição Federal (art.225), leis ordinárias e complementares.	
	2. Legislação ambiental específica (regional)	Normas estaduais e municipais	Cooperação;
	3. Legislação sobre resíduos	Política Nacional de Resíduos Sólidos	
	4. Decretos, portarias, medidas provisórias e demais resoluções com efeitos legais	Instrumentos normativos que possuem relação com a preservação, conservação e uso racional dos recursos naturais.	Multiplicidade.

Fonte: Elaboração Própria

### **Capítulo 3. O Macroambiente de emergência dos ecossistemas industriais no Brasil**

A partir da revisão de literatura internacional houveram indicativos das iniciativas desenvolvidas em âmbito mundial que visam à promoção dos ecossistemas industriais. Utilizando-se os casos analisados como referência, pode-se extrair um conjunto de ações, provenientes dos mecanismos inseridos no macroambiente de emergência dos EI, que visam à promoção da simbiose industrial. Busca-se, entretanto, uma convergência entre o referencial teórico apresentado no primeiro capítulo e a análise que será realizada neste, no intuito de abarcar as iniciativas provenientes de todos os elementos do macroambiente (legislação, iniciativa pública e iniciativa privada).

Os mecanismos que serão analisados ao longo desse capítulo foram selecionados após uma leitura detalhada de sua relação com a Ecologia Industrial, e sobretudo com a abordagem dos ecossistemas industriais. Vale destacar que antes da seleção dos documentos analisados, chegou-se a estudar algumas políticas executadas ou em execução pelos governos, como o Plano de Aceleração do Crescimento (PAC), em âmbito federal, o Plano de Ação Integrada (PAI), em âmbito estadual – Estado de Goiás (seria usado como referência de políticas regionais) – e em nenhum deles foram encontrados elementos que traduzissem de forma consistente as características da Ecologia Industrial. No âmbito legislativo, pode-se dizer que conforme descrito no trabalho de Rech e Sparemberg (2005)<sup>17</sup>, o Brasil conta com um arcabouço legal extremamente abrangente, mas algumas legislações pouco eficazes, como o caso da Lei Brasileira dos Ecossistemas, da Lei 9985/00 que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, por isso estas não foram analisadas, uma vez que não representam mecanismos indutores dos ecossistemas industriais.

Este capítulo se dividirá em quatro seções. Na primeira seção, será abordada a questão das legislações. Conforme descrito no quadro 7, os mecanismos inseridos dentro deste elemento são: Legislação ambiental Federal, comum a todos os Estados; Legislação ambiental específica (regional); Legislação sobre resíduos; Decretos, portarias, medidas provisórias e demais resoluções com efeitos legais. Em razão da extensão dos documentos legislativos existentes, e da finalidade que se buscava com os mesmos<sup>18</sup> a pesquisa limitou-se a analisar pormenorizadamente somente aspectos que envolvem a legislação ambiental federal e a

---

<sup>17</sup>Vide A Eficácia da Lei Brasileira na Proteção de Ecossistemas como Requisito Para Conservação da Diversidade Biológica

<sup>18</sup>Promoção dos ecossistemas industriais

legislação sobre resíduos. Assim os documentos legais analisados foram: Política Nacional do Meio Ambiente (1981), Constituição Federal (1988) (CF/88), Lei de Crimes Ambientais (1998) e Política Nacional de Resíduos Sólidos (2010).

Na segunda seção, à luz do quadro 7 serão discutidos diversos mecanismos inseridos no elemento Iniciativas Públicas que promovem a simbiose industrial. A título de revisão deve-se ressaltar que aspectos de Tributação; Incentivos; Eliminação de Subsídios perversos; Financiamento; Políticas sobre resíduos; Política de inovação; Políticas energéticas; Educação ambiental; Parcerias; Pesquisas; Licenças ambientais e Treinamento foram os elementos buscados nas políticas analisadas. Os programas analisados estão em execução no Ministério do Meio Ambiente (MMA), e Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e foram selecionados por conterem elementos indicativos da Economia Ecológica, são estes: Plano de Produção Integrada desenvolvido pelo MAPA. Plano de Governança Ambiental e Plano Nacional de Resíduos Sólidos, em execução no MMA. Também foi realizada análise crítica do plano “Cidades Sustentáveis” também em execução no MMA.

Na seção 3, será apresentado o elemento iniciativa privada, em que estão inseridos os mecanismos de: Organização da cadeia produtiva; Inovação e Treinamento dos agentes envolvidos. Assim será realizada uma análise dos principais elementos do Programa Brasileiro de Simbiose Industrial, que é um projeto que se iniciou na Federação das Industriais de Minas Gerais (FIEMG), a partir do Programa Mineiro de Simbiose Industrial e se estendeu a nível nacional, e o programa Bolsa de Resíduos em execução no Rio de Janeiro.

Na seção 4, haverá o esforço em demonstrar como as ações apresentadas neste capítulo se traduzem em incentivos às características dos ecossistemas industriais. Para isso será trabalhado o quadro 10 que sintetiza às informações.

Na seção 5, há um ensaio crítico com alguns ecossistemas industriais existentes no país como: centro industrial avançado de Macaíba (RN); Miniúsinas de álcool integradas (SP); Indústria de carvão e curtumes (RS/SC); ecossistema industrial de Santa Cruz (RJ); e cidade industrial de Curitiba e Araucária (PR).

Abaixo segue o quadro 8, que sintetiza o capítulo, evidenciando os elementos do macroambiente, os mecanismos utilizados e as ações concretas derivadas desses mecanismos.

## Quadro 8: mecanismo do macroambiente e suas ações concretas para incentivar os EI

Elemento do Macroambiente	Mecanismo	Ações
<b>Âmbito da Iniciativa Pública</b>	1.Tributação	Plano de governança ambiental em execução no Ministério do Meio Ambiente <sup>19</sup> / <b>CIAM</b> <sup>20</sup>
	2.Incentivos governamentais	Plano nacional de resíduos sólidos do Ministério do Meio Ambiente/ <b>Cidade Industrial de Curitiba e Araucária</b>
	3.Eliminação subsídios perversos	Mencionado na lei 6938/81, e na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/10)
	4.Financiamento	Plano nacional dos resíduos sólidos/ <b>EI de Santa Cruz</b>
	5.Políticas sobre resíduos	Plano de produção integrada do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/ <b>CIC</b> <sup>21</sup>
	6.Política de Inovação	Programa cidades sustentáveis em execução no Ministério do Meio Ambiente. <b>EI de Santa Cruz</b>
	7.Certificação	Programa de produção integrada em execução no Ministério da Agricultura Pecuária e Irrigação
	8.Educação ambiental	Programa cidades sustentáveis em execução no Ministério do Meio Ambiente/ <b>EI de Santa Cruz</b>
	9. Parcerias	Plano nacional de resíduos sólidos do Ministério do Meio Ambiente/ <b>EI de Santa Cruz</b>
	10. Pesquisas	Plano de governança ambiental em execução no Ministério do Meio Ambiente/ <b>MUAIS</b> <sup>22</sup>
	11. Licenças Ambientais	Plano de governança ambiental em execução no Ministério do Meio Ambiente, Lei 6938/81
	12.Treinamento	Plano nacional dos resíduos sólidos do Ministério do Meio Ambiente/ <b>EI de Santa Cruz</b>
<b>Âmbito da Iniciativa Privada</b>	1. Organização da cadeia produtiva	Programa Brasileiro de Simbiose Industrial Programa Bolsa de resíduos/ <b>EI de Santa Cruz</b>
	2. Inovação	Programa Brasileiro de Simbiose Industrial
	3. Treinamentos dos agentes envolvidos.	Programa de cursos e treinamento da Federação das Indústrias de Minas Gerais
<b>Âmbito Legal</b>	1. Legislação ambiental Federal, comum a todos os Estados	Constituição Federal (art.225), lei 6938/81; lei 9605/98 e 12305/10.
	2. Legislação ambiental específica (regional)	Não utilizadas
	3. Legislação sobre resíduos	Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12305/10)
	4. Decretos, portarias, medidas provisórias e demais resoluções com efeitos legais	Portaria 443/2011 do ministério do desenvolvimento, indústria e comércio exterior e Decreto 44.819 do governo de Minas Gerais que institui a Fundação Estadual do Meio ambiente

Fonte: elaboração própria a partir de consultas nos sites do MMA, MAPA, FIEMG E FIES

19

As políticas de Compensação Ambiental estão fundamentadas no princípio do poluidor-pagador, o qual estabelece que os custos e as responsabilidades resultantes da exploração ambiental dentro do processo produtivo deverão ser arcados pelo agente causador do dano (MMA, 2013).

<sup>20</sup>Centro Industrial Avançado de Macaíba

<sup>21</sup>Cidade Industrial de Curitiba e Araucária

<sup>22</sup>Mini Usinas de Alcool Integradas

### **3.1. Âmbito legislativo: Evolução da política ambiental e dos instrumentos de gestão ambiental no Brasil: análise das Leis 6.938/1981, CF/88, 9.605/1998 e 12.305/2010.**

Nesta seção inicialmente serão realizadas considerações acerca da Política Nacional do Meio Ambiente, publicada no decreto lei nº 6.938/81. Apesar de haver instrumentos normativos anteriores, a referida lei pode ser considerada um marco à proteção ambiental no Brasil. Posteriormente serão tecidas considerações acerca da CF/88, não só pela incorporação efetiva da necessidade de preservação e conservação do meio ambiente nela contida, mas também pelo fato de ser a norma maior em vigência no ordenamento jurídico pátrio. A seguir serão especificadas algumas questões inerentes a Lei 9.605/98 que trata dos crimes ambientais, e por fim, serão discutidos os principais pontos inseridos na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), recentemente publicada.

#### **3.1.1. Contextualização histórica: O surgimento da Política Nacional do Meio Ambiente**

Os efeitos da poluição ambiental provocada pelas indústrias, perceptíveis desde a Revolução Industrial, começaram a acirrar-se a partir de 1960 com a intensificação do processo de industrialização. Em 1972, a Conferência das Nações Unidas, em Estocolmo, suscitou o debate mundial sobre as questões ambientais. Desencadeou-se na década de 1970 um processo de estruturação institucional e de formulação de políticas ambientais em diversos países, nesta fase sob uma ótica essencialmente corretiva. Prevalcia a aplicação de instrumentos de comando-e-controle pelo setor público e o atendimento aos padrões ambientais através da implantação de tecnologias (ex: instalação de filtros em chaminés ou construção de estações de tratamento de efluentes) pelas indústrias (MOTTA *et al.*, 2013).

Nos anos 1980 as políticas ambientais do Brasil assumem um enfoque preventivo, quando então são introduzidos instrumentos da gestão ambiental pública com o objetivo de auxiliarem as tomadas de decisão governamental. Uma atuação calcada em um maior grau de planejamento passou a ser exercida a partir deste novo contexto (MAGRINI, 2001). Complementarmente, o setor industrial também passou a enxergar a necessidade de mudar sua postura perante a sociedade, e instrumentos de gestão privada passaram a ser desenvolvidos na esfera empresarial. Alguns acidentes ambientais marcaram a imagem das indústrias de forma muito negativa, impulsionando este processo (GAIO *et al.*, 2012).

No âmbito do planejamento governamental brasileiro, o primeiro documento oficial que expressou, de forma objetiva, seu interesse em ordenar a ocupação da atividade industrial, visando minimizar seus efeitos nocivos ao meio ambiente, foi o II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), publicado no final de 1974, para o período de 1975 a 1979. O III Plano Nacional de Desenvolvimento Econômico, para o período de 1980 a 1985, deu continuidade às metas do II PND, enfatizando a necessidade de execução de projetos para prevenir ou combater problemas ambientais relacionados com a poluição das águas e do ar, sobretudo no interesse da população dos maiores núcleos industriais e urbanos (CLARISSA et al., 2009).

Em relação à estruturação institucional, datam dos anos 1970 a criação a nível federal da SEMA – Secretaria de Meio Ambiente e de alguns órgãos de controle ambiental estaduais, como a FEEMA, no Estado do Rio de Janeiro. Em termos legais, o país já contava com alguns instrumentos reguladores anteriores mesmo aos anos 1970, tais como o Código de Águas, de 1934, a Lei de Proteção de Florestas, de 1965, a Lei de Proteção da Fauna, de 1967, dentre outras. Porém, foi somente em 1981 que sua Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) foi instituída, definindo diretrizes para as questões ambientais de forma sistemática e estruturada. Apesar dos vários instrumentos normativos relacionados à preservação e conservação do meio ambiente, pode-se tratar de modo mais destacado a Política Nacional do Meio Ambiente (1981) e a Lei de Crimes Ambientais (1998).

Criada no governo de José Figueiredo em 1981 a Política Nacional do Meio Ambiente, Lei 6.938/1981, traz em seu bojo uma série de elementos relacionadas à preservação e manutenção do equilíbrio ambiental. A referida lei surgiu numa época em que a preocupação com a disposição final dos resíduos aumentava em todo o mundo. Tais questões levaram ao desenvolvimento e à implementação de unidades de tratamento de poluentes – emissões atmosférica, efluentes líquidos e resíduos sólidos – com o objetivo de reduzir os poluentes antes do descarte no ambiente. Essas tecnologias para o tratamento e o controle dos resíduos no final do processo produtivo são conhecidas como tecnologias de fim-de-tubo ou *end-of-pipe*, muito incentivadas pela aludida lei (CLARISSA et al., 2009).

Logo no art. 2º observam-se os princípios que norteiam a política do meio ambiente. Quais sejam:

I - ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;

II - racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;



- III - planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;
- IV - proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas;
- V - controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;
- VI - incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;
- VII - acompanhamento do estado da qualidade ambiental;
- VIII - recuperação de áreas degradadas; (Regulamento)
- IX - proteção de áreas ameaçadas de degradação;
- X - educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.

A partir desses princípios observa-se que alguns dos conceitos e características provenientes da ecologia industrial e economia ecológica estão inseridos na referida lei. Questões como Visão sistêmica e de longo prazo, estão presentes dentre os princípios, bem como a Cooperação; e Integração entre economia-ambiente-sociedade, amplamente discutidas no referencial teórico, são tratadas pela Política Nacional do Meio Ambiente (MACHADO, 2002).

Neste sentido destaca-se os princípios que dizem respeito ao planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais, que representam a ideia de visão de longo prazo bastante presente na Ecologia Industrial, pode-se citar também o incentivo ao estudo e a pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional dos recursos, e o princípio que visa a integração da comunidade para participação ativa na defesa do meio ambiente, refletindo a ideia de cooperação tão recorrente na abordagem dos ecossistemas industriais.

No art. 9º da referida lei, são expostos os instrumentos utilizados para a consecução dos objetivos ambientais:

- I - o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental;
- IV - o licenciamento e a revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras;
- V - os incentivos à produção e instalação de equipamentos e a criação ou absorção de tecnologia, voltados para a melhoria da qualidade ambiental;
- XIII - instrumentos econômicos, como concessão florestal, servidão ambiental, seguro ambiental e outros.

Da análise dos aludidos dispositivos legais já se tem indicativos claros dos objetivos perseguidos pela política ambiental do Brasil. Aspectos como licenciamento e revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como incentivos à produção de equipamentos ou absorção de tecnologias voltadas para melhoria da qualidade ambiental, se enquadram nas iniciativas apontadas pela Ecologia Industrial para atingir o desenvolvimento sustentável.

Por fim, observa-se que a Lei 6.938/1981 já traz aspectos punitivos acerca do descumprimento da legislação ambiental. No art. 15 observa-se que

Art. 15. O poluidor que expuser a perigo a incolumidade humana, animal ou vegetal, ou estiver tornando mais grave situação de perigo existente, fica sujeito à pena de reclusão de 1 (um) a 3 (três) anos e multa de 100 (cem) a 1.000 (mil) MVR. (Redação dada pela Lei nº 7.804, de 1989)

Deste modo verifica-se que surgiu já nesta época a ideia de punição dos agentes causadores de danos ambientais. Tal tema ganhou ainda maior repercussão com a Lei de Crimes Ambientais analisada no tópico 3.1.3.

### **3.1.2. A CF/88**

No intuito de realizar uma contextualização histórica dos movimentos de preservação ambiental brasileiro, nota-se como de grande relevância a promulgação da carta constitucional de 1988, que de modo bastante destacado direcionou real atenção à proteção e conservação do meio ambiente.

Em seu artigo 23, incisos VI e VII a CF dispõem sobre a competência comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios para proteger o meio ambiente, combater a poluição em qualquer uma de suas formas e preservar as florestas, a fauna e a flora. Esta questão é importante pois coloca a proteção ambiental como competência de todos os entes da federação, ou seja, descentraliza aspectos ambientais no intuito de se alcançar resultados mais expressivos em preservação e conservação (MORAES, 2013).

O artigo 225 da CF que compõe o capítulo VI que trata sobre o meio ambiente, assim dispõe: *“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”*.

Deve-se ressaltar a influência que o Relatório Brundtland (1987), e o conceito de desenvolvimento sustentável elaborado pela WCED - *World Commission on Environmental Development*, exerceu sob a constituição publicada em 1988. Como já explicado anteriormente o conceito de desenvolvimento sustentável que emergiu dos diversos estudos acerca do tema desde a década de 1970 estabelece que “*desenvolvimento sustentável é assegurar a satisfação das necessidades do presente, sem comprometer a habilidade das futuras gerações de satisfazerem suas próprias necessidades*”. Observa-se, neste sentido a proximidade deste conceito com o estabelecido no artigo 225 da constituição da república brasileira, que prevê a necessidade do poder público e a coletividade defender e preservar o meio ambiente para as presentes e futuras gerações.

Salienta-se ainda, que conforme descreve Hoff (2008) as discussões que envolvem a sustentabilidade e o desenvolvimento sustentável advém da construção de um novo paradigma, que busca reduzir o desequilíbrio existente entre crescimento populacional, crescimento econômico, desenvolvimento, uso de recursos naturais e preservação do meio ambiente.

Assim, a Constituição de 1988 foi a primeira a tratar deliberadamente da questão ambiental. Foi também a primeira a empregar a expressão “meio ambiente”, sendo considerada uma das mais abrangentes e avançadas no mundo em matéria de tutela ambiental. Nos dizeres de José Afonso da Silva (2002) a “*Constituição de 1988 reflete a mudança de mentalidade nacional no tocante à necessidade de proteção do meio ambiente*”, impondo o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. Toma-se consciência de que a preservação de um ambiente sadio e ecologicamente equilibrado está intimamente ligada à preservação da própria espécie humana.

Ao realizar uma análise do chamado Direito Constitucional Ambiental, nota-se que algumas questões merecem maior atenção. Primeiramente deve-se ressaltar o fato de que as questões concernentes ao meio ambiente, diferentemente de outros ramos do direito, são de competência legislativa concorrente de todos os entes federados (união, estados e municípios). Isto em tese contribui para uma maior eficiência nas legislações ambientais (MORAES, 2013). Observa-se, ainda que na constituição foram definidas diretrizes gerais sobre a preservação do meio ambiente (conforme descrito no art. 225), igualmente foram estabelecidos princípios a serem seguidos e também foram abordadas questões de interesse nacional, como as formas de exploração dos recursos naturais e, aspectos punitivos para os

agentes que prejudicam o equilíbrio do meio ambiente, a partir do indicativo de penas a serem impostas sobre infratores (MORAES, 2013).

A seguir será tratada de forma mais detalhada os principais aspectos referentes à Lei nº 9.605/98 que dispõe sobre os crimes ambientais.

### 3.1.3. A Lei de Crimes Ambientais<sup>23</sup>

Com o advento da Lei 9.605/1998 (Lei de crimes ambientais), que dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, ganhou maior repercussão as questões de responsabilidade ambiental (LANFREDI, 2007).

Nas palavras de Lehtoranta *et al.* (2011), Massard *et al.* (2009) entre outros autores, o endurecimento das penalidades aplicadas aos agentes poluidores do meio ambiente são um grande incentivo a adoção de práticas ambientalmente amigáveis. Assim, a referida lei, a partir da imposição de duras penas aos agentes poluidores do meio ambiente, pode ser considerada um avanço no que tange a conservação ambiental.

O disposto no capítulo V que trata especificamente dos crimes contra o meio ambiente, seção III (Da Poluição e outros Crimes Ambientais) possui elementos que convergem para as características buscadas pelos ecossistemas industriais. O artigo 54 assim pontua. *In verbis*:

Art. 54. Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora:

Pena - reclusão, de um a quatro anos, e multa.

§ 1º Se o crime é culposo:

Pena - detenção, de seis meses a um ano, e multa.

§ 2º Se o crime:

---

<sup>23</sup> A Lei dos Crimes Ambientais (Lei 9.605/98) veio criminalizar a falta de precaução com relação ao dano ambiental ao dispor: “Incorre nas penas previstas no parágrafo anterior (reclusão de 1 a 4 anos e multa) quem deixar de adotar, quando assim o exigir a autoridade competente, medidas de “precaução” em caso de dano ambiental grave ou irreversível” (art. 54, parágrafo 3). Neste caso, o legislador usou a expressão “precaução”, embora não a tenha definido. Esta conceituação, sustenta Machado (2002), não é dada pela lei penal, devendo-se procura-la em textos internacionais e na doutrina, sendo certo que se trata do princípio da precaução, uma vez que as medidas a serem exigidas serão cabíveis “em caso de risco de dano ambiental grave e irreversível.” Segundo Derani (2001), “o princípio da precaução objetiva prevenir já uma suspeição de perigo ou garantir uma suficiente margem de segurança da linha de perigo. Busca o afastamento, no tempo e espaço, do perigo, na busca também da proteção contra o próprio risco e na análise do potencial danoso oriundo do conjunto de atividades. Sua atuação se faz sentir, mais apropriadamente, na formação de políticas públicas ambientais, onde a exigência de utilização da melhor tecnologia disponível é necessariamente um corolário”.

I - tornar uma área, urbana ou rural, imprópria para a ocupação humana;

II - causar poluição atmosférica que provoque a retirada, ainda que momentânea, dos habitantes das áreas afetadas, ou que cause danos diretos à saúde da população;

III - causar poluição hídrica que torne necessária a interrupção do abastecimento público de água de uma comunidade;

IV - dificultar ou impedir o uso público das praias;

V - ocorrer por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos:

Pena - reclusão, de um a cinco anos.

§ 3º Incorre nas mesmas penas previstas no parágrafo anterior quem deixar de adotar, quando assim o exigir a autoridade competente, medidas de precaução em caso de risco de dano ambiental grave ou irreversível.

Art. 55. Executar pesquisa, lavra ou extração de recursos minerais sem a competente autorização, permissão, concessão ou licença, ou em desacordo com a obtida:

Pena - detenção, de seis meses a um ano, e multa.

Parágrafo único. Nas mesmas penas incorre quem deixa de recuperar a área pesquisada ou explorada, nos termos da autorização, permissão, licença, concessão ou determinação do órgão competente.

Art. 56. Produzir, processar, embalar, importar, exportar, comercializar, fornecer, transportar, armazenar, guardar, ter em depósito ou usar produto ou substância tóxica, perigosa ou nociva à saúde humana ou ao meio ambiente, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou nos seus regulamentos:

Pena - reclusão, de um a quatro anos, e multa.

§ 1º Nas mesmas penas incorre quem: (Redação dada pela Lei nº 12.305, de 2010)

I - abandona os produtos ou substâncias referidos no **caput** ou os utiliza em desacordo com as normas ambientais ou de segurança; (Incluído pela Lei nº 12.305, de 2010)

II - manipula, acondiciona, armazena, coleta, transporta, reutiliza, recicla ou dá destinação final a resíduos perigosos de forma diversa da estabelecida em lei ou regulamento. (Incluído pela Lei nº 12.305, de 2010)

À luz da teoria estudada nos capítulos anteriores pode-se afirmar que o disposto no inciso V - que caracteriza como crime, qualquer ato que possa causar poluição, ou danos a saúde humana, bem como à fauna e a flora, causado por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, em desacordo com as

exigências estabelecidas em leis ou regulamentos – enfatiza a questão do fechamento de ciclo entre as indústrias, uma vez que estas, se vêem diante de uma legislação extremamente rigorosa com relação a emissão de resíduos na natureza, forçando que se adotem métodos alternativos de disposição de resíduos, de modo a gerar menos poluição, e cumprir as exigências legais.

Nesta esteira, pode-se citar como exemplo de adequação a legislação e o estabelecimento de uma postura preventiva por parte das indústrias, o programa em execução pelo sistema FIRJAN chamado de “bolsa de resíduos”, que será melhor explicado no tópico 3.3.1. Tal iniciativa busca soluções para a disposição dos resíduos, evitando que os mesmos sejam devolvidos a natureza, sendo estes reaproveitados em outros processos produtivos. O programa funciona como um espaço de livre negociação entre as indústrias, aberto para as empresas divulgarem e buscarem informações sobre resíduos disponíveis, de modo a organizar um sistema de compartilhamento de subprodutos entre gerando ganhos econômicos, benefícios ambientais e sociais.

A partir do exposto observa-se que a lei de crimes ambientais, principalmente ao estabelecer duras penas aos agentes que causem poluição através da disposição inadequada de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos na natureza, contribui para o desenvolvimento da simbiose industrial, e conseqüentemente também promove uma melhoria socioambiental do país. Aspectos como os descritos no art. 54 reforçam a importância do meio ambiente para a coletividade, imputando penas duras aos agentes causadores de poluição (LANFREDI, 2007).

Salienta-se, por elucidativo, que a maior contribuição da referida lei, foi impulsionar iniciativas como o programa bolsa de resíduos, entre as indústrias, para que estas readequassem seu modo de produção, de forma a eliminar os riscos de sua produção ao meio ambiente. Isto porque o descumprimento da legislação ambiental, a partir da lei pode ser caracterizado como crime, de modo que a adequação dos agentes econômicos às normas de preservação e conservação ambiental se impõe (LANFREDI, 2007).

A seguir será direcionada real atenção a lei 12.305/2010 que é considerada como o maior avanço legislativo na busca do desenvolvimento sustentável a partir da gestão eficiente dos resíduos sólidos.

#### **3.1.4. Lei 12.305/2010: A Política Nacional de Resíduos Sólidos**

A referida Lei instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, dispondo sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada

e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (GAMEIRO *et al.*, 2011).

No âmbito da Ecologia Industrial, nota-se que o aludido diploma normativo possui em vários trechos aspectos que se relacionam com seus princípios e características, principalmente quanto à questão dos Ecossistemas Industriais.

Em seu capítulo II denominado de “definições”, art. 3º se verifica a inclusão de alguns conceitos diretamente relacionados com aspectos da Ecologia Industrial, como:

X - **gerenciamento de resíduos sólidos:** conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei;

XI - **gestão integrada de resíduos sólidos:** conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável;

XII - **logística reversa:** instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada;

XIII - **padrões sustentáveis de produção e consumo:** produção e consumo de bens e serviços de forma a atender as necessidades das atuais gerações e permitir melhores condições de vida, sem comprometer a qualidade ambiental e o atendimento das necessidades das gerações futuras;

Nota-se, que de modo bastante inovador a referida lei abarca questões relacionadas a simbiose industrial ao utilizar conceitos de logística reversa, gestão integrada de resíduos, gerenciamento de resíduos e padrões sustentáveis de produção e consumo. Deve-se ressaltar que estes são indicativos da necessidade de adequação da produção às necessidades ambientais convergentes com a visão da Ecologia Industrial.

A lei, já no Art. 6º indica os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos:

III - a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública;

IV - o desenvolvimento sustentável;

VI - a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade

VIII - o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania;

IX - o respeito às diversidades locais e regionais;

Tão logo observados os princípios se verifica a estreita compatibilidade com os conceitos e características relacionados aos ecossistemas industriais expostos no capítulo 1. Princípios como a cooperação, diversidade, localidade e fechamento de ciclo estão presentes na Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Aliado a isso a lei ainda traz os conceitos de visão sistêmica, e desenvolvimento sustentável, sempre presentes nas discussões internacionais (GAMEIRO *et al.*, 2012).

Ainda em consonância com a lei 12.305/2010 se observa como objetivos explícitos da política de resíduos sólidos (art. 6º, VII, XIV):

VII - gestão integrada de resíduos sólidos;

XIV - incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético;

Neste sentido, importante salientar a prioridade em promover a gestão integrada dos resíduos e o incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental voltados ao reaproveitamento de resíduos sólidos, através da pesquisa científica e tecnológica (art. 8º, VII); dos benefícios fiscais, financeiros e creditícios (art. 8º, IX); do licenciamento e revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras (art. 8º, XVII “f”).

### **3.2. Âmbito da Iniciativa Pública: O governo e os ecossistemas industriais: plano de produção integrada; governança ambiental; cidades sustentáveis e o plano nacional de resíduos sólidos**

A seção a seguir fará o esforço de demonstrar os principais planos e projetos em execução pelo governo federal relacionados à sustentabilidade dos processos produtivos, sobretudo a gestão de resíduos. Num primeiro momento será abordado o Plano de produção integrada em execução no Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, indicando seus principais elementos. Em seguida serão apresentados os planos de Governança



Ambiental, e também serão indicados seus principais aspectos e características. A seguir serão realizadas considerações acerca do Plano Cidades Sustentáveis em execução no Ministério do Meio Ambiente, e por fim, será discutido pormenorizadamente o Plano nacional de Resíduos Sólidos.

### **3.2.1. Plano de Produção Integrada**

Dentro do programa intitulado de: Agropecuária Sustentável, Abastecimento e Comercialização, em execução pelo Ministério da Agricultura, figura o Plano de Produção Integrada Agropecuária Brasil, cujo objetivo específico é agregar valores ambientais, sociais e econômicos aos sistemas produtivos, melhorando a sua eficiência, a qualidade e a competitividade dos produtos e a equidade na distribuição dos benefícios e renda (MAPA, 2013).

Nota-se, neste sentido uma convergência dos objetivos do programa, com os princípios básicos da abordagem dos ecossistemas industriais. Pode-se verificar que esta nova abordagem proposta pelo MAPA enfatiza a questão do fechamento de ciclo entre os participantes, bem como a cooperação entre os agentes. Verifica-se ainda a discussão quanto aos ganhos econômicos, sociais e ambientais do programa, ou seja, algo extremamente condizente com os princípios dos ecossistemas industriais e da economia ecológica.

Aliada a estas questões, a utilização, pelo programa, de variáveis como: financiamentos e subsídios para fomentar a Produção Integrada Agropecuária, reflete os aspectos considerados no quadro 7, evidenciando que o elemento “governo” do Macroambiente, através da implementação de suas políticas, possui grande importância na emergência dos ecossistemas industriais, demonstrando que tais incentivos são utilizados para incrementar as atividades relacionadas a produção integrada, e ampliar a lista de produtos produzidos de forma ambientalmente adequada. Proposições estas, extremamente relacionadas com os conceitos, princípios e características da Ecologia industrial.

Verifica-se ainda, que conforme extraído do programa, por meio de parcerias institucionais, outra variável inserida no quadro 7, o MAPA pode viabilizar a realização de cursos, seminários, reuniões e *workshops*, além de outras ações que propiciem o aumento da adesão de produtores rurais e um maior conhecimento da sociedade sobre a produção de alimentos sustentáveis e seguros para o consumo. Assim percebe-se com clareza aspectos do

macroambiente relacionados ao âmbito governamental sendo utilizados pelo programa (financiamentos, subsídios e parcerias).

Tratando-se especificamente do programa, pode-se dizer que os resultados ainda não estão sendo observados, o que existe na prática, são ações para que num futuro próximo se alcancem expressivos resultados em cooperação entre produtores, e consequentemente redução de impactos ambientais e ganhos sociais. Verifica-se a partir de informações do próprio site do MAPA que as metas para o período 2012-2015 são:

- Capacitar 40.000 técnicos e produtores em produção integrada agropecuária;
- Implantar 100 unidades comparativas entre produção convencional e PI Brasil (30 na região sudeste, 20 na região nordeste, 20 na região sul, 15 na região norte e 15 na região centro-oeste); e
- Publicar 15 normas técnicas específicas de produção integrada agropecuária.

Consigna-se ainda que a Produção Integrada Agropecuária (PI Brasil) está focada na adequação de sistemas produtivos para geração de alimentos e outros produtos agropecuários de alta qualidade e seguros, mediante a aplicação de recursos naturais e regulação de mecanismos para a substituição de insumos poluentes, garantindo a sustentabilidade e viabilizando a rastreabilidade da produção agropecuária.

Trata-se de um processo de certificação voluntária no qual o produtor interessado tem um conjunto de normas técnicas específicas a seguir, as quais são auditadas nas propriedades rurais por certificadoras acreditadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro).

Ao certificar, os produtores rurais têm a chancela oficial do MAPA e do Inmetro de que seus produtos estão de acordo com práticas sustentáveis de produção e consequentemente mais saudáveis para o consumo, garantindo ainda menor impacto ambiental do que produtos convencionais e a valorização da mão de obra rural. As Normas Técnicas Específicas a serem seguidas pelos produtores são construídas numa parceria entre pesquisa, extensão, ensino e produtores rurais, e trazem consigo, além da garantia de um produto diferenciado, a redução dos custos de produção e consequentemente maior rentabilidade para os produtores brasileiros.

É importante salientar que a Produção Integrada Agropecuária é passível de ser adotada por qualquer produtor, independente do seu porte. A certificação de pequenos e médios produtores na PI Brasil pode ser custeada por entidades parceiras do MAPA. A adesão à PI Brasil é voluntária, porém o produtor que optar pelo sistema terá que cumprir rigorosamente as orientações estabelecidas. O produtor pode contatar o MAPA ou o Inmetro para saber como proceder para adotar esse sistema de produção, inclusive verificar se o produto que deseja produzir já tem norma técnica publicada. Se tiver, então o Inmetro fornecerá a lista de empresas acreditadas para certificar o produto. Caso não tenha norma, então o MAPA analisará a proposta do setor e construirá as diretrizes, as quais são elaboradas por colegiados formados por especialistas de órgãos públicos e privados, além de representantes de cooperativas e empresas. As regras estão relacionadas à capacitação de trabalhadores rurais, manejo, responsabilidade ambiental, segurança alimentar e do trabalho e rastreabilidade.

### **3.2.2. Planos de governança ambiental**

A forte inserção brasileira no comércio internacional e a crescente preocupação mundial com os problemas ambientais, expressas claramente no mandato da Declaração Ministerial de Doha, da Organização Mundial do Comércio (OMC), são fortes argumentos para que o Ministério do Meio Ambiente (MMA) desempenhe um papel decisivo no ordenamento das regras de comércio internacional com requisitos ambientais.

Os principais eixos do programa de governança ambiental do MMA são: Copa Verde; Economia e Meio Ambiente; Geoprocessamento; Gestão Estratégica; Informação Ambiental; Licenciamento e Avaliação Ambiental; Portal Nacional de Licenciamento Ambiental; e Sistema Nacional do Meio Ambiente.

Especificamente ao observar o eixo denominado de “Economia e Meio Ambiente” pode-se dizer que são desenvolvidos uma série de instrumentos econômicos viáveis a promoção do desenvolvimento sustentado. Deve-se ressaltar que neste ponto, o programa sob óculo, se distancia da economia ecológica, e da abordagem dos ecossistemas industriais, uma vez, que ao instituir instrumentos como a compensação ambiental, e, o fomento de atividades pautadas na sustentabilidade, através de incentivos fiscais, o programa institui alguns, que são exemplos clássicos da postura neoclássica em relação a preservação ambiental. Assim questões como cooperação, visão de longo prazo, multiplicidade de agentes, fechamento de

ciclo e o gradualismo não são abordados, ocorrendo um distanciamento da Economia Ecológica.

Contudo, é importante que se analise tal política em execução pelo Ministério do Meio Ambiente, para que, se faça um paralelo, apontando os pontos em que a abordagem neoclássica e a proposta da economia ecológica se divergem.

Embora a atividade econômica usualmente produza efeitos indiretos (externalidades negativas) que provocam perdas de bem-estar para os indivíduos afetados, uma das formas de corrigir esses efeitos adversos, segundo a visão neoclássica, é com a utilização de Instrumentos Econômicos, cuja função principal é internalizar custos externos nas estruturas de produção e consumo da economia.

Tais instrumentos representam uma das estratégias de intervenção pública, complementar aos tradicionais mecanismos de comando e controle, que buscam aperfeiçoar o desempenho da gestão e sustentabilidade ambiental, influenciando o comportamento dos agentes econômicos, corrigindo as falhas de mercado, porém sem considerar aspectos de cooperação, diversificação, fechamento de ciclo, visão sistêmica e de longo prazo, considerados pela Economia Ecológica (MMA, 2013).

Os Instrumentos Econômicos usualmente trabalhados pelo MMA são: a compensação ambiental e o fomento. Inicialmente deve-se consignar que a compensação ambiental está fundamentada no princípio do poluidor-pagador, o qual estabelece que os custos e as responsabilidades resultantes da exploração ambiental dentro do processo produtivo deverão ser arcados pelo agente causador do dano. A Compensação Ambiental é um mecanismo financeiro que busca orientar, via preços, os agentes econômicos a valorizarem os bens e serviços ambientais de acordo com sua real escassez e seu custo de oportunidade social. O fomento, a seu turno, é um instrumento que se propõe a promover incentivos econômicos objetivando o desenvolvimento sustentável, utiliza-se instrumentos fiscais, tributários e creditícios diversos por meio dos quais os agentes econômicos se dispõem, em contexto específicos, a desenvolver atividades produtivas de bens e serviços, inclusive de geração de conhecimentos e tecnologias para a sustentabilidade. São modalidades o fomento: à produção sustentável, à produção de conhecimentos ao desenvolvimento sustentável e os incentivos fiscais, tributários e creditícios (MMA, 2013).

Ante o exposto verifica-se que planos como: Produção Integrada em desenvolvimento no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, elaborado em consonância com a Lei 12.305/10 refletem de

forma direta questões abordadas pela economia ecológica. No entanto, o plano, sob análise, possui grande importância, por descrever ações concretas desenvolvidas pelo Ministério do Meio Ambiente em prol da sustentabilidade, o que reflete a mudança de Paradigma discutida nesta pesquisa.

### **3.2.3. Programa de cidades sustentáveis**

Os principais eixos temáticos trabalhados pelo programa de cidades sustentáveis são: Águas na Cidade; Áreas Verdes Urbanas; Planejamento Ambiental Urbano e Qualidade do Ar; Resíduos Sólidos; Resíduos Perigosos e Urbanismo Sustentável.

Para atender a finalidade desta pesquisa será direcionado maior atenção ao eixo de Resíduos Sólidos. Inicialmente deve-se repisar que a preocupação com os resíduos vem sendo discutida há algumas décadas nas esferas nacional e internacional, devido à expansão da consciência coletiva com relação ao meio ambiente. Assim, a complexidade das atuais demandas ambientais, sociais e econômicas induz a um novo posicionamento dos três níveis de governo, da sociedade civil e da iniciativa privada.

A aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), após longos vinte anos de discussões no Congresso Nacional, marcou o início de uma forte articulação institucional envolvendo os três entes federados – União, Estados e Municípios, o setor produtivo e a sociedade em geral - na busca de soluções para os problemas na gestão resíduos sólidos que comprometem a qualidade de vida dos brasileiros. Neste ponto observa-se a estreita relação entre o respectivo programa e o quadro 8, que apresenta as principais ações desenvolvidas no macroambiente para formação dos ecossistemas industriais.

A aprovação da Política Nacional de Resíduos Sólidos qualificou e deu novos rumos à discussão sobre o tema. A partir de agosto de 2010, baseado no conceito de responsabilidade compartilhada, a sociedade como um todo – cidadãos, governos, setor privado e sociedade civil organizada – passou a ser responsável pela gestão ambientalmente adequada dos resíduos sólidos.

Nesta nova abordagem o cidadão é responsável não só pela disposição correta dos resíduos que gera, mas também é importante que repense e reveja o seu papel como consumidor; o setor privado, por sua vez, fica responsável pelo gerenciamento ambientalmente correto dos resíduos sólidos, pela sua reincorporação na cadeia produtiva e pelas inovações nos produtos que tragam benefícios socioambientais, sempre que possível; os

governos federal, estaduais e municipais são responsáveis pela elaboração e implementação dos planos de gestão de resíduos sólidos, assim como dos demais instrumentos previstos na PNRS (MMA, 2013).

Neste aspecto deve-se ressaltar que a partir do programa de resíduos sólidos conduzidos pelo MMA, várias características da ecologia industrial estão presentes. Pode-se dizer que aspectos como: Crescimento integrado, redução de impactos ambientais; Fechamento do ciclo/*roundput*; Desenvolvimento espacial; Integração entre economia-ambiente-sociedade; Reciclagem de Matéria e Energia; Troca de *by-products*, *inputs*, *outputs*, informação, etc.; Visão sistêmica e de longo prazo; Cooperação; e Multiplicidade estão amplamente inseridos no referido plano.

A busca por soluções na área de resíduos reflete a demanda da sociedade que pressiona por mudanças motivadas pelos elevados custos socioeconômicos e ambientais. Se manejados adequadamente, os resíduos sólidos adquirem valor comercial e podem ser utilizados em forma de novas matérias-primas ou novos insumos. A implantação de um Plano de Gestão trará reflexos positivos no âmbito social, ambiental e econômico, pois não só tende a diminuir o consumo dos recursos naturais, como proporciona a abertura de novos mercados, gera trabalho, emprego e renda, conduz à inclusão social e diminui os impactos ambientais provocados pela disposição inadequada dos resíduos (MMA, 2013)

Neste sentido o MMA (2013) trabalha com os seguintes mecanismos de gestão de resíduos:

- a) Catadores de Materiais Recicláveis;
- b) Coleta Seletiva;
- c) Instrumentos da Política de Resíduos;
- d) Logística Reversa;
- e) Material Técnico;
- f) Plano Nacional de Resíduos Sólidos;
- g) Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Como estudado anteriormente ao tratar da lei 12.305/2010 e sob o prisma dos conceitos e princípios inerentes a economia ecológica, embora aspectos de coleta seletiva e catadores de materiais recicláveis sejam fundamentais neste processo, deve-se direcionar maior atenção seguintes mecanismos: instrumentos da política de resíduos, logística reversa,

material técnica, plano nacional dos resíduos sólidos e política nacional de resíduos sólidos, por possuírem um maior grau de relação com a problemática dos ecossistemas industriais (MMA, 2013).

Ao tratar dos instrumentos da política nacional de resíduos, dois aspectos são considerados fundamentais nas ações realizadas pelo MMA. Estes são: Educação Ambiental, variável inserida no quadro 7, onde se verifica a realização de várias campanhas de conscientização. Entre as mais relevantes estão: Campanha Ilha das flores; TeVê, um olhar reciclado; Campanha publicitária: Banana; Campanha publicitária: Lata; Campanha publicitária: Pet Documentário produzido pela ECOSENADO (MMA, 2013).

O outro aspecto que deve ser considerado refere-se ao Sistema Nacional de Informação sobre a Gestão de Resíduos (SINIR), que é um instrumento facilitador de parcerias entre os agentes. Ao SINIR será somado o Inventário de Resíduos que se somará ao Sistema Declaratório Anual de Resíduos Sólidos, que será preenchido e atualizado pelas indústrias, sinalizando a origem, transporte e destinação final dos resíduos com o objetivo de aumentar as informações e possibilitar maiores trocas entre as empresas.

A partir do exposto, nota-se que o programa cidades sustentáveis, no eixo relativo aos resíduos sólidos, em execução no Ministério do Meio Ambiente, possui ampla relação com os princípios e características da economia ecológica, e com a abordagem dos ecossistemas industriais. Naturalmente, observa-se que ao buscar a integração entre governos, sociedade e empresas, bem como fomentar ações de educação e conscientização ambiental, assim como implementar o SINIR, são iniciativas condizentes com a economia ecológica.

Verifica-se, ainda, que a partir das ações acima especificadas pode-se perceber que o governo, elemento inserido no macroambiente de emergência dos ecossistemas industriais, tem buscado, por intermédio do MMA, parcerias, e sistemas de informação a gestão integrada dos resíduos de modo a alcançar um maior reaproveitamento, e uma conseqüente redução no desperdício de matérias prima com a reutilização em outros processos produtivos. O próximo tópico evidenciará as principais questões referentes ao plano nacional de resíduos sólidos, que hoje, pode ser considerado o instrumento com maior efetividade na promoção da simbiose industrial e dos ecossistemas industriais.

#### **3.2.4. O Plano Nacional de Resíduos Sólidos**

A aprovação da Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos(PNRS), após longos vinte e um anos de discussões no Congresso Nacional marcou o

início de uma forte articulação institucional envolvendo os três entes federados – União, Estados e Municípios, o setor produtivo e a sociedade civil na busca de soluções para os graves problemas causados pelos resíduos, que vem comprometendo a qualidade de vida dos brasileiros.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos como visto estabelece princípios, objetivos, diretrizes, metas e ações, e importantes instrumentos na gestão dos resíduos. O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (art. 14 da lei 12305/2010), que contempla os diversos tipos de resíduos gerados, alternativas de gestão e gerenciamento passíveis de implementação, bem como metas para diferentes cenários, programas, projetos e ações correspondentes, é um importante instrumento.

O Plano mantém estreita relação com os Planos Nacionais de Mudanças do Clima (PNMC)<sup>24</sup>, de Recursos Hídricos (PNRH)<sup>25</sup>, de Saneamento Básico (Plansab)<sup>26</sup> e de Produção e Consumo Sustentável (PPCS)<sup>27</sup>. Apresenta conceitos e propostas que refletem a interface entre diversos setores da economia compatibilizando crescimento econômico e preservação ambiental com desenvolvimento sustentável.

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos, conforme previsto na Lei 12.305/2010 tem vigência por prazo indeterminado e horizonte de 20 (vinte) anos, com atualização a cada 04 (quatro) anos. Nota-se, neste ponto a presença de uma importante característica da ecologia industrial, a perspectiva sistêmica e de longo prazo, inerente a esta abordagem. O plano contempla também o seguinte conteúdo:

I - diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos;

II - proposição de cenários, incluindo tendências internacionais e macroeconômicas;

III - metas de redução, reutilização, reciclagem, entre outras, com vistas a reduzir a quantidade de resíduos e rejeitos encaminhados para disposição final ambientalmente adequada;

---

<sup>24</sup> O Plano Nacional sobre Mudança do Clima apresenta metas, que se reverterão na redução de emissões de gases de efeito estufa, além de outros ganhos ambientais e benefícios socioeconômicos.

<sup>25</sup> O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), estabelecido pela Lei nº 9.433/97, é um dos instrumentos que orienta a gestão das águas no Brasil. O conjunto de diretrizes, metas e programas que constituem o PNRH foi construído em amplo processo de mobilização e participação social.

<sup>26</sup> Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab) refere-se ao planejamento do setor de saneamento básico, que é um conjunto de serviços, infraestruturas e instalações de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais urbanas.

<sup>27</sup> O Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis (PPCS), é o documento das ações de governo, do setor produtivo e da sociedade que direcionam o Brasil para padrões mais sustentáveis de produção e consumo. O Plano articula as principais políticas ambientais e de desenvolvimento do País, em especial as Políticas Nacionais de Mudança do Clima e de Resíduos Sólidos e o plano Brasil Maior, auxiliando no alcance de suas metas por meio de práticas produtivas sustentáveis e da adesão do consumidor a este movimento.



IV - metas para o aproveitamento energético dos gases gerados nas unidades de disposição final de resíduos sólidos;

V - metas para a eliminação e recuperação de lixões, associadas à inclusão social e à emancipação econômica de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;

VI - programas, projetos e ações para o atendimento das metas previstas;

VII - normas e condicionantes técnicas para o acesso a recursos da União, para a obtenção de seu aval ou para o acesso a recursos administrados, direta ou indiretamente, por entidade federal, quando destinados a ações e programas de interesse dos resíduos sólidos;

VIII - medidas para incentivar e viabilizar a gestão regionalizada dos resíduos sólidos;

IX - diretrizes para o planejamento e demais atividades de gestão de resíduos sólidos das regiões integradas de desenvolvimento instituídas por lei complementar, bem como para as áreas de especial interesse turístico;

X - normas e diretrizes para a disposição final de rejeitos e, quando couber, de resíduos;

XI - meios a serem utilizados para o controle e a fiscalização, no âmbito nacional, de sua implementação e operacionalização, assegurado o controle social.

A Versão Preliminar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, apresentado no ano de 2011, compreende o diagnóstico da situação atual dos resíduos sólidos, cenários, metas, diretrizes e estratégias para o cumprimento das metas. O propósito das diversas audiências e consultas públicas realizadas durante sua elaboração foi o de colher sugestões e contribuições, tanto de setores especializados (prestadores privados de serviços, academia, empresas privadas que atuam na área), setor público e da sociedade em geral, sobre as diretrizes, estratégias e metas apresentadas, como também identificação de propostas de programas que irão orientar a política de resíduos sólidos no país (MMA, 2013).

O Diagnóstico que integra a primeira versão do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, como extraído do MMA, baseou-se em dados secundários. Tal fato sinalizou para a necessidade de obtenção de um número maior de informações, dados que apresentem maior confiabilidade, pesquisas a serem produzidas em intervalos menores de tempo (ou seja com maior frequência) além de estudos adicionais específicos ou setoriais (MMA, 2013).

Neste sentido a falta de dados aparece como um importante desafio para o avanço desta nova estratégia, no estabelecimento de metas e na convergência das políticas públicas setoriais vinculadas à questão dos resíduos sólidos, tais como política industrial, agroindustrial, agrícola, de mineração, de resíduos da construção civil, de saúde, na área de portos, aeroportos e passagens de fronteira, além dos resíduos sólidos urbanos (MMA, 2013).

Deve-se ter claro que as metas, estratégias e diretrizes apresentadas são indicações do plano elaborado pelo MMA e que o processo de implementação e revisão das políticas dará num ambiente de forte interlocução entre os entes federados –União, Estados e Municípios, com participação dos diversos setores da sociedade devidamente organizados – indústria, agricultura e pecuária, saúde, construção civil, catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis e outros além de grande mobilização e controle social (MMA, 2013).

Deve-se ressaltar que o Plano Nacional de Resíduos Sólidos constitui-se de 4 quatro capítulos. O primeiro realiza o diagnóstico da situação dos resíduos sólidos no Brasil. Em seguida no capítulo 2 é realizada a cenarização Macroeconômica e Institucional, conforme exposto anteriormente. O capítulo 3, a seu turno, apresenta as propostas sobre as diretrizes e estratégias por tipo de resíduo, para o atingimento das metas. O documento é finalizado, no capítulo 4, com um descritivo geral dos Planos de Metas Favorável, Intermediário e Desfavorável por tipo de resíduos (resíduos sólidos urbanos e catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis; resíduos da construção civil; resíduos industriais; resíduos agrosilvopastoris; resíduos de mineração; resíduos de serviços de saúde; e resíduos de serviços de transportes) (MMA, 2013). A seguir cada capítulo será detalhadamente explicado a luz da abordagem dos ecossistemas industriais.

#### **3.2.4.1. Diagnóstico da Situação dos Resíduos Sólidos no Brasil.**

O plano elaborado pelo governo federal faz esforço em dividir os resíduos sólidos por grupos específicos. No capítulo 1, ao realizar o diagnóstico da situação dos resíduos sólidos no Brasil foi realizada uma divisão entre 11 eixos principais. O primeiro refere-se aos resíduos sólidos urbanos, em seguida é apresentado os resíduos sólidos da construção civil. O terceiro grupo diz respeito aos resíduos sólidos com logística reversa obrigatória, ou seja, os resíduos que já são regulamentados por norma específica devido ao seu alto comprometimento ao meio ambiente, como pilhas e pneus. Em seguida são apresentados os grupos de catadores, resíduos sólidos industriais (que serão melhor explicados adiante), resíduos sólidos do transporte aéreo, aquaviário, rodoviário e ferroviário, resíduos de serviços a saúde, da mineração e agrosilvopastoris (MMA, 2013).

Seguindo os objetivos propostos nesta pesquisa, aprofunda-se a discussão em relação aos resíduos industriais, tratados ainda no primeiro capítulo do plano nacional de resíduos sólidos. Inicialmente deve-se destacar que de acordo com o plano, o maior desafio a

ser enfrentado é relativo a troca de informações. Basicamente o eixo em análise deve estar amparado por um banco de dados que tenha efetividade, ou seja, que contenha todas as informações sobre resíduos industriais atualizadas e confiáveis, de modo a alcançar uma maior troca de subprodutos (MMA, 2013).

O plano também faz referência a diversos diplomas normativos como: a lei 12.305/2010 (PNRS) que define resíduos industriais, como: aqueles gerados nos processos produtivos e instalações industriais; a Resolução do CONAMA nº 313/2002; que traz uma definição mais ampla para tais resíduos, qual seja:

“Resíduo Sólido Industrial é todo resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semi-sólido, gasoso – quando contido, e líquido – cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível” (PNRS, 2011 p. 28).

e a Resolução CONAMA nº 06, que obriga as empresas a apresentarem informações sobre os resíduos gerados e delega responsabilidades aos órgãos estaduais de meioambiente para a consolidação das informações recebidas das indústrias (MMA, 2013).

Com base nas informações o intuito do governo seria a elaboração, cadastro e atualização de um Inventário Nacional de Resíduos Sólidos. Ainda em 1999, o Ministério do Meio Ambiente – MMA , em parceria com o Instituto Brasileiro do MeioAmbiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, buscou capitanear estados interessados em apresentar projetos visando a elaboração de inventários estaduais de resíduos industriais, de modo a compatibilizar as trocas de *by products* (MMA, 2013).

Importante ainda destacar, que este capítulo trabalha com duas variáveis fundamentais inseridas nas discussões internacionais, que são: educação ambiental e instrumentos econômicos.

Tratando-se inicialmente da educação ambiental deve-se consignar que:

“O sucesso da implantação de um Plano Nacional de Resíduos Sólidos, fundamental instrumento de política pública nesta área temática, exige novos conhecimentos, olhares e posturas de toda a sociedade. Para que soluções adequadas se desenvolvam, conciliando os objetivos de desenvolvimento socioeconômico, preservação da qualidade ambiental e promoção da inclusão social, torna-se necessário um processo de organização e democratização das informações, de modo a fazerem sentido e mobilizarem o interesse, a participação e o apoio dos vários públicos” (PNRS, 2011, p. 47).

O diagnóstico mostrou que o termo “educação ambiental”, quando ligado aos resíduos sólidos, envolve formas distintas de comunicação e relacionamento com a população. Esta variabilidade fez com que se criasse uma classificação própria de educação ambiental, que contém 4 tipos, a saber:

· **Tipo 1 - Informações orientadoras e objetivas para a participação da população ou de determinada comunidade em programas ou ações ligadas ao tema resíduos sólidos.**

Normalmente está ligada a objetivos ou metas específicas dentro do projeto ou ação em que aparece. Podem-se citar informações objetivas a respeito de como aquela população deve proceder na segregação dos seus resíduos para uma coleta seletiva municipal ou qual o procedimento mais adequado para o encaminhamento de determinados resíduos, entre outras informações pertinentes (MMA, 2011).

· **Tipo 2 - Sensibilização/mobilização das comunidades diretamente envolvidas.**

Os conteúdos a serem trabalhados envolvem um aprofundamento das causas e consequências do excesso de geração e na dificuldade de cuidado, tratamento e destinação adequados dos resíduos sólidos produzidos em um município, região ou país. Destaca-se ainda, neste caso, o uso e a necessidade de utilização de instrumentos, metodologias e tecnologias sociais de sensibilização e mobilização das populações diretamente atingidas pelos projetos ou ações implantados. Neste caso ainda os conteúdos variam e podem incluir desde os vários aspectos ligados ao cuidado com os recursos naturais e à minimização de resíduos (3Rs), até os vários temas relacionados à educação para o consumo sustentável/consciente/responsável e às vantagens sociais e econômicas da coleta seletiva (MMA, 2011).

· **Tipo 3 – Informação, sensibilização ou mobilização para o tema resíduos sólidos desenvolvidos em ambiente escolar.**

Neste caso o conteúdo desenvolvido tem claro objetivo pedagógico e normalmente o tema Resíduos Sólidos é trabalhado para chamar a atenção e sensibilizar a comunidade escolar para as questões ambientais de uma forma mais ampla. Podem envolver desde informações objetivas, como as encontradas no tipo 1, até um aprofundamento semelhante ao do tipo 2, além de tratamento pedagógico e didático específico para cada caso, faixa etária e nível escolar (MMA, 2011).

· Tipo 4 – **Campanhas e Ações Pontuais de Mobilização: os conteúdos, instrumentos e metodologias devem ser adequados A cada caso específico.** A complexidade do tema e a necessidade premente de mudança de hábitos e atitudes necessários à implantação dos novos princípios e diretrizes presentes na PNRS impossibilitam que estas ações alcancem todos os objetivos e metas propostos em um trabalho educativo. Podem, entretanto, fazer parte de programas mais abrangentes de educação ambiental, podendo ainda envolver um público mais amplo, a partir da utilização das várias mídias disponíveis, inclusive aquelas com grande alcance e impacto junto à população (MMA, 2011).

Adicionalmente concluiu-se no relatório a necessidade de diferenciação da comunicação voltada efetivamente para a educação ambiental, daquela exposta na grande mídia, com características que se assemelham às ações de marketing ou até mesmo a ações que buscam o fortalecimento de determinada marca muitas vezes se preocupando unicamente com a concorrência empresarial e não com a conscientização ambiental. Ressalta-se também a necessidade de especial atenção aos conceitos ligados à Política dos 3Rs<sup>28</sup>. O conceito dos 3Rs, está diretamente ligado à abordagem dos ecossistemas industriais, e é um eixo orientador de uma das práticas mais necessárias ao equacionamento da questão dos Resíduos Sólidos ao sucesso do PNRS e demais planos, projetos e ações decorrentes, principalmente às aquelas ligados à minimização da quantidade de resíduos a serem dispostos e à viabilização de soluções ambientais, econômicas e sociais adequadas. A disseminação de uma Política de Minimização de Resíduos e de valorização dos 3 Rs, é um conceito presente na Agenda 21 e claramente no Art. 19 Inciso X da PNRS (MMA, 2011).

Importante salientar a óptica dos instrumentos incorporados ao plano desenvolvido pelo MMA, que em todos seus aspectos incorporam os princípios da economia ecológica, e se traduzem em estímulos para a simbiose industrial. Tais instrumentos, que buscam a cooperação entre os agentes e o reaproveitamento de subprodutos possuem três principais funções: financiar os serviços de gestão; orientar o comportamento dos agentes (gestores públicos, população e o setor produtivo) para cumprimento das metas municipais, estaduais e federais; e internalizar os impactos gerados pelo volume de resíduos produzidos (MMA, 2011).

Como visto acima a Política Nacional de Resíduos Sólidos, determina os diversos instrumentos que estão em consonância com a abordagem dos ecossistemas industriais, e podem ser utilizados para uma gestão mais eficiente dos resíduos. Adicionalmente aos já

---

<sup>28</sup> Reduzir a geração de resíduos, Reutilizar e Reciclar.

explicados, pode-se ainda utilizar o desenvolvimento de *softwares* de gestão ambiental voltados ao reaproveitamento de resíduos sólidos; benefícios fiscais, financeiros e creditícios (art. 8º, IX); licenciamento e revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras (art. 8º, XVII “f”), entre outros.

#### **3.2.4.2. Cenários Macroeconômicos e Institucionais**

Ao tratar do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, verifica-se que no documento são feitas simulações acerca dos possíveis cenários macroeconômicos existentes no Brasil para os próximos anos. No documento original há extenso detalhamento sobre esta cenarização, onde são propostos três cenários distintos. Por outro lado são igualmente realizadas grandes considerações acerca da metodologia utilizada, bem como, estimativas, e inserção de inúmeras variáveis macroeconômicas. Percebe-se, no entanto, que tal discussão se afasta dos objetivos da presente pesquisa, porém, o indicativo mais contundente destas simulações para a abordagem que se propõe, é a presença do planejamento de longo prazo, que se busca com o plano nacional de resíduos sólidos, e sua estreita relação com as características da economia ecológica.

#### **3.2.4.3. Diretrizes e estratégias**

Ao iniciar esta seção deve-se, preliminarmente ater-se ao fato de que as diretrizes e estratégias formuladas pelo governo federal, através do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, correspondem a um grande avanço relacionado ao planejamento, gestão, incorporação e execução de projetos nacionais que trabalham de forma efetiva a questão dos ecossistemas industriais. Importante destacar, ainda, que com os avanços dos conceitos de ecologia industrial, desenvolvidos mundo a fora, ao longo da última década, vêm aumentando no Brasil as iniciativas que buscam alternativas para os problemas ambientais enfrentados<sup>29</sup>.

Destarte, deve-se ressaltar que dentre as mais expressivas iniciativas estão a Política Nacional de Resíduos Sólidos, descrita na lei 12.305/2010, explicada anteriormente, e também as estratégias descritas no Plano Nacional de Resíduos Sólidos desenvolvido pelo

---

<sup>29</sup>Parque industrial ecológico de Paracambi – RJ, explicado na seção 3.4 é um exemplo.

governo federal, representando, a maior contribuição advinda do governo na implementação de novas práticas ambientalmente amigáveis.

Deve-se explicitar que de acordo com o plano elaborado pelo MMA e parceiros, definiu as “diretrizes” assim denominadas, como às linhas norteadoras por grandes temas, enquanto que as “estratégias” referem-se à forma ou os meios, pelos quais as respectivas ações serão implementadas. Portanto, as Diretrizes e suas respectivas Estratégias definirão as ações e os programas a serem delineados com vistas ao atingimento das Metas.

As Diretrizes e Estratégias estabelecidas no plano ora discutido buscam:

- (i) Atendimento aos prazos legais,
- (ii) Fortalecimento de políticas públicas conforme previsto na Lei 12.305/2010, tais como a implementação da coleta seletiva e logística reversa, o incremento dos percentuais de destinação, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a inserção social dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis,
- (iii) Melhoria da gestão e do gerenciamento dos resíduos sólidos como um todo,
- (iv) Fortalecimento do setor de resíduos sólidos per se e as interfaces com os demais setores da economia brasileira.

No intuito de demonstrar como as estratégias descritas no plano, se relacionam com os princípios, conceitos e características inerentes a abordagem dos ecossistemas industriais extrair-se-ão do objeto de análise alguns exemplos de estratégias que permitem a estruturação e consolidação dos arranjos produtivos do tipo ecossistemas industriais.

Inicialmente ao tratar dos resíduos sólidos urbanos, o plano desenvolvido pelo MMA indica que as estratégias devem se aplicar aos resíduos sólidos gerados no processo industrial (de fabricação dos produtos), enfatizando a promoção dos ecossistemas industriais, bem como nas fases de comercialização, consumo e pós-consumo, indicando a necessidade de uma visão abrangente, em que são considerados inúmeros aspectos e uma multiplicidade de atores, alcançando, portanto, todas as etapas do ciclo, que vai desde a produção ao pós-consumo.

Indica ainda que as ações voltadas ao estabelecimento de uma produção e consumo sustentáveis no país implicam na redução da geração de resíduos, na promoção de um melhor

aproveitamento de matérias-primas e materiais recicláveis, de modo a contribuir para atenuar as mudanças climáticas e para a conservação da biodiversidade e dos demais recursos naturais.

É neste contexto que são delineadas todas as estratégias de gestão eficiente dos resíduos. Dentre as abordagens mais relevantes pode-se destacar o incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, através da promoção e gestão do conhecimento em produção sustentável com ações que visem desenvolver *design* inovador de serviços e soluções que considerem as variáveis da ecoeficiência e outros cenários, como a nanotecnologia ou “desmaterialização” da economia – como diferencial competitivo e estratégico para as empresas brasileiras. Nota-se, nesta estratégia, a clara inclusão da abordagem vinculada à simbiose industrial, e ecossistemas industriais, que são caracterizados como arranjos produtivos sustentáveis, focado no design de soluções que buscam o reaproveitamento de *by products* e o fechamento de ciclo produtivo.

O plano trabalha ainda com algumas variáveis capazes de criar incentivos diretos e indiretos ao surgimento destes arranjos produtivos, como: implantação de sistemas de logística reversa pós-consumo de produtos, a partir do ano de 2014 até o ano de 2020, através de acordos setoriais. Estes acordos, refletem a visão sistêmica e de longo prazo buscada pela ecologia industrial, e como descrito no plano, possibilitarão o estabelecimento de metas regionais/estaduais dependendo das estruturas existentes de logística reversa e sua respectiva viabilidade de implementação.

Também se trabalha com incentivos para o desenvolvimento tecnológico da reciclagem e sua aplicabilidade na produção de produtos novos passíveis de reciclagem bem como o incentivo ao uso de materiais reciclados propriamente ditos na composição de novos produtos, sem a perda de suas características e qualidade. Incentivos, como descritos no quadro 7 (fiscais, financeiros e creditícios) voltados ao incremento do reuso no país, e por fim, trabalha-se com o equacionamento das demandas por alterações tributárias (tributação, isenções etc.) visando o estímulo a reutilização e reciclagem de uma maneira geral.

### **3.3. Âmbito da iniciativa privada: As indústrias e a gestão integrada de resíduos: Programa “Bolsa de Resíduos” e Programa Brasileiro de Simbiose Industrial (PBSI).**

Por atingir o objetivo de proteção ambiental, a partir do uso eficiente dos recursos naturais, através do reaproveitamento dos subprodutos não desejáveis oriundos da produção,



pode-se destacar o programa em execução pela Federação das Indústrias do Rio de Janeiro chamado de “Bolsa de Resíduos”, que será discutido a seguir. Igualmente importante na promoção da simbiose industrial, o PBSI vem despertando grande interesse da comunidade científica nacional. Este programa pode contribuir para o desenvolvimento socioeconômico, de forma a amenizar os impactos ambientais. A seguir também serão discutidos os aspectos relevantes acerca do PBSI.

### **3.3.1. O Programa “Bolsa de Resíduos”**

O programa criado pelo sistema FIRJAN (Federação das Indústrias do Rio de Janeiro) em parceria com diversas indústrias, chamado de “bolsa de resíduos” é um espaço de livre negociação, aberto para as empresas divulgarem e buscarem informações sobre resíduos disponíveis, conciliando ganhos econômicos, benefícios ambientais e sociais. Os resíduos são distribuídos por setor de atividade e subdivididos de acordo com sua condição de oferta e procura.

Os setores trabalhados pela FIRJAN bem como os resíduos comercializados pelas indústrias são: Areia de Fundição; Banhos e soluções ácidas ou básicas; Borracha; Catalisadores; Lodo contendo metais pesado; Madeira; Materiais de Couro; Materiais Têxteis; Mineral Não Metálico; Óleos Usados; Papel e papelão; Plásticos; Produtos Químicos; Resíduos farmacêuticos e veterinário; Resíduos de refino de petróleo; Resíduos Siderúrgicos; Resíduos de tinta; Solventes halogenados; Solventes não halogenados; Sucata de metais ferrosos; Sucata de metais não ferroso e Vidro.

A título de exemplo pode-se citar as trocas de Resíduos Siderúrgicos, que como se sabe, possui alto grau de poluição, e por isso, seu compartilhamento se torna um elemento fundamental associado a ganhos ambientais. O quadro 9 melhor explica como funciona:

**Quadro 9: Resíduos Siderúrgicos**

PRODUTO	APLICAÇÃO	QUANT.	PERIOD.	CÓD.
<b>Oferta - Grátis</b>				
Fluxo de solda aglomerado - tipo neutro	Cimenteiras	10 t	Mensal	691
<b>Oferta - Venda</b>				
Chapa, tubo, eixo e barra de aço inox	Reaproveitamento	-	-	201
Escória de Alto Forno (FeO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MnO, MgO, SiO <sub>2</sub> , CaO, TiO <sub>2</sub> )	Cimenteiras	aprox. 3000 t	Mensal	452
Madeiras, óleos, papel e papelão, plásticos e outros resíduos provenientes de atividade siderúrgica	-	-	Diária	220
Fluxo Utilizado no Processo de Soldagem arco submerso	Reutilização no Processo de Soldagem de arco submerso e fabricação de argamassa para indústria da construção	3 t	Semestral	512
Percloroeto Férrico saturado com aço inox	ordente, decapante, corrosão de placa de circuito impresso, tratamento de lodo, tratamento de água industrial, aditivo para indústria de vidro, indústria de impermeabilizante asfáltico e etc...	15 t	Anual	527

Fonte: FIRJAN (2013)

Do quadro acima, se extrai a possibilidade de reaproveitamento de resíduos oriundos do setor de siderurgia em outras atividades. O caso do percloroeto férrico saturado com aço inox, é um exemplo de reaproveitamento, pois este pode ser reutilizado para o tratamento de água industrial, aditivo para industrial de vidro, indústria de impermeabilizante asfáltico, entre outras.

Pode-se dizer que o programa bolsa de resíduos objetiva a troca de *by products* entre as indústrias, de modo a eliminar a disposição final destes resíduos na natureza, fazendo com que todo resíduo produzido seja reaproveitado como insumo em outros processos produtivos, caracterizando o fechamento de ciclo.

### 3.3.2. PBSI: Aspectos relevantes

Como visto acima, há no país, assim como em países da Europa, notáveis avanços no que tange a legislação e as políticas públicas destinadas à preservação e conservação do meio

ambiente. Algumas dessas iniciativas podem ser vistas a partir das ações de pesquisas; incentivos governamentais; financiamentos, subsídios, parcerias; entre outras (FRISCHTAK, 2010). Também se pode considerar no país o avanço no Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) que levam em consideração a não possibilidade de substituição dos ativos e a resiliência dos mesmos; a utilização do Etanol como fonte energética; a criação do Código Florestal; a Política Nacional de Meio Ambiente; e o Zoneamento Agroecológico da Cana-De-Açúcar (PAVESE, 2010).

Por outro lado, além das ações governamentais as indústrias também se articulam para evoluir na gestão dos resíduos. Um avanço significativo está na criação do Programa Brasileiro de Simbiose Industrial, que tem um papel fundamental na disseminação da Economia Ecológica. Sua importância advém de sua característica de estar em consonância com seus princípios, e ser um programa que efetivamente engloba os conceitos de Simbiose Industrial e Ecossistemas Industriais com suas peculiaridades, desdobramentos e características (SANTOS, 2009).

Este programa foi criado a partir do Programa Mineiro de Simbiose Industrial (PMSI), e tem como objetivo principal a identificação de oportunidades de negócios oferecendo benefícios mútuos a todas as empresas envolvidas, a partir de melhorias no gerenciamento de resíduos; aumento de reciclagem e reuso de materiais; redução de custos e passivos ambientais e Inovação (SANTOS, 2009).

Deve-se destacar que dentre as principais contribuições do programa está a efetiva gestão ambiental a partir de estratégias de atuação, monitoramento de empreendimentos industriais, e de infraestrutura, incluindo ainda ações de pesquisa, educação e extensão ambiental, que desempenham papel fundamental no desenvolvimento e aplicação de instrumentos de gestão ambiental de forma a garantir a sustentabilidade e a melhoria da qualidade de vida.

Importante ressaltar que este programa foi idealizado pela Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG) em parceria com o Centro Mineiro de Referência em Resíduos (CMRR) e a Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM). Sendo ele a versão brasileira do NISP (*National Industrial Symbiosis Programme*), programa de Simbiose Industrial britânico, explicado anteriormente. Muitos dos recursos do PBSI são provenientes das indústrias participantes, em especial das Federações da Indústria de Minas Gerais, de Alagoas, Goiás e São Paulo; e da Fundação Estadual do Meio Ambiente – MG. Tais recursos estão servindo de meios propulsores ao desenvolvimento dos Ecossistemas Industriais. A

aludida fundação atua vinculada à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Estado de Minas Gerais (Semad), em âmbito estadual. No âmbito federal, integra o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SEMAD, 2013).

De acordo com o Decreto 44.819 a Fundação Estadual do Meio Ambiente, tem por finalidade executar políticas de proteção, conservação e melhoria da qualidade ambiental, especialmente no que concerne à gestão do ar, do solo e dos resíduos sólidos, bem como a prevenção e correção da poluição ambiental provocada pelas atividades industriais, minerárias e de infra-estrutura. Ainda de acordo com o decreto, deve promover ações, projetos e programas de pesquisa para o desenvolvimento de tecnologias ambientais, e apoiar tecnicamente as instituições do SISEMA, visando à preservação e à melhoria da qualidade ambiental. (SEMAD, 2013).

Conforme levantado pelo referencial teórico, o PBSI vem confirmando a hipótese de que iniciativas provenientes do setor industrial, através de federações de indústrias, e em parceria com setores público e sociedade civil, capazes de organizar interesses transindividuais<sup>30</sup>, têm gerado um maior bem estar econômico, social e ambiental, promovendo incentivo à formação dos ecossistemas industriais.

A avaliação do Programa Brasileiro de Simbiose Industrial é positiva por vários motivos. Destaca-se inicialmente que a incorporação de conceitos ambientais representa na atualidade algo concreto, que faz parte deste novo paradigma centrado na sustentabilidade observado nos dias de hoje. Tais conceitos estão fortemente presentes nas estratégias de atuação empresarial no âmbito interno à firma, e como visto, a partir de programas como o PBSI, estão surgindo iniciativas que buscam reunir organizações que buscam parceiros, de modo a auferir ganhos econômicos, ambientais e sociais.

Por outro lado, a cada dia novos mecanismos voltados à sustentabilidade dos processos produtivos vêm surgindo. Na atualidade além dos instrumentos já indicados, já se discutem novas estratégias, que talvez comecem a dar indicativos do direcionamento que empresas e governos estão tomando para a promoção dos ecossistemas industriais. Dessas ações, nota-se que as discussões se dão no sentido de como aproveitar o *boom* tecnológico que se vive para a definitiva implementação dos ecossistemas industriais. Neste sentido, pode-se apresentar algumas das estratégias delineadas, como:

---

<sup>30</sup> Do dicionário: Transindividual - Interesse de um grupo, coletividade, aquilo que não se pode individualizar de quem é o interesse, pois o interesse é coletivo, ligados pelo mesmo fato, ou por objeto indivisível.

- 1) Desenvolvimento de *softwares* com informações georreferenciadas com indicação das indústrias participantes;
- 2) Caracterização precisa de tipologia, rotas e distância entre as empresas;
- 3) Inclusão de um fórum para que todos os visitantes do site pudessem adicionar idéias sobre a reutilização de todos os itens listados bem como ter um canal de *feedback* do sistema, para auxiliar nas práticas de melhoria contínua e análise da eficácia e eficiência do sistema (KINCAID, 2012);

Como estrutura complementar ao site, seria necessária uma equipe de profissionais que, periodicamente, entrasse em contato com as empresas cadastradas no programa, a fim de validar sua participação nas negociações e medir a eficácia do sistema. Em um segundo estágio, os profissionais deveriam fazer a intermediação entre as empresas, identificando potenciais parceiros, de modo análogo ao que ocorre no NISP. Com maior visibilidade do sucesso do programa de Simbiose Industrial, outras empresas veriam a vantagem de tornarem-se membros e poderiam eventualmente fazer parte do seu financiamento, como retribuição aos ganhos auferidos.

Adicionalmente aos tópicos supracitados, seria necessária, de forma análoga, por exemplo, a experiências internacionais, a formulação por parte do governo de um efetivo programa que induzisse a ampliação deste tipo de iniciativa em bases mais estruturadas, de forma a estimular a participação das empresas. No entanto, é válida a consideração de que iniciativas têm diferentes níveis de dificuldade em diferentes nações ou estados, de acordo com estímulos governamentais e concepções da sociedade local sobre desenvolvimento sustentável e priorização de investimentos.

### **3.4. Síntese dos aspectos observados**

Nesta seção se fará o esforço em demonstrar o que cada ação analisada anteriormente efetivamente contribui para a emergência dos ecossistemas industriais no Brasil. Para isto será apresentado o quadro 10, que sintetiza cada uma das ações analisadas; indica o mecanismo que esta ação usa ou incentiva; e quais características dos ecossistemas industriais a ação impulsiona ou incentiva. Em seguida serão feitas as considerações gerais acerca do quadro elaborado.

### 3.4.1. Quadro 10 - Aspectos gerais

Elemento do Macroambiente	Ação	Mecanismo que aciona ou utiliza	Característica de EI que impulsiona ou incentiva								
			Crescimento integrado/redução de impactos ambientais	Fechamento do ciclo / <i>roundput</i>	Desenvolvimento espacial	Integração entre economia-ambiente-sociedade	Reciclagem de Matéria e Energia	Troca de by-products, inputs, outputs, informação, etc.	Visão sistêmica e de longo prazo	Cooperação	Multiplicidade
Âmbito Iniciativa Privada	PBSI	Organização da cadeia produtiva	x	x		x	x	x		x	x
	Bolsa de resíduos	Organização da cadeia produtiva	x	x		x	x	x		x	x
Âmbito governamental	Plano de produção integrada	Certificação	x	x		x		x		x	x
	Plano de governança ambiental	Incentivos governamentais (compensação ambiental/fomento)	x			x					
	Programa de cidades sustentáveis	Educação ambiental/política sobre resíduos <sup>31</sup>	x			x	x	x	x		
	Plano Nacional de Resíduos Sólidos	Educação ambiental/Incentivos governamentais/políticas de inovação <sup>32</sup> /Tributação <sup>33</sup>	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Continua (...)

<sup>31</sup> Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos (SINIR)

<sup>32</sup> Incentivos para o desenvolvimento tecnológico da reciclagem e sua aplicabilidade na produção

<sup>33</sup> Trabalha-se com o equacionamento das demandas por alterações tributárias (bitributação, isenções etc.) visando o estímulo a reutilização de uma maneira geral.

(...) continuação

Elemento do Macroambiente	Ação	Mecanismo que aciona ou utiliza	Característica de EI que impulsiona ou incentiva								
			Crescimento integrado/redução de impactos ambientais	Fechamento do ciclo / <i>roundput</i>	Desenvolvimento espacial	Integração entre economia-ambiente-sociedade	Reciclagem de Matéria e Energia	Troca de by-products, inputs, outputs, informação, etc.	Visão sistêmica e de longo prazo	Cooperação	Multiplicidade
Âmbito das legislações	Lei 6.938/81 (Política Nacional do Meio Ambiente)	Legislação ambiental federal (comum a todos os Estados)				x	x				
	CF (1988)	Legislação ambiental federal (comum a todos os Estados)				x				x	x
	Lei 9.605/98 (Lei de crimes ambientais)	Legislação ambiental federal (comum a todos os Estados)	x	x			x			x	
	Lei 12.305/10 (Política Nacional de Resíduos Sólidos)	Legislação ambiental federal (lei ordinária)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Decreto 44.819 do governo de Minas Gerais que institui a Fundação Estadual do Meio ambiente	Decretos, portarias, medidas provisórias e demais resoluções com efeitos legais	x	x		x	x	x	x	x	x

Fonte: Elaboração própria

Inicialmente deve-se considerar que a proposição analítica desenvolvida no capítulo 2 foi consequência de uma extensa pesquisa realizada entre os diversos materiais publicados referentes à relação entre políticas e os ecossistemas industriais, e também, após a leitura de inúmeros estudos de caso relativos à simbiose industrial em diversos países do mundo. O modelo analítico proposto relacionou 19 variáveis divididas entre os 3 elementos do macroambiente consideradas importantes para a emergência dos ecossistemas industriais. No entanto ao analisar o caso brasileiro não foram necessariamente contempladas ações que envolvessem todas as variáveis discutidas no modelo, pelo que, se verá que alguns mecanismos, como políticas energéticas, treinamentos e eliminação de subsídios perversos, elencados no capítulo 2, não serão objeto de análise, porque não constam dos documentos selecionados para análise.

Ao tratar especificamente das ações desenvolvidas no Brasil que podem caracterizar um macroambiente favorável a ocorrência da simbiose industrial no país, inicialmente cita-se o âmbito da iniciativa privada, através do PBSI. Como visto, o aludido programa foi desenvolvido inicialmente pela Federação das Indústrias de Minas Gerais<sup>34</sup>, que a partir de recursos provenientes da Fundação Estadual do Meio Ambiente (MG), vinculada a Secretaria do Meio Ambiente de Minas Gerais, conseguiu realizar o financiamento das ações de divulgação, *workshop*, e promoção do programa. Pode-se dizer que o PBSI é um elemento importante da abordagem dos ecossistemas industriais no Brasil, uma vez que tal programa, assim como a abordagem advinda da ecologia industrial inspira estratégias promotoras da redução dos impactos ambientais causados pela indústria através de analogias com os sistemas naturais ao considerar que o sistema industrial não está isolado de outros, mas inserido em outro, muito maior e complexo.

Pode-se dizer que os resultados iniciais obtidos pelo PBSI além de comprovarem a boa perspectiva do projeto, mostram que várias das características buscadas pelos ecossistemas industriais, como: crescimento integrado; redução de impactos ambientais; fechamento do ciclo/*roundput*; integração entre economia-ambiente-sociedade; reciclagem de matéria e energia; troca de *by-products*, *inputs*, *outputs*, informação, etc.; cooperação; e multiplicidade são observadas pelo programa, de modo que este emerge como grande potencial para reduzir significativamente os resíduos industriais e mitigar os impactos

---

<sup>34</sup>Entidade de classe organizada representante dos interesses do setor industrial.



ambientais adversos, enquanto as empresas lucram e desenvolvem novos mecanismos econômicos.

Abaixo seguem os resultados do PBSI até dezembro de 2012:

- a) 317 empresas participantes;
- b) 139.793 toneladas de resíduos desviados de aterros;
- c) 194.815 toneladas de redução no uso de matérias primas virgens;
- d) 87.476 toneladas de redução das emissões de carbono;
- e) 13.650.000 m3 de águas reutilizadas;
- f) 8.768.683 de redução de custos para as empresas.

Na mesma linha que o PBSI surge o programa Bolsa de Resíduos, que já é uma realidade em várias regiões do país<sup>35</sup>. Como exemplo, abordou-se o programa em execução pelo sistema FIRJAN, no Rio de Janeiro. Assim como o PBSI o programa Bolsa de Resíduos é uma ação coordenada a partir das entidades representantes dos setores industriais, que visam à organização da cadeia produtiva de modo a gerar benefícios econômicos, sociais e ambientais. Pode-se afirmar que características como: crescimento integrado; redução de impactos ambientais; fechamento do ciclo/*roundput*; integração entre economia-ambiente-sociedade; reciclagem de matéria e energia; troca de *by-products*, *inputs*, *outputs*, informação, etc.; cooperação; e multiplicidade relacionadas à abordagem dos ecossistemas industriais são buscas pelo programa Bolsa de Resíduos.

Referindo-se ao âmbito do governo, notadamente aos programas Produção Integrada Agrícola (PIA); Cidades Sustentáveis, Plano de Governança Ambiental e Plano Nacional de Resíduos Sólidos, verifica-se que alguns mecanismos como os descritos no capítulo 2 são utilizados pelas aludidas políticas, e auxiliam no desenvolvimento dos arranjos. Primeiramente, como já explicado na seção 3.2.1. o principal mecanismo utilizado pelo PIA é emitir certificação ao produtor interessado em adequar sua produção às práticas relacionadas ao desenvolvimento sustentável. Através da certificação emitida pelo governo, será possibilitado ao empresário exportar para diversos mercados que valorizam produtos produzidos de forma sustentável. O programa possui estreita relação com a abordagem dos ecossistemas industriais por enfatizar a necessidade de uma perspectiva sistêmica nos

---

<sup>35</sup>O sistema integrado de bolsa de resíduos em execução pela FIEMG é mais um exemplo.

processos produtivos. Características deste tipo de arranjo, como: crescimento integrado; redução de impactos ambientais; fechamento do ciclo/roundput; integração entre economia-ambiente-sociedade; troca de *by-products*, *inputs*, *outputs*, informação, etc.; cooperação; e multiplicidade, são buscadas pelo plano.

O Plano de Governança Ambiental, como dito anteriormente foi selecionado por permitir que se faça um contraponto entre os mecanismos que incentivam às características da ecologia industrial e dos ecossistemas industriais, e os mecanismos tradicionais que visam à preservação e conservação do meio ambiente. O aludido plano não traz em seu bojo questões como: utilização de uma perspectiva de ciclo de vida; utilização de uma análise de fluxos de matéria e energia; visão sistêmica; entre outras características da EI. Neste sentido, verifica-se que como esperado, o referido plano não fomenta diversas das características da simbiose industrial, como: Fechamento do ciclo/roundput; Desenvolvimento espacial; Reciclagem de Matéria e Energia; Troca de *by-products*, *inputs*, *outputs*, informação, etc.; Visão sistêmica e de longo prazo; Cooperação; e Multiplicidade.

No entanto, vale ressaltar, que o referido plano é um indicativo da mudança de paradigma tratado por esta pesquisa, uma vez que através de incentivos governamentais e fomento a atividades menos poluentes, são buscados meios de se alcançar o desenvolvimento sustentável.

Tratando especificamente do Programa Cidades Sustentáveis, observa-se que os mecanismos de atuação do Estado, conforme delineado no quadro 8 são através da: educação ambiental, e da política sobre resíduos. Quanto às características dos ecossistemas industriais incorporadas por este programa pode-se afirmar que alcance os seguintes aspectos:

- a. Crescimento integrado: através de - Orientações para elaboração de Plano Simplificado de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos para municípios com população inferior a 20 mil habitantes; Manual para elaboração do plano de gestão integrada de resíduos sólidos dos consórcios públicos; Manual para implantação de sistema de apropriação e recuperação de custos dos consórcios prioritários de resíduos sólidos; entre outras.
- b. Redução de impactos ambientais: através do – Planejamento ambiental urbano; Qualidade do ar; logística reversa, entre outras ações.

- c. Integração entre economia-ambiente-sociedade: através de – Inserção e estruturação das cooperativas de materiais recicláveis; alimentação do sistema de informações sobre resíduos sólidos; implantação da coleta seletiva, entre outras ações.
- d. Reciclagem de Matéria e Energia: através da – coleta seletiva; logística reversa e da política nacional de resíduos sólidos.
- e. Troca de *by-products, inputs, outputs, informação, etc.*: através do - Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos; da logística reversa e do Plano Nacional de Resíduos Sólidos.
- f. Visão sistêmica e de longo prazo: através de instrumentos como - Plano Diretor Municipal; Agenda 21 Local, entre outros.

Tratando do Plano Nacional de Resíduos Sólidos, como visto, este foi elaborado pelo governo federal e parceiros para atender as formalidades da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010), precisamente ao disposto no Art. 15, que diz: “*A união elaborará, sob a coordenação do Ministério do Meio Ambiente, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos, com vigência por prazo indeterminado e horizonte de 20 (vinte) anos, a ser atualizado a cada 4 (quatro) anos (...)*”. Deve-se ressaltar que o Plano sob óculo é com toda certeza o instrumento de atuação do Estado que mais se aproxima da abordagem proposta pela Ecologia Industrial, uma vez que traz em seu bojo praticamente todos os conceitos, princípios e características dos ecossistemas industriais. A título de exemplificação pode-se dizer que todas as características da EI elencadas no quadro acima são buscadas no referido plano, ou seja, questões como crescimento integrado; redução de impactos ambientais; fechamento do ciclo/*roundput*; integração entre economia-ambiente-sociedade; reciclagem de matéria e energia; troca de *by-products, inputs, outputs, informação, etc.*; cooperação; multiplicidade; Desenvolvimento espacial; e Visão sistêmica e de longo prazo, são verificadas no plano.

Ante sua relevância para esta pesquisa torna-se fundamental descrever de forma mais detalhada como tais características são buscadas:

- a. Crescimento integrado: através da - implantação de sistemas de logística reversa pós-consumo de produtos, a partir do ano de 2014 até o ano de 2020, realizados por meio de acordos setoriais;
- b. Redução de impactos ambientais: O Ministério do Meio Ambiente – MMA , em parceria com o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, tem buscado capitanear estados membros interessados em apresentar projetos visando a elaboração de inventários estaduais de resíduos industriais, de modo a compatibilizar as trocas de *by products*.
- c. Fechamento do ciclo/roundput: Desenvolvimento de *softwares* para gestão ambiental integrada, possibilitando o reaproveitamento de resíduos sólidos;
- d. Integração entre economia-ambiente-sociedade: Informações orientadoras e objetivas para a participação da população ou de determinada comunidade em programas ou ações ligadas ao tema resíduos sólidos;
- e. Reciclagem de matéria e energia: através da - implementação da coleta seletiva e logística reversa; tratamento dos resíduos sólidos; disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, e inserção social dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis;
- f. Troca de *by-products, inputs, outputs*, informação, etc.: Através da - Melhoria da gestão e do gerenciamento dos resíduos sólidos como um todo; Fortalecimento do setor de resíduos sólidos per si e as interfaces com os demais setores da economia brasileira;
- g. Cooperação: Ações integradas entre União, Estados e Municípios; parcerias com instituições educacionais e iniciativa privada;

- h. Multiplicidade: Através da participação de vários atores (Governos, Iniciativa Privada, Universidades, etc.).

Pode-se dizer que, à luz do quadro 7, os principais mecanismos para emergência dos ecossistemas industriais utilizados pelo plano são: Educação ambiental (conscientização/publicidade); Incentivos governamentais (pesquisas/parcerias/revisão de atividades poluidoras/licenças); Políticas de inovação e Tributação. No que se refere a políticas de inovação, pode-se dizer que estas advêm de ações voltadas para o desenvolvimento tecnológico da reciclagem e sua aplicabilidade na produção. Tal mecanismo vai ao encontro dos conceitos “logística reversa”<sup>36</sup> e “gestão integrada de resíduos sólidos”<sup>37</sup>, que são amplamente discutidos pelo plano, e que possuem estreita relação com a Ecologia Industrial.

O mecanismo relativo a Tributação, refere-se a ações voltadas ao equacionamento das demandas por alterações tributárias (bitributação, isenções etc.) visando o estímulo a reutilização de uma maneira geral.

Referindo-se ao âmbito das legislações deve-se inicialmente tratar da Lei 6.938/81 (Política Nacional do Meio Ambiente), que corresponde ao mecanismo classificado como legislação ambiental federal (comum a todos os Estados). Sua importância, e por isso, sua discussão na presente pesquisa, advêm do fato de esta lei ser considerada o marco inicial, ou o primeiro diploma legal que cuidou do meio ambiente como um direito próprio e autônomo (RODRIGUES, 2002). A referida lei surgiu numa época em que a preocupação com a disposição final dos resíduos aumentava em todo o mundo, principalmente pela confirmação de que o meio ambiente não era capaz de receber resíduos infinitamente sem qualquer tipo de controle. Tais questões levaram ao desenvolvimento e à implementação de unidades de tratamento de poluentes – emissões atmosférica, efluentes líquidos e resíduos sólidos – com o objetivo de reduzir os poluentes antes do descarte no ambiente. Essas tecnologias para o tratamento e o controle dos resíduos no final do processo produtivo são conhecidas como

---

<sup>36</sup>Conforme descrito anteriormente são: instrumentos de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada;

<sup>37</sup>Conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, **de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social**, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável

tecnologias de fim-de-tubo ou *end-of-pipe*, muito incentivadas pela aludida lei (SOUZA *et al.*, 2007).

Ao analisar a Política Nacional do Meio Ambiente pode-se afirmar que apesar de esta ser elaborada num momento cuja realidade ambiental difere substancialmente da atualidade, pode-se afirmar que algumas características da abordagem da Ecologia Industrial estão presentes na aludida lei. A saber:

- a. Redução de impactos ambientais: Através da - difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente; divulgação de dados e informações ambientais; e à formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico;
- b. Integração entre economia-ambiente-sociedade: através de incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais; da educação ambiental - a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente - Também verifica que no art 4º, I se estabelece que é objetivo da Política Nacional de Resíduos Sólidos “(...) o *desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico*”;

A Constituição Federal de 1988, a seu turno, também se enquadra no mecanismo relacionado à legislação ambiental federal (comum a todos os estados), e sua importância advém do fato de esta ser a norma maior em vigência no ordenamento jurídico brasileiro. Como visto, o fato da constituição ter direcionado um capítulo inteiro somente para tratar das questões ambientais reflete a importância atribuída ao meio ambiente. Do mesmo modo que a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81) a CF/88 foi elaborada numa época com realidade socioambiental relativamente diversa da atualidade, no entanto, deve-se destacar sua relação com o Relatório de Brundtland, através do conceito de desenvolvimento sustentável, e também, que algumas características da abordagem dos ecossistemas industriais podem ser visualizadas na carta constitucional, como: Redução de impactos ambientais; Integração entre economia-ambiente-sociedade; Cooperação e Multiplicidade, verificadas a partir da leitura atenta do Art. 225 que como visto, dispõe sobre o **meio ambiente ecologicamente equilibrado**, e impõe que o **Poder Público juntamente com a coletividade** preserve e mantenha o ambiente saudável para as presentes e futuras gerações.

A Lei 9.605/98 (Lei de crimes ambientais), também pode ser classificada como um mecanismo inserido no rol das legislações ambientais federais (comum a todos os estados) e através de seus dispositivos fomenta direta ou indiretamente algumas características dos ecossistemas industriais. Primeiramente, ao dispor sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, fica evidente a relação da referida lei com a característica de redução de impactos ambientais buscado pelos ecossistemas industriais. Aliado a isso o fato de a referida lei estabelecer penas aos agentes que causem poluição por lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, ou detritos, óleos ou substâncias oleosas, se fomenta o fechamento de ciclo/roundput e a reciclagem de matéria e energia. Ainda se observa no aludido diploma normativo, precisamente no capítulo VII que trata da “cooperação internacional para a preservação do meio ambiente” o fomento à característica relacionada à cooperação oriunda da abordagem da ecologia industrial.

Ao tratar da lei 12.305/10, deve-se pontuar que ela influenciou sobremaneira a execução de diversas outras ações relacionadas à gestão de resíduos, sejam elas provenientes do âmbito governamental, ou do âmbito da iniciativa privada. Isso ocorre pelo fato de ela representar um marco na gestão de resíduos no país, e a partir dela outras iniciativas, promovidas pelos diversos atores inseridos no Macroambiente foram surgindo. Isso enfatiza o caráter holístico, a multiplicidades de agentes, e a integração amplamente presente na abordagem dos ecossistemas industriais, e tão presente na aludida legislação.

Aliado a isso, a referida lei, também inserida no mecanismo relacionado às legislações ambientais federais (comum a todos os Estados), no art. 3º, XI ao tratar da gestão integrada dos resíduos sólidos, fomenta o fechamento de ciclo/roundput; a Troca de *by-products*, *inputs*, *outputs*, informação, etc.; o crescimento integrado e a reciclagem de matéria e energia. No art. 6º, III observa-se o fomento à característica da Visão sistêmica e de longo prazo; no inciso VI há presença da característica da cooperação; ou seja, todas as características da abordagem da ecologia industrial e dos ecossistemas industriais são visualizadas na aludida lei.

Ao tratar especificamente do Decreto 44.819 do governo de Minas Gerais, que instituiu a Fundação Estadual do Meio ambiente, pode-se dizer que este decreto está inserido no mecanismo relativo a Decretos, portarias, medidas provisórias e demais resoluções com efeitos legais, descrito no quadro 8, e por ser através desta fundação que houve o financiamento do Programa Mineiro de Simbiose Industrial, que deu origem ao Programa Brasileiro de Simbiose Industrial, observa-se que através deste mecanismo uma série de características da Ecologia Industrial são buscadas, quais sejam: crescimento integrado;

redução de impactos ambientais; fechamento do ciclo/*roundput*; integração entre economia-ambiente-sociedade; reciclagem de matéria e energia; troca de *by-products*, *inputs*, *outputs*, informação, etc.; cooperação; multiplicidade; Desenvolvimento espacial; e Visão sistêmica e de longo prazo.

### **3.5. Ensaio sobre os ecossistemas industriais emergentes ou potenciais no Brasil**

Esta seção tem o objetivo de descrever alguns ecossistemas industriais emergentes ou potenciais no país. As iniciativas foram selecionadas por disponibilidade de informações, tendo sido descritas sucintamente para permitir a observação da ação do macroambiente sobre elas. Foram selecionados os seguintes exemplos: centro industrial avançado de Macaíba (RN); Miniúsinas de álcool integradas (SP); Indústria de carvão e curtumes (RS/SC); ecossistema industrial de Santa Cruz (RJ); ecossistema industrial de Campos Elíseos (RJ); e cidade industrial de Curitiba e Araucária (PR).

#### **3.5.1. Considerações Iniciais**

As iniciativas brasileiras relacionadas à abordagem dos ecossistemas industriais são exemplos de uma Simbiose Industrial parcial sob dois aspectos distintos

- 1) Compartilhamento de subprodutos (fechamento de ciclo), e
- 2) Ausência de incorporação de alguns princípios da economia ecológica.

Inicialmente se verifica que as trocas de recursos e a retroalimentação do sistema em quase todos os casos analisados não ocorrem integralmente, tanto no que diz respeito ao seu fluxo de energia, quanto ao aproveitamento de resíduos ou ao reaproveitamento de materiais, não se verificando o fechamento de ciclo. Observa-se também que em muitos dos casos analisados, apesar de se buscar o reaproveitamento de *by products* e o fechamento de ciclo, não são incorporados de forma consistente alguns dos elementos centrais, como: princípios, conceitos e características, da abordagem oriunda da Ecologia Industrial. A título de exemplo verifica-se:



- 1) Pode-se destacar a inexistência em quase todos os ecossistemas industriais do que pode ser chamado de “desmaterialização das atividades”, que são planos de redução da quantidade total de recursos necessária para conseguir serviços equivalentes;
- 2) Falta de metas relativas a redução ou eliminação da dependência de fontes não-renováveis de energia;
- 3) Não incorporação de elementos sociais e ambientais em grande parte dos arranjos, entre outras.

Os casos a seguir demonstram a relação entre diversas indústrias, principalmente nas regiões Sudeste, Sul e Nordeste. De todo o estudo realizado pode-se afirmar que o compartilhamento de subprodutos na maioria dos casos pode ser classificado, segundo os critérios estabelecidos por Jelinski *et al.* (1992) como ecologia Tipo 2, em que se consideram os recursos limitados e tem-se preocupação com a disposição dos sub-produtos, resíduos e perdas.

### **3.5.2. Centro Industrial Avançado de Macaíba**

O Centro Industrial Avançado de Macaíba teve sua criação instituída pela Lei Estadual Nº 7.070, de 10 de outubro de 1997, onde foi formalizado um acordo entre governos Estadual e Municipal, o Sistema Nacional de Emprego (SINE), o Banco do Nordeste, o Serviço Nacional Industrial de Treinamento (SENAI), o serviço de Apoio à Micro e à Pequena Empresa (SEBRAE), e algumas ONG'S, criando em uma área de 2 milhões de m². (PDPM – Relatório do diagnóstico do município de Macaíba. 29, 2006).

Através de incentivos fiscais, a prefeitura de Macaíba aliada ao governo do Estado, estimularam a instalação das indústrias na região, totalizando atualmente 31 indústrias (FIERN), que geram vários empregos aos moradores da cidade.

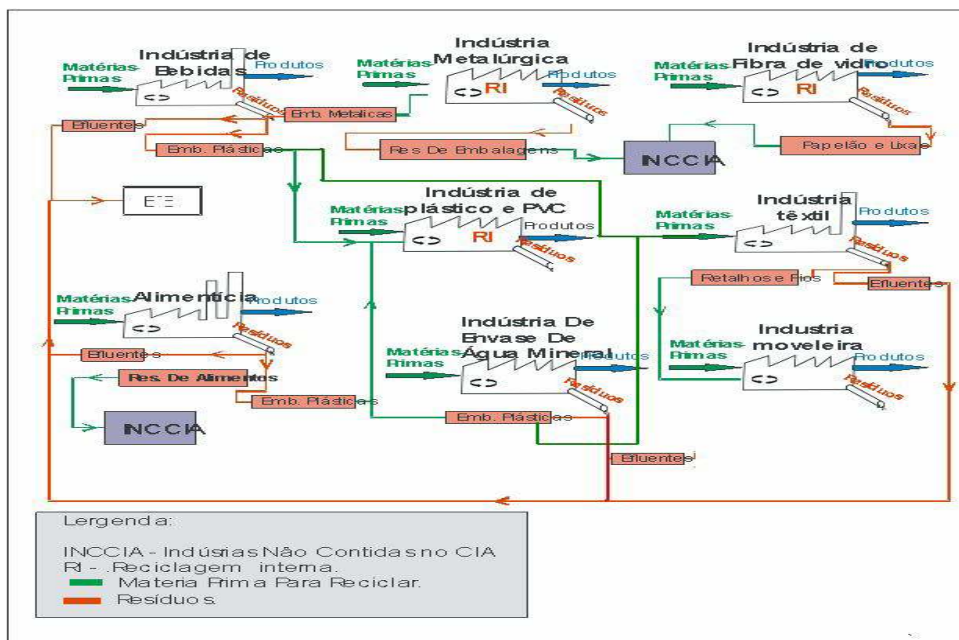
Seguindo os princípios da ecologia industrial, foi aplicada uma provável simulação do potencial para formar um ecossistema industrial entre as indústrias do Centro Industrial Avançado de Macaíba (RN). Com o levantamento das atividades industriais desenvolvidas no CIA e de seus processos produtivos, foram identificadas novas destinações ambientalmente adequadas para os resíduos gerados conforme a potencialidade de recepção de outras indústrias, observando as características metabólicas de cada processo e as relações

simbióticas que podem se estabelecer. Para a identificação e simplificação dos resultados, as indústrias foram agrupadas nos mesmos segmentos de atuação, já que as indústrias receptoras apresentam capacidade de suporte para tanto (CARVALHO *et al.*, 2009).

Dessa forma as indústrias foram agrupadas de um modo geral em: alimentícias, bebidas, envasadoras de água mineral, fibra de vidro, metalúrgicas, têxtil, plástico/PVC e moveleira (empresa que não trabalha com uso de madeira e metal, fabrica colchões). Desses agrupamentos, somente os cinco últimos possuem potencial como receptores (fibra de vidro mediante reciclagem interna). Em vista de que para certos resíduos não haviam indústrias receptoras contidas no CIA Macaíba, eles foram destinados hipoteticamente à indústrias externas como a de ração animal, de fertilizantes orgânicos e moveleira (indústria que trabalhe com madeira) (CARVALHO *et al.*, 2009).

Apresenta-se a seguir um fluxograma com os principais resíduos gerados no CIA e suas possíveis reintroduções em processos industriais que os transformarão em novos produtos ou fontes de energia (CARVALHO *et al.*, 2009).

Figura 5: CIA de Macaíba



Fonte: (CARVALHO *et al.*, 2009).

O ecossistema industrial elaborado expõe a potencialidade das indústrias em fornecer ou receber certos resíduos gerados nos processos produtivos. Desse modo tem-se

que: Os resíduos da indústria alimentícia concentram-se nos próprios rejeitos de alimentos, como também em embalagens plásticas oriundas das matérias-primas e dos próprios produtos. Dessa forma, os rejeitos alimentícios podem servir às indústrias de ração animal e fertilizantes orgânicos (não contidas no CIA Macaíba) e as embalagens plásticas para a reciclagem nas indústrias de plástico e PVC que produzem embalagens desse material. Os efluentes gerados no processo de fabricação dos alimentos devem ser destinados à Estação de Tratamento de Esgotos contida no CIA para tratamento adequado (CARVALHO *et al.*, 2009).

As indústrias de bebidas podem fornecer seus resíduos metálicos para as indústrias metalúrgicas com vistas à reciclagem desses materiais. Os resíduos de embalagens plásticas, que sejam de garrafas PET's podem ser destinadas às indústrias têxteis, visando à confecção de malhas e poliéster. Os efluentes devem ter por destinação a ETE (CARVALHO *et al.*, 2009).

As indústrias envasadoras de água mineral, que também possuem uma grande parcela de resíduos sólidos composta por embalagens PETs destina à indústria têxtil com a mesma finalidade ou então pode ainda fornecer seus rejeitos para reciclagem nas indústrias de embalagens plásticas. Efluentes destinados à ETE do CIA (CARVALHO *et al.*, 2009).

As indústrias têxteis podem destinar seus resíduos de retalhos e fios para serem reaproveitados no estofamento pela indústria de móveis. A indústria metalúrgica pode fornecer à indústria moveleira (não contida no CIA) o resíduo de madeira proveniente da embalagem de matérias prima e produtos. Há ainda a possibilidade de reciclagem interna nas indústrias de plásticos e PVC, metalúrgicas e de fibra de vidro (CARVALHO *et al.*, 2009).

### **3.5.3. MUAIS (Mini Usinas de Alcool Integradas)**

O projeto conceitual da MUAI está todo fundamentado em pesquisas desenvolvidas na ESALQ, USP-EESC, EPUSP, IFUSP, IPT, IPAI. Seu conceito de integração agropecuário e industrial permite baixar os custos de produção, reduz riscos de monopólio, cartel ou truste, além de manter a atividade de pequena empresa de iniciativa privada, ou em pequena cooperativa, com responsabilidades sociais, econômicas, culturais e ambientais.

As inovações e benefícios socioambientais da MUAI residem no aproveitamento racional da terra, racionalização de métodos, nas alterações dos processos e procedimentos operacionais, na minimização do uso dos insumos e equipamentos, etc. em compromisso com as tecnologias de fronteira já consagradas operacionalmente.

O exemplo de ei das Mini Usinas, propõe uma integração (ecossistema industrial parcial) entre diversas usinas produtoras de álcool com outras atividades industriais e agrícolas no estado de São Paulo (GIANNETI, 2006). A interação ocorre na horticultura e fruticultura, na produção de ração contendo levedura seca, na criação de gado e na produção de energia elétrica.

Os professores Geraldo Lombardi e Romeu Corsini, da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP) são os responsáveis pela concepção da rede de Mini-usinas de Álcool Integradas (MUAI), um projeto inédito, tanto no Brasil quanto no mundo (GIANNETI, 2006). Nessa experiência, a tradicional lavoura de cana de açúcar é associada ao sorgo sacarino (uma planta da mesma família das gramíneas), o que permite elevar de 8 para até 12 meses o tempo anual de funcionamento de uma mini usina (GIANNETI, 2006).

O vinhoto, resultante da produção de álcool, biodigerido, transforma-se em fertilizante e gás. Pontas da cana e do sorgo, chamadas de ponteiros, normalmente descartados, passam a ser utilizados na alimentação do gado. Bagaço, palha seca, e resíduos orgânicos produzidos pelo gado, são queimados, assim como o biogás, e utilizados na produção de energia elétrica. Da levedura, parte é utilizada na produção de ração animal e parte é transformada em outros elementos, utilizados em produtos alimentícios (GIANNETI, 2006).

A Ecologia Industrial amplia as possibilidades de utilização dos recursos, buscando maximizar a retroalimentação do sistema. Assim, com essa integração, em vez de serem produzidos apenas 40.000 litros de álcool por dia, permite-se também a produção de 3.630 toneladas por ano de produtos agrícolas relacionados ao sorgo e 1.130 toneladas de levedura desidratada. Além disso, o vinhoto, biodigerido transforma-se em biogás e biofertilizante, e 2800 cabeças de gado são alimentadas com os ponteiros da cana e do sorgo, ou com a levedura, adicionados a outros aditivos protéicos (GIANNETI, 2006).

#### **3.5.4. Indústria de Carvão e Curtumes**

Na indústria de carvão e curtumes, conforme descrito por Guterres (2011) observa-se que o maior incentivo a adoção de práticas ambientalmente adequadas advém das novas normativas ambientais (Eco-Audit e ISO 14000) que exigem do exportador sua conformidade com os padrões de “qualidade ecológica”, e através das certificações, onde se cria um

mecanismo de distinção entre produtores que adotam práticas sustentáveis, e os que não adotam, cria-se um ambiente favorável a emergência dos ecossistemas industriais.

Conhecidas como duas das atividades industriais mais poluidoras, este exemplo de EI propõe a interação entre mineradoras e indústrias de produção de couro no sul do país. A experiência — restrita ainda ao campo acadêmico e propositivo — abrange municípios e regiões próximas de Criciúma, no sul de Santa Catarina, e Santa Terezinha, Chico Lorna, Leão, Urui, Capane e Candiota, no estado do Rio Grande do Sul — onde estão localizadas as atividades mineradoras e aproximadamente 89% das reservas nacionais de carvão — e a região do Vale dos Sinos, no Rio Grande do Sul — onde estão localizados os curtumes e aproximadamente 60% da produção nacional de couros (ERKMAN, 2005).

A produção de carvão mineral é uma grande emissora de resíduos ricos em sulfeto, e gera líquidos ácidos, como consequência de processos de oxidação no solo. Portanto, o desafio aqui consiste na descoberta de uma maneira de controlar a taxa de oxidação dos sulfetos ou em achar uma maneira de utilizá-los em algum processo produtivo. Por outro lado, os curtumes utilizam cromo na produção do couro, gerando resíduos sólidos e efluentes líquidos contendo sais de cromo (ERKMAN, 2005).

Diversos estudos apontam a possibilidade de interação destas duas atividades industriais, transformando os resíduos da mineração em insumo, de menor custo que os convencionais, para o tratamento dos efluentes da produção de couro. Nesse sentido, a mineradora arcaria individualmente com os custos de remoção e combate a drenagem ácida, e o curtume, por sua vez, assumiria os custos de aquisição e transporte dos insumos necessários para a retirada do cromo de seus efluentes, numa ação conjunta, compartilhando responsabilidades e despesas, resultando na redução de custos para ambos os lados, na redução de resíduos e poluentes, e na diminuição de demanda por recursos naturais (ERKMAN, 2005).

Outras possibilidades de interação para esta região e para as atividades dos curtumes poderiam ser articuladas, por exemplo, com a indústria da cal, cujo resíduo pode ser utilizado no tratamento e neutralização de substâncias ácidas, ou para precipitar metais contidos em efluentes líquidos. Ou com a agricultura e a indústria de madeiras. Resíduos agrícolas da produção de arroz e madeira também poderiam ser utilizados no tratamento de efluentes da produção de couro (ERKMAN, 2005).

O Brasil não é dependente do carvão como fonte de energia e possui possibilidades reais de utilizar amplamente fontes de energia alternativas e renováveis, como a eólica, a solar e a de biomassa. Vale destacar que a estratégia que visa a implementação da ecologia

industrial enfatiza a necessidade de interromper-se a utilização de fontes de energia não renováveis, e o carvão mineral obtido da atividade mineradora e utilizado como energia é um recurso não renovável e altamente poluente (ERKMAN, 2005).

### **3.5.5. Ecosistema Industrial de Santa Cruz**

#### **3.5.5.1 O Macroambiente de emergência do EI de Santa Cruz.**

Implementado em setembro de 2002, quando quatorze indústrias integrantes do Distrito Industrial de Santa Cruz, assinaram um termo de compromisso com o Governo do Estado. As empresas integrantes do Ecosistema Industrial assumiram o compromisso de atuarem em busca do desenvolvimento sustentável. Quanto ao governo do Estado, assumiu o compromisso de prestar assistência técnica às empresas através de seu órgão ambiental.

As indústrias participantes criaram a Diretoria de Desenvolvimento Sustentável, onde se definiu um plano de ação e foi assinado um termo de compromisso firmando um intercâmbio espontâneo entre as indústrias. Este plano de ação engloba uma política de gestão ambiental integrada e a adoção de práticas industriais mais ecológicas em atendimento à legislação ambiental, incluindo programas voluntários e o fomento a educação ambiental voltados à comunidade local.

**Mecanismos:** organização da cadeia produtiva, parcerias (governo/iniciativa privada), treinamentos, legislação ambiental, educação ambiental (integração economia-meio ambiente-sociedade).

#### **3.5.5.2. Considerações gerais**

O Ecosistema Industrial de Santa Cruz, localizado no bairro de Santa Cruz, na Zona Oeste do Estado do Rio de Janeiro, teve sua implantação iniciada em setembro de 2002, quando algumas indústrias integrantes do Distrito Industrial de Santa Cruz, assinaram um termo de compromisso com o Governo do Estado, representante da FEEMA e representante da Associação de Empresas do Distrito Industrial de Santa Cruz (AEDIN) (FEEMA, 2002). As empresas integrantes do EI assumiram o compromisso de atuarem em busca do desenvolvimento sustentável. Quanto ao governo do Estado, este assumiu o compromisso de prestar assistência técnica às empresas através de seu órgão ambiental (VEIGA, 2007).

As indústrias que integram o EI de Santa Cruz são: Aciquímica (indústria de beneficiamento e reciclagem de resíduos), Basf S.A. (indústria química transnacional), Casa da Moeda do Brasil (indústria gráfica), Ecolab (produtos e serviços de higiene), Fábrica Carioca de Catalisadores S.A (indústria petroquímica), Gerdau - Cosigua S/A (siderurgia), Usina Termoeleétrica de Santa Cruz (geração de energia elétrica), Latasa Ltda (indústria de alumínio), Morganite do Brasil Ltda (indústria de base), Novartis Biociências S.A (farmacêutica e bens de consumo), NUCLEP S.A (caldeiraria pesada), Pan Americana S/A (indústria química), SICPA (indústria química) e Valesul S.A (metalurgia). O quadro 10 a seguir caracteriza as indústrias e alguns aspectos ambientais relativos ao do Ecossistema Industrial de Santa Cruz (VEIGA, 2007).

**Quadro 11: Aspectos ambientais relativos ao EI de Santa Cruz**

<b>Indústria</b>	<b>Resíduos</b>	<b>Nº Trab.</b>	<b>Iniciativas de Gestão Ambiental</b>
Aciquímica	Gases de combustão, vapor de água, partículas finas, efluente líquido de lavagem	60	Programa prevenção poluição, ETE líquidos percolados, sistema filtragem gases, programa monitoramento ar.
BASF S.A	Sólidos, líquidos, emissões atmosféricas.	277	Controle / monitoramento ambiental, controle emergência, tecnologia tratamento efluentes, central coleta seletiva de resíduos.
Casa da Moeda do Brasil	Borra de tinta, lodo galvânico.	1.975	Controle / tratamento / disposição resíduos efluentes, ETE galvânicos, sistema de aeração, política ambiental.
Ecolab	Sólidos, líquidos, emissões atmosféricas.	125	Política de conservação ambiental, uso de produtos biodegradáveis, 97% das embalagens feitas com produtos recicláveis, eficiência energética.
Fábrica Carioca de Catalisadores S.A	Efluentes líquidos com / sem amônia, sólidos em suspensão, efluente orgânico, amônia, embalagem, óleo, sucata metálica.	412	Certificação ISO 14.001 - SGA, OHSAS 18.001 reflorestamento, borto florestal, sistema de controle emissões atmosféricas recuperação do solo e da água superficial na área subjacente a indústria.
Gerdau - Cosigua S/A	Resíduos contendo aço – sucatas de processo, enlatados, tambores, óleos.	1.900	Certificação ISO 14.001 - SGA, monitoramento, recirculação da água de processo, preservação de florestas, programas de educação ambiental, reciclagem de resíduos.
Usina Termoeleétrica de Santa Cruz	Sólidos, líquidos, emissões atmosféricas.	216	Política ambiental, monitoramento, racionalização do uso recursos naturais, reciclagem lixo sólido e lodo gerado, programa de conservação energia.
Latasa Ltda	Aparas de alumínio, emissões de VOC.	136	Política ambiental, monitoramento, reciclagem de alumínio e de embalagens.
Morganite do Brasil Ltda	Sólidos, líquidos, emissões atmosféricas.	86	Melhoria ambiental contínua, plano de redução de resíduos do processo e reciclagem, monitoramento.
Novartis Biociências S.A	Solventes, óleo hidráulico, papelão, produtos plásticos.	310	Programa de gerenciamento de perda zero, reciclagem, plano de gestão ambiental.
NUCLEP S.A -	Sólidos, líquidos, emissões atmosféricas.	530	Racionalização do uso recursos naturais, redução resíduos, integração dos sistemas gestão.
Pan Americana S/A	Sólidos, líquidos, emissões atmosféricas.	63	Redução do uso de recursos naturais, tratamento de efluentes.
SICPA	Sólidos, líquidos, emissões atmosféricas VOC.	245	ISO 14.001, redução consumo água, energia.
Valesul S.A.	Efluente da purga compressores e lavagem equipamentos, resíduo catódico (SPL), borra de alumínio, pó de carbono.	716	Certificação OHSAS 18.001, política gestão segurança, saúde e meio ambiente, processo de coleta seletiva, reciclagem de alumínio.

Fonte: elaboração própria a partir de Fragomeni (2005)

A diversidade de tipologias industriais apresentadas na tabela acima demonstra a possibilidade de se desenvolverem sinergias, não só de resíduos como também de serviços de

interesse comum as indústrias. Desde sua criação, as indústrias do EI de Santa Cruz continuam se reunindo mensalmente, na sede da Associação de Empresas do Distrito Industrial de Santa Cruz (AEDIN) (VEIGA, 2007).

No intuito de coordenar as atividades do EI, os diretores das indústrias e representantes da AEDIN criaram a Diretoria de Desenvolvimento Sustentável, onde se definiu um plano de ação e foi assinado um termo de compromisso firmando um intercâmbio espontâneo entre as indústrias. Este plano de ação engloba uma política de gestão ambiental integrada e a adoção de práticas industriais mais ecológicas em atendimento à legislação ambiental, incluindo programas voluntários e o fomento à educação ambiental voltados à comunidade local. Inicialmente foram selecionadas questões de maior interesse e definidas algumas prioridades, tais como (FRAGOMENI, 2005):

- 1) Programa de gestão integrada de resíduos e coleta seletiva: tem por objetivo identificar possíveis sinergias, otimizar a reutilização e a reciclagem de matérias e resíduos, agregando valor ou reduzindo custos. Inclui-se entre as atividades do programa: estabelecer um inventário de resíduos, estabelecer uma central de coleta e destinação de resíduos; otimizar o uso de matérias-primas (maior eficiência nos processos e consequente redução dos resíduos gerados).
- 2) Intercâmbio técnico-científico e gestão ambiental entre as indústrias: tem por objetivo aumentar o intercâmbio entre as indústrias facilitando a busca de soluções tecnológicas comuns, através da troca de experiências, pesquisas na área ambiental.
- 3) Estímulo à instalação de indústrias que possam interagir com as cadeias produtivas locais: parceria com o governo do Estado, responsável por criar uma infra-estrutura local e fornecer incentivos fiscais e financeiros para atrair indústrias para a região.
- 4) Avaliação e monitoramento da qualidade do ar: avaliar e monitorar a qualidade do ar, formação de um banco de dados dos monitoramentos já realizados pelas indústrias individualmente.
- 4) Monitoramento da rede de drenagem: avaliação das águas subterrâneas e dos pontos de retenção de drenagem, levantamento do perfil hidrológico e da qualidade da água coletada no Canal do São Francisco.



- 5) Programa de capacitação em gestão ambiental: disseminar os conceitos e práticas de gestão ambiental, realizar seminários, cursos e workshops.
- 6) Reflorestamento da região com espécies nativas: propostas de inserção de espécies nativas e projeto de tratamento paisagístico.
- 7) Facilitar o acesso à legislação e agilizar os processos de adequação aos requisitos legais: promover seminários para esclarecimento de leis e promover melhor interação com os órgãos de controle ambiental.
- 8) Prestação de serviços entre indústrias – manter intercâmbio entre indústrias, identificar fornecedores comuns (redução de preço pelos serviços oferecidos).
- 9) Agilizar o acesso à infra-estrutura básica de responsabilidade do Poder Público: formar um grupo na AEDIN para acompanhar propostas junto ao Poder Público Estadual e Municipal quanto a implantação de infra-estrutura necessária ao desenvolvimento do PIE.

Segundo o Diretor da empresa Gerdau (janeiro, 2007) após a adesão ao Programa Rio Ecopólo, houve um aumento no número de indústrias que implementaram um Sistema de Gestão Ambiental (SGA), através da certificação ISO 14.001. Muitas indústrias já descobriram que a gestão do meio ambiente não deve ser considerada um fator restritivo e de encarecimento no processo de produção. O cenário internacional mostra que a indústria possui uma maior vantagem competitiva ao adotar uma política ambiental e incorporá-la a sua política de negócios (FRAGOMENI, 2005).

Em recente reportagem publicada no jornal “O Fluminense” se observa que o Distrito Industrial de Santa Cruz vêm recebendo novos empreendimentos. A empresa americana Oil States investirá US\$ 70 milhões em uma nova fábrica no local. A unidade, que já conta com um empreendimento em Macaé, ocupará uma área de 126,6 mil metros quadrados e irá gerar 500 novos postos de trabalho. O aporte reforça a vocação do Estado do Rio de Janeiro no setor de *offshore*. A empresa integra o grupo de investidores que escolheu o Distrito Industrial da Companhia de Desenvolvimento Industrial (CODIN), da Secretaria de Desenvolvimento Econômico, para instalação de suas unidades (FRAGOMENI, 2005).

No total, oito empresas investirão R\$ 1,47 bilhão, com geração de 1.450 empregos diretos. Apenas a Rolls Royce, também voltada para o setor petrolífero, investirá R\$ 200 milhões. A unidade será responsável pela montagem e testes de pacotes de turbinas industriais para o segmento (FRAGOMENI, 2005).

A diversificação industrial do distrito da Zona Oeste do Rio atraiu também o novo Centro de Processamento Final de Vacinas e Biofármacos de Biomanguinhos, que será responsável pelo investimento de R\$ 800 milhões e triplicará a capacidade de processamento da Fiocruz. As empresas Gypsum, Champion Technologies e Jeumont Electric complementam a carteira de negócios até 2014. Estão previstas ainda a ampliação da indústria de tintas Sicpa e a instalação da TranslocServ, de locação de veículos (FRAGOMENI, 2005).

Verifica-se ainda que os diversos benefícios fiscais concedidos têm atraído vários negócios para o local. A Comissão Permanente de Políticas para o Desenvolvimento do Estado do Rio de Janeiro (CPPDE) aprovou benefícios fiscais para mais dois empreendimentos no interior fluminense. A Sequoia Alimentos e a Mowen Flora Resinas investirão, no total, R\$ 5 milhões em suas unidades no Distrito Industrial de Paracambi, da Companhia de Desenvolvimento Industrial (CODIN), e no município de Mendes, no Centro Sul Fluminense (FRAGOMENI, 2005).

### **3.5.6. Cidade Industrial de Curitiba (CIC) – Curitiba e Araucária**

A CIC compreende partes dos municípios de Curitiba e Araucária. Segundo o censo do IBGE (2010), o Município de Araucária possui 94.258 habitantes, sendo que desses, 91% se encontram na área urbana. Devido à sua localização estratégica, em relação ao MERCOSUL e à facilidade de acesso rodo-ferroviário, rápida conexão com portos e aeroportos e boa infraestrutura disponível, o setor industrial desenvolve-se com facilidade no Município, sendo responsável no ano de 1998, por 51% do PIB municipal (Prefeitura Municipal de Araucária, 2005) (NASCIMENTO *et al.*, 2005).

Para o Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba - IPPUC, a CIC foi criada em 1973, com intuito de promover o desenvolvimento industrial do Município de Curitiba. Atualmente, a CIC é o maior bairro da cidade. De acordo com a Secretaria de Estado da Fazenda do Paraná - SEFA/PR, a cidade industrial possuía, em 1999, aproximadamente, 4000 indústrias, em uma área de  $\pm 69$  km<sup>2</sup> (NASCIMENTO *et al.*, 2005).

A CIC possui indústrias em vários setores de atividade econômica, e conforme descrito por Nascimento *et al.* (2006) cada uma dessas indústrias vem gerando

impactos ambientais, que poderiam ser amenizados, se criasse um ecossistema industrial entre as firmas participantes deste arranjo, que poderia ser impulsionado através de algumas ações advindas tanto da iniciativa privada quanto dos governos.

De acordo com os autores para transformar a CIC num ecossistema industrial, primeiramente, o governo através de financiamentos e pesquisas, deveria realizar o levantamento dos resíduos produzidos pelas indústrias, do consumo de água, de energia e de matérias-primas, no intuito de identificar as principais ações que precisam ser desenvolvidas para atender às demandas necessárias. Além disso, é interessante mapear todas essas indústrias, para poder otimizar o processo logístico, tanto no nível econômico, como no nível operacional, pois este seria um fator determinante, para o sucesso da constituição deste modelo de distrito industrial sustentável.

Outro fator importante seria a realização de **estudos** prospectivos, para identificar as tendências relacionadas com este modelo de parque industrial como, por exemplo, as tecnologias que poderão surgir e, conseqüentemente, afetar o desenvolvimento deste projeto. A utilização de ferramentas prospectivas pode minimizar o risco de investimentos em áreas críticas, pois existe uma preocupação cada vez maior com as questões ambientais e isto pode refletir em inovações de processos, que reduzam os resíduos industriais. Para que um projeto desta natureza seja efetivado, no entanto, é preciso interesse da comunidade e vontade política.

Atualmente, a CIC possui empresas dos mais diversos ramos de atividades, tanto na indústria como na prestação de serviços e comércio. O setor industrial possui empreendimentos em segmentos, como: (i) metal-mecânico; (ii) móveis; (iii) embalagens de papel; (iv) bens de consumo; (v) madeiras; (vi) alimentos; (vii) automobilístico; (viii) petroquímico; (ix) químico; (x) cimento; (xi) minérios; e (xii), etc (NASCIMENTO *et al.*, 2005).

Este pólo industrial não foi planejado com a finalidade de promover a Simbiose Industrial. No seu início, a preocupação era concentrar as indústrias numa determinada região, para diminuir o impacto ambiental desorganizado, nas mais diversas áreas da cidade (IPPUC, 2005)

Por causa da grande diversidade de segmentos e atividades desenvolvidas pelas empresas industriais da CIC, bem como sua área extensa, cercada por habitações construídas sem um planejamento urbano efetivo, pode-se afirmar, sem êxito, que um processo de constituição de um Eco-Parque seria muito complexo e difícil de ser concretizado nesse atual ambiente, mas não impossível (NASCIMENTO *et al.*, 2005).

Conforme demonstrado no quadro 12 a seguir, a maioria das indústrias da CIC, filiadas à FIEP, estão relacionadas ao setor de metalurgia e de produtos e artefatos de madeira. Porém, destacam-se três empresas: (i) a Refinaria Presidente Getúlio Vargas, principal empresa do setor químico do Sul do País, responsável pela produção de gasolina, óleo diesel, gás de cozinha (GLP), óleos comestíveis e nafta petroquímica; (ii) a CISA/CSN, com a produção de aço; e (iii) a UEG - Usina Elétrica a Gás (NASCIMENTO *et al.*, 2005).

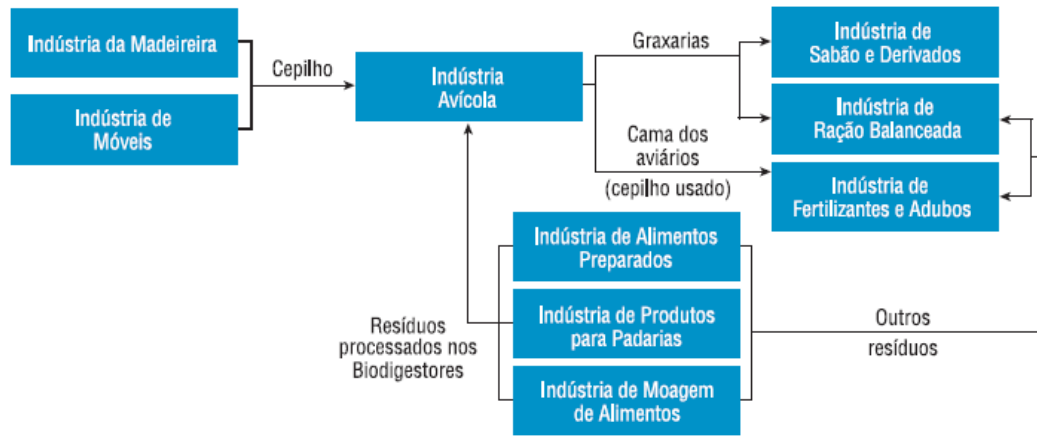
**Tabela 1 – Atividades das empresas da CIC**

Classificação	Nº empresas
Metal / metalúrgica	25
Madeira (produtos e artefatos)	12
Fabricação de máquinas e peças	11
Outros	11
Produtos plásticos e químicos	10
Construção civil	9
Papel e derivados	9
Alimentação / ração	7
Fertilizantes	3
Médico-hospitalares	3
Serviços	3
Reciclagem	2
Produção de energia	1
Refinaria de petróleo	1
<b>TOTAL</b>	<b>107</b>

Fonte: Nascimento *et al.*, 2006

Um exemplo de Simbiose Industrial que poderia ser desenvolvido com algumas empresas da CIC envolve as seguintes indústrias: (i) beneficiamento de madeiras; (ii) móveis; (iii) indústria avícola (abatedouro de frango); (iv) indústria de sabão e detergentes; (v) rações balanceadas; (vi) fertilizantes e adubos; e (vii) outras indústrias de alimentos. O modelo proposto pode ser observado na Figura 3 a seguir (NASCIMENTO *et al.*, 2005).

**Figura 6: Esquema do Ecossistema Industrial**



Fonte: Nascimento *et al.*, 2006

Através da observação da Figura, é possível verificar que as indústrias citadas nesta simulação pertencem a setores diversos e os resíduos e subprodutos gerados nos seus, respectivos, processos produtivos podem complementar a produção de outras indústrias. Desta forma, essas empresas podem aproximar o modelo do sistema fechado, onde os resíduos de um são as matérias-primas do outro (NASCIMENTO *et al.*, 2005).

Ante a análise realizada verifica-se que a Cidade Industrial de Curitiba e Araucária possui um enorme potencial para a concretização da simbiose industrial, e de acordo com os estudos realizados por Nascimento *et al.* (2005), ações dos governos relacionadas a financiamento de projetos e incentivos a pesquisas, bem como estudos técnicos podem impulsionar este arranjo, evidenciando, o expressivo papel que o Macroambiente possui na emergência dos ecossistemas industriais.

## **Considerações Finais**

Esta dissertação buscou dar atenção às mudanças que o Paradigma Centrado na Sustentabilidade tem ocasionado nas sociedades. Apresentou-se o conceito de Ecologia Industrial, destacando em particular dois de seus instrumentos, a Simbiose Industrial, e os Ecossistemas Industriais. A pesquisa realizada além das perspectivas teóricas retratadas, forneceu ao leitor uma aproximação para com esta abordagem, uma vez que, através dos programas analisados, e das ações concretas que estão em execução, fica evidente o quanto elementos, conceitos, princípios e características advindos da ecologia industrial estão sendo incorporados em determinadas políticas e legislações, demonstrando que a aludida abordagem está cada vez mais inserida na vida das pessoas.

Ao estudar os arranjos produtivos do tipo ecossistemas industriais já existentes ao redor do mundo, e, ao analisar os diversos estudos existentes sobre esta temática, buscou-se ao longo dos capítulos desta dissertação, explicar quais são os fatores utilizados em âmbito mundial para se estudar o Macroambiente de onde emergem as iniciativas de formação de ecossistemas industriais, e como o Macroambiente nacional se comporta ao observá-lo através destes mesmos fatores.

Nota-se que a pesquisa proposta, através do modelo analítico apresentado, buscou ressaltar a partir dos estudos de casos internacionais os elementos fundamentais para a emergência dos ecossistemas industriais. Como resultado chegou-se ao modelo de análise, que apontou 19 fatores ou elementos capazes de influenciar a simbiose industrial. Dentre estes, devido a maior recorrência na literatura, verificou-se que questões que envolvem: financiamentos, subsídios, parcerias, pesquisas, emissão de certificação, organização da cadeia produtiva e legislação federal como fundamentais ao fomento destes arranjos produtivos.

Deve-se ressaltar ainda que a partir dos estudos realizados verifica-se que os mecanismos apresentados no modelo refletem um horizonte de fatores importantes para a emergência dos Ecossistemas Industriais, porém, a partir da pesquisa realizada nota-se que o macroambiente nacional pode ser ampliado de modo a incorporar aspectos igualmente relevantes como: fatores históricos, abundância de recursos e pressões sociais.

Ao analisar especificamente o Macroambiente brasileiro pode-se primeiramente ressaltar que em uma grande quantidade de legislações e políticas podem ser visualizados aspectos que fomentam ou podem fomentar a simbiose industrial, de modo que um estudo irrestrito acerca do Macroambiente seria humanamente impossível. Aliado a isto,

fatores como a grande extensão territorial e populacional do país, bem como, a grande quantidade de legislações ambientais, descentralização normativa das questões que envolvem o meio ambiente, e grande quantidade de políticas públicas direta e indiretamente vinculadas às questões ambientais geram uma dificuldade para que se esgotem os estudos sobre o Macroambiente brasileiro que incentiva este tipo de arranjo produtivo. A dificuldade aumenta, na medida de sua concepção semântica, o próprio termo Macro, conforme demonstrado ao longo da pesquisa, possui como maior característica a amplitude, ou a diversidade de fatores (atores/ações, etc), que podem auxiliar a formação dos ecossistemas industriais.

Apresentada esta dificuldade, deve-se salientar que a seleção de ações analisadas pela pesquisa foi realizada a partir de sua adequação a basicamente dois critérios: i) vinculação ao modelo analítico extraído a partir dos estudos de casos internacionais, e ii) aproximação/relação com os princípios da ecologia industrial e dos ecossistemas industriais.

Tecidas tais afirmações, nota-se, desde logo, que para complementar o presente estudo podem surgir iniciativas de pesquisa destinadas a estudar outras ações, programas, e políticas públicas voltadas à formação dos EI, bem como destrinchar de forma mais detalhada através de algum tipo de estudo de caso algumas das ações apresentadas ao longo desta pesquisa, e verificar de forma pormenorizada como tal ação fomentou/fomenta o desenvolvimento dos arranjos.

Observa-se que o modelo analítico apresentado no trabalho, por ser construído a partir de estudos de caso internacionais, e possuir ampla sustentação na literatura nacional e internacional pode ser apresentado como um modelo de referência, que traduz de forma confiável o que está diretamente vinculado ao Macroambiente de emergência dos ecossistemas industriais.

Tratando especificamente das ações analisadas ao longo da pesquisa, importante, neste momento, frisar que a Política Nacional do Meio Ambiente se reveste de grande relevância para o estudo do Macroambiente brasileiro favorável à emergência dos EI por representar o marco inicial (de maior relevância) do país em prol da conservação e manutenção do equilíbrio ambiental. Nesta esteira, foi estudado alguns aspectos da Constituição Federal de 1988, que é a única constituição do país que destinou atenção específica à questão ambiental, e ainda, pelo fato de se tratar da norma maior vigente no ordenamento jurídico pátrio, possui relevância suficiente para ser inserida na pesquisa. A Lei de Crimes Ambientais, por sintetizar um grande avanço na questão ambiental, e por incorporar o princípio da precaução em seu bojo foi selecionada no intuito de enfatizar como questões legais (impositivas) são importantes para avanços mais rápidos em preservação,

conservação e conscientização da população. Por fim, a Política Nacional de Resíduos Sólidos recentemente elaborada é o instrumento normativo que traduz de forma consistente os princípios e características da ecologia industrial, por isso seu estudo.

Inserido no âmbito da iniciativa pública, nota-se que o Plano de Produção Integrada em execução no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, possui ampla relação com a abordagem dos ecossistemas industriais e da simbiose industrial, principalmente por enfatizar o fechamento de ciclo. Assim como este, os Planos de Cidades Sustentáveis e Plano Nacional de Resíduos Sólidos em execução no Ministério do Meio ambiente também possuem ampla relação com a ecologia industrial. O Plano de Governança Ambiental reflete a mudança de paradigma tratada por esta pesquisa.

Ressalta-se ainda, que as organizações de indústrias, firmas individuais e sociedade, de um modo geral também podem contribuir para o avanço da simbiose industrial. Assim foi realizado estudo acerca do programa Bolsa de Resíduos em execução no Rio de Janeiro e o Programa Brasileiro de Simbiose Industrial, que traduzem de forma singular aspectos como cooperação, diversidade, fechamento de ciclo, referentes à abordagem dos ecossistemas industriais.

Das ações analisadas, observa-se, que existem no Brasil, iniciativas que buscam abordar a eficiência nos processos produtivos e incorporam as idéias da Ecologia Industrial e do desenvolvimento sustentável em seu bojo, porém tais iniciativas estão bastante esparsas (pouco integradas), e ainda são tímidas do ponto de vista de ganhos ambientais, econômicos e sociais, se levado em consideração o potencial ambiental do país, o grau de industrialização e sua extensão territorial e populacional. A inexpressividade dos resultados, por hipótese, pode ser decorrente da falta de informação da sociedade e do conflito de interesses que existem por traz de medidas sérias em prol do meio ambiente.

Assim de toda a análise realizada percebe-se a importância de se fortalecer no país as idéias e princípios contidos no estudo da Ecologia Industrial para que num futuro próximo alcancem-se melhores resultados em gestão integrada de resíduos, e consequentemente ganhos ambientais, econômicos e sociais.

Nesta abordagem propõem-se como meio propulsor dos ecossistemas industriais já no curto prazo, a ação coordenada de governos, indústrias e sociedade civil, através da ampla divulgação de oportunidades e resultados obtidos a partir da simbiose industrial no país e no exterior, de forma a despertar o interesse e recrutar parceiros com o objetivo de viabilizar e fortalecer um plano unificado, verdadeiramente comprometido com a formação dos ecossistemas industriais.



## Referências Bibliográficas:

AGARWAL, A.; STRACHAN, P. NISP: **Towards Developing a New and Integrative Methodology to Evaluate Industrial Symbiosis Networks. Industrial Symbiosis in Action: Report on the Third International Industrial Symbiosis Research Symposium.** Yale F&ES Publication Series, New Haven, pp. 21–24, 2007.

ANDRADE, D. C.; FASIABEN, M. C. R. **A utilização dos instrumentos de política ambiental para a preservação do meio ambiente: o caso dos Pagamentos por Serviços Ecossistêmicos (PSE).** Economia-Ensaio. Uberlândia: EDUFU, 2009.

ANDREWS, C. J. **Putting Industrial Ecology into place – evolving roles for planners.** Journal of the American Planning Association, vol. 65. N. 4. 1999.

ASHTON, W. S. **Understanding the organization of industrial ecosystems – a social network approach.** Journal of Industrial Ecology. V. 12. N. 1. 2008.

ASSIS, R. L. **Desenvolvimento rural sustentável no Brasil: perspectivas a partir da integração de ações públicas e privadas com base na agroecologia.** Economia Aplicada 10 (1), 75-89, Jan./Mar, 2006.

AZEVEDO, A. F. Z.; CAMPOS, A. Z.; CORONEL, D. **A política industrial e desenvolvimento econômico: a reatualização de um debate histórico.** ANPEC, 2012.

BARBOSA, A, A, T, M. **A competência do Município para legislar sobre meio ambiente.** Faculdade de Direito, USP. São Paulo, 2013.

BOLSA DE RESÍDUOS DO RIO DE JANEIRO. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <[www.firjan.org.br](http://www.firjan.org.br)>. Acesso em: 30 de dezembro de 2013.

BRITTO, J. **Rede de firmas: *modus operandi* e propriedades internas dos arranjos interindustriais, cooperativos.** Rio de Janeiro (mimeo).1996.

CARVALHO, A.K.S.; OLIVEIRA, E. M.; LIMA, F.T.R.; SOUZA, G. R. **Ecologia industrial: estudo das potencialidades do centro industrial avançado de macaíba – cia.** IV Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte e Nordeste de Educação Tecnológica. Belém – PA, 2009.

CASAROTTO FILHO, N.E.; CASTRO, J.E.; FIOD NETO, M. CASAROTTO, R. **Redes de pequenas empresas: as vantagens competitivas na cadeia de valor.** Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1998.

CHERTOW, M.R. **Industrial Symbiosis: Literature and taxonomy.** Rev. Energy Environ, 2000.

CLARISSA, F. M., JÚNIOR, N. N., BACKER, P. **Direito ambiental econômico e a ISO 14000: análise jurídica do modelo de gestão ambiental e certificação ISO 14001**. 2a. ed. rev., atualizada e ampliada. São Paulo, SP, Brasil : Editora Revista dos Tribunais, c2009.

CORONEL, D.A., CAMPOS, A. C., AZEVEDO, A. F. Z. **Política industrial e desenvolvimento econômico: a reatualização de um debate histórico**. Programa de Pós-Graduação em Administração. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria (RS), 2012

CORREIA, J. E. **Aplicação do conceito de simbiose industrial na captura e estocagem de co2 provenientes do parque industrial baiano para fins de recuperação secundária especial de petróleo em campos terrestres maduros**. Universidade Federal da Bahia, SALVADOR –BA, 2008.

CORRÊA, G. N. **Proposta de integração de parceiros na formação e gerência de empresas virtuais**. Tese (Doutorado em Engenharia). Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos, 1999.

COSTA, M. M. **Princípios de Ecologia Industrial Aplicados à Sustentabilidade Ambiental e aos Sistemas de Produção de Aço**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, 2002.

COSTA, A.G.; TONELO, D. **Filosofia da ciência e mudanças de paradigma: uma breve revisão da literatura**. Programa de pós-graduação em Mudança Social e Participação Política pela USP, São Paulo, 2011.

COSTA, I.; MASSARD, G.; AGARWAL, A. *Waste management policies for industrial symbiosis development: case studies in European countries*. Journal of Cleaner Production 18 (2010) 815–822. Accepted 23 December 2009, Available online 11 January, 2010.

COHEN-ROSENTHAL. *What is eco-industrial development*. Disponível em: [www.greenleaf-publishing.com/content/pdfs/eich1.pdf](http://www.greenleaf-publishing.com/content/pdfs/eich1.pdf), 2003 .

CÔTÉ, R. P.; COHEN-ROSENTHAL, E. *Designing eco-industrial parks: a synthesis of some experiences*. Journal of Cleaner Production. V. 6. 1998.

DALY, H. **On economics as a life science**. Journal of Political Economy. V. 76. N. 3. 1968.

DERANI, C. **Direito Ambiental Econômico**. 2º Edição, São Paulo, Max Limonad, 2001.

DESROCHERS, P. *Cities and Industrial Symbiosis; some historical perspectives and policy implications*, Journal of Industrial Ecology, v. 5, nº 4, pp. 29 – 44, MIT Press, 2002.

DEUTZ, P.; GIBBS, D. *Eco-industrial development and economic development: industrial ecology or place promotion. Business Strategy and the Environment*. N. 13. 2004.

EGRI, C. P.; PINFIELD, L. T. **Ecologia e meio ambiente**. In: CLEGG, S. T.; NORD, W. R.; HARDY, C. Handbook de estudos organizacionais. São Paulo: Atlas, 2001.

ERKMAN, S.; FRANCIS, C.; RAMASWAMY, R. **Ecologia Industrial: uma agenda para a evolução do sistema industrial. Cadernos de Proposições para o Século XXI**. Aliança por um Mundo. Responsável, Plural e Solidário, Genebra. 2005.

ESTENSSORO, L. **Capitalismo, Desigualdade e Pobreza na América Latina**. Universidade de São Paulo. São Paulo-SP, 2003.

FEEMA – **FUNDAÇÃO ESTADUAL DE ENGENHARIA DO MEIO AMBIENTE**, Programa Rio Ecopolo: A-B-C do Programa. (documento não publicado), 2002.

FIESP. **Palestra sobre potabilidade da água para consumo humano. Índices, pesquisas e publicações**. São Paulo: FIESP/SP, 2011.

FRAGOMENI, A. L. M. **Parques industriais ecológicos como instrumento de planejamento e gestão ambiental cooperativa**. Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro – RJ, 2005.

FRISCHTAK. **O Brasil e a economia verde: fundamentos e estratégia de transição**, UNEP, 2010.

GAIO, A., ABI-EÇAB, P. **Lei da Política Nacional do Meio Ambiente : 30 anos**. Campo Grande (MS): Contemplar, 2012.

GAMEIRO, H.; BARTHOLOMEU, D. B.; FILHO, J. V. C.; **Logística ambiental de resíduos sólidos**. Atlas. São Paulo, 2011.

GERTLER, N. **Industrial Ecosystems: Developing Sustainable Industrial Structures**, Master Dissertation, Massachusetts Institute of Technology- MIT, Massachusetts, USA, 1995.

GIANNETTI, B.F.; ALMEIDA, C.M.V.B. **Ecologia Industrial. Conceitos, Ferramentas e Aplicações**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 2006.

GIBBS, D., DEUTZ, P. **Implementing Industrial Ecology? Planning for ecoindustrial parks in the USA**, Geoforum, Elsevier Science, 2004.

GLADWIN, T. N.; KENNELLY, J. J.; KRAUSE, T. *Shifting paradigms for sustainable development: implications for management theory and research*. The Academy of Management Review. V. 20. N. 4. 1995.

GRAEDEL, T. **Industrial Ecology: definition and implementation**. In: Socolow, R. et al. Industrial Ecology and global change. 1994.

HAMEL, G.; PRAHALAD, C. K. **Competindo pelo futuro – estratégias inovadoras para obter o controle do seu setor e criar os mercados de amanhã**. Editora Campus, 1995.

HEERES, R.R.; VERMEULEN, W. J. V.; WALLE, F. B. *Eco Industrial Park Initiatives in the USA and Netherlands: first lessons*, Journal of Cleaner Production, V.12, pp. 985-995, 2004.

HERMOSILLA, D.L., STEIL, A.V. **Inovação para sustentabilidade nas organizações: uma revisão sistemática das abordagens de inovação sustentável, eco-inovação, inovação ambiental e inovação social**. São Paulo – SP, 2006.

HIRSCHMAN, A. O. The rise and decline of development economics. In: GERSOVITZ, M. et al. (Org.). **The theory and experience of economic development**. London: George Allen and Unwin, 1982.

HOFF, D.N.; BRAND, M.A.M.; RATHMANN, R.; PEDROSO, E.A. **O setor de base florestal da serra catarinense e a emergência de um ecossistema industrial**. Revista RGSA, Porto Alegre, RS, 2008.

HOFF, D. N. **A construção do Desenvolvimento Sustentável através das relações entre as organizações e seus stakeholders: a proposição de uma estrutura analítica**. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios, Programa de Pós-Graduação em Agronegócios, 2008.

JACOBSEN, N. B. *Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark: A quantitative assessment of economic and environmental aspects*. *Journal of Industrial Ecology*. V. 10. N. 1-2. 2006.

JELINSKI, L. W. *Industrial ecology: concepts and approaches*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America – PNAS*, v.89, p.793-797, 1992.

JÚNIOR, P.S.P.; REYDON, B.P.; PORTUGAL, N.S. A sustentabilidade ambiental como direcionador estratégico ao processo de reindustrialização no Brasil. **Economia e Sociedade**, Campinas, v. 21, Número Especial, p. 889-907, 2012.

JÚNIOR, M.R.A., ATTANASIO, G.M.C., **Análise do princípio da precaução e suas implicações no estudo de impacto ambiental**, 2010.

KINCAID, Judy. Triangle J Council of Governments: Industrial Ecosystem Development, Project Report, 1999. Disponível em: <<http://www.tjcog.dst.nc.us/TJCOG/>>. Acesso em: nov. 2012.

KORHONEN, J. *Four ecosystem principles for an industrial ecosystem*. Journal of Cleaner Production. V. 9. 2001a.

KORHONEN, J. *Industrial ecology in the strategic sustainable development model: strategic applications of industrial ecology*. Journal of Cleaner Production, n.12, p. 809-823, 2004.

KRIVTSOV, V.; WÄGER, P.A.; DACOMBE, P.; GILGEN, P.W.; HILTY, L.M.; BANKS, C.J. *Analysis of energy footprints associated with recycling of glass and plastic – case studies for industrial ecology*. Ecological Modelling. V. 174. 2004.

KRUGMAN, P.R. Industrial organization and international trade. In: SCHMALENSEE, R.; WILLIG, R. (Eds.). *Handbook of industrial organization*. New York: Elsevier, 1989.

KUHN S. T. *A estrutura das revoluções científicas*. Tradução: Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 10ª Ed. São Paulo: Perspectiva, 2010.

KUPFER, D. *Economia Industrial*. Elsevier. 2008

LANFREDI, G. F. *Política ambiental : busca de efetividade de seus instrumentos*. 2. ed. rev., atualizada e ampliada. São Paulo : Ed. Revista dos tribunais, 2007.

LAYBOURN, P; MORRISAY, M. *National Industrial Symbiosis Programme – The Pathway to a low carbon sustainable economy*. International Synergies Ltd, 2009.

LEORNARDI, M.L.A. *Economia do meio ambiente: teoria, políticas e gestão de espaços regionais*. Campinas: Instituto de Economia/Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), SPM, 2001.

LEHTORANTA, S. NISSINEN, A. MATTILA, T., MELANEN, M. *Industrial symbiosis and the policy instruments of sustainable consumption and production*. Journal of Cleaner Production 19 (2011) 1865-1875. Accepted 2 April 2011. Available online 12 April 2011

LIFSET, R.; GRAEDEL, T. E. *Industrial Ecology: goals and definitions*. In: *A handbook of industrial ecology*. Disponível em: [http://planet.botany.uwc.ac.za/nisl/ESS/Documents/Industrial\\_Ecology\\_Overview.pdf](http://planet.botany.uwc.ac.za/nisl/ESS/Documents/Industrial_Ecology_Overview.pdf), 2002 .

LIWARSKA-BIZUKOJC, E.; BIZUKOJC, M.; MARCINKOWSKI, A.; DONIEC, A. *The conceptual model of an eco-industrial park based upon ecological relationships*. Journal of Cleaner Production. V. 17. 2009.

LOWE, E. *Eco-industrial park handbook for Asian developing countries*.. Disponível em: <http://www.indigodev.com/ADBHBdownloads.html>, 2001 .

LUSTOSA, M.C.J., CÁNEPA, E.M., YOUNG, C.E.F., **Política Ambiental**. In: MAY, P.H., LUSTOSA, M.C.J., VINHA, V. Da (org.). Economia do Meio Ambiente. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. 10ª Edição, São Paulo, Malheiros Editores, 2002.

MAGRINI, A. **Política e gestão ambiental: conceitos e instrumentos**”, *Revista Brasileira de Energia*, v.8, n.2, p.135-147, 2001.

MASSARD, G.; AGARWAL, A.; COSTA, I. *Waste management policies for industrial symbiosis development: case studies in European countries*. Journal of Cleaner Production 18 (2010) 815-822, 2010.

MCCOMBIE, J.S.L. *What Still Remains of Kaldor's Laws?* *The Economic Journal*, Vol. 91, Nº 361 (Mar., 1981) 206-216, 1981.

MEBRATU, D. *Sustainability and sustainable development: historical and conceptual review*. *Environmental Impact Assessment Review*, n.18, p.493–520, 1998.

MIRATA, M., EMTAIRAH, T. *Industrial symbiosis networks and the contribution to environmental innovation: the case of the Landskrona industrial symbiosis programme*. Journal of Cleaner Production 13 (10e11), 993e1002, 2005.

MOTTA, R.S. da, MENDES, F.E. **Instrumentos econômicos na gestão ambiental: aspectos teóricos e de implementação**. In: RIBEIRO, A.R., REYDON, B.P., LEONARDI, M.L.A., 2001. Economia do meio ambiente: teoria, políticas e gestão de espaços regionais. Campinas: Instituto de Economia/Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), SP, 2001.

MOTTA, J.P.S.P., CARIJÓ, R. S. Simbiose industrial: um estudo de caso para uma indústria de cosméticos no município do rio de janeiro. **Projeto de Graduação - UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Ambiental**, 2013.

MORAES, A., **Direito constitucional brasileiro**. SÃO PAULO. Atlas. 2013

OCDE. *Good Practices in the National Sustainable Development Strategies of OECD Countries*. PARIS, 2006.

NASCIMENTO, D. E., JÚNIOR, E. F. C., MORAES, L. R., RUTHES, S. Parque eco-industrial: Uma discussão sobre o futuro dos distritos industriais brasileiros. XII SIMPEP Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru. 2005

NORTH, D. *Institutions, Institutional Change, and Economic Performance*. Cambridge: Cambridge University Press. 1990.

OECD – ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Sustainable Development: Critical Issues**. 2001.

PACHECO, J.M. **Ecosistemas Industriais: proposição de estrutura analítica e avaliação do complexo sucroalcooleiro do triângulo mineiro**. IE-UFU. Uberlândia – MG, 2013.

PARK, H.; RENE, E. R.; CHOI, S.; CHIU, A.S.F. Strategies for sustainable development of industrial park in Ulsan, South Korea – from spontaneous to systematic expansion of industrial symbiosis. *Journal of Environmental Management*. V. 87. 2008.

PACK, H.; SAGGI, K. Is there a case for industrial policy? A critical survey. *The World Bank Research Observer*, v. 21, n. 2, p. 267-297, 2006.

PAVESE. **Delineamento de uma Economia Verde**, (UNEP), 2010.

PELLENBARG, P.H., “Sustainable Business Sites in the Netherlands: a survey of policies and experiences”, *Journal of Environmental Planning and Management*, V. 45(1), pp. 59-84, 2002.

PNRS – Plano Nacional de Resíduos Sólidos. MMA. Disponível em: <[http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRS\\_Revisao\\_Decreto\\_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd-15fc779a3657](http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd-15fc779a3657)>. Acesso em: jan/2014

PPI – Plano de Produção Integrada Agropecuária. MAPA. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br/desenvolvimento-sustentavel/producao-integrada>>. Acesso em: Jan/2014

PGA – Plano de Governança Ambiental. MMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/governanca-ambiental/economia-verde>>. Acesso em: Jan/2014.

PCS – Programa Cidades Sustentáveis. MMA. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos>>. Acesso em: Jan/2014.

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos. Lei 12.305/2010. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/253/\\_publicacao/253\\_publicacao02022012041757.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/253/_publicacao/253_publicacao02022012041757.pdf)>. Acesso em: dez/2013.

PONDÉ, J. Concorrência e mudança institucional em um enfoque evolucionista. In: **Anais do XXIV Encontro Nacional de Economia da ANPEC**. 1996.

PORTER, M. **A vantagem competitiva das nações**. Rio de Janeiro : Campus, 1993.

PRIBERAM. Dicionário da língua portuguesa. Disponível em: <http://www.priberam.pt/dlpo/default.aspx?pal=mecanismo> . Acesso em: 27, fev., 2013.

PNUMA – Programa das Ações Unidas para o Meio Ambiente. Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável e a Erradicação da Pobreza – **Síntese para Tomadores de Decisão**. 2011.

ROBERTS, B.H. *The application of industrial ecology principles and planning guidelines for the development of eco-industrial parks: an Australian case study*. Journal of Cleaner Production. V. 12. 2004.

SANTOS, M.A. **Capacitação técnica do setor de Meio Ambiente: “conectando empresas. Criando oportunidades**. CIN, Curitiba (PR), 2009.

SHRIVASTAVA, P. *Ecocentric management for a risk society*. The Academy of Management Review, v.20, n.4, p.118-137, 1995.

SOUZA, M. T. S., OURA. M. M. **A evolução das tecnologias *end-of-pipe* às tecnologias limpas em indústria de equipamentos de torrefação de café**. XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2007

TIGRE, P. B. **Inovação e teorias da firma em três paradigmas**. Instituto de Economia. Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro (RJ), 1998

VEIGA, L. B. E. **Diretrizes para a implantação de um parque industrial ecológico: uma proposta para o PIE de Paracambi**. Tese de D. Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, 2007.

VEIGA, L.B.E.; MAGRINI, A. **Eco-Desenvolvimento Industrial Park, no Rio de Janeiro, Brasil: uma ferramenta para o desenvolvimento sustentável**. Jornal de Produção Mais Limpa, v 17, p. 653-661, 2009.

WCED - WORLD COMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future*. 1987.  
Disponível em: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>

WILLIAMSON, O. *Transaction Costs Economics: The Governance of Contractual Relations*. Journal of Law and Economics, 22, p. 223-261, 1979.