

III-210 - DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL PARA A RECICLAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS: ESTRATÉGIAS E INSTRUMENTOS

Tainá Ângela Vedovello Bimbati⁽¹⁾

Engenheira Ambiental pela Faculdade Municipal Professor Franco Montoro e mestre em Engenharia Civil com ênfase em Saneamento e Ambiente pela Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas.

Emília Wanda Rutkowski⁽²⁾

Bióloga pela Universidade Federal de Minas Gerais, Mestre em Limnologia pela University of Stirling (Escócia) e Doutora em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo. Professora associada do Departamento de Saneamento e Ambiente da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC) da UNICAMP. Coordenadora do Laboratório de Estudos em Redes Técnicas e Sustentabilidade Socioambiental (FLUXUS) da FEC/UNICAMP.

Endereço⁽¹⁾: Laboratório FLUXUS, Departamento de Saneamento e Ambiente, Faculdade de Arquitetura, Urbanismo e Engenharia Civil – Universidade Estadual de Campinas – Avenida Albert Einstein, nº 951, Cidade Universitária Zeferino Vaz – Campinas – São Paulo – CEP: 13.083-852 – Brasil – Tel: (19) 3521-2992 – e-mail: tavbimbati@gmail.com

RESUMO

A disposição de resíduos sólidos no solo caracteriza um processo linear denominado “do berço ao túmulo”, no qual os produtos são projetados na lógica dos seres vivos e ao perderem sua vitalidade são aterrados. No entanto, a redução de espaços disponíveis para a construção de novos aterros e o desperdício de recursos que representa, tornaram claro que esta opção não é adequada. Os primeiros movimentos a questionarem esse modelo de produção e geração de resíduos surgiram no início da década de 60. A partir de então, foram sugeridas novas abordagens para lidar com os problemas de poluição ocasionados pelo sistema produtivo. Estabeleceu-se um consenso sobre a necessidade do setor industrial adaptar seu processo produtivo de modo a fabricar produtos a partir de um viés ambiental. Este trabalho teve como objetivo apresentar os instrumentos e estratégias industriais para a reciclagem de resíduos sólidos. A metodologia utilizada baseou-se em uma abordagem qualitativa de cunho exploratório por meio de pesquisa bibliográfica sobre o desenvolvimento da reciclagem pelas indústrias, incluindo trabalhos científicos, livros e outras publicações pertinentes sobre o tema. Os resultados mostram que a indústria passou a adotar aplicações práticas em seus processos industriais no final da década de 1960 com a incorporação da ecologia industrial até o desenvolvimento do conceito “do berço ao berço”. A partir da simbiose e da ecologia industrial, que proporcionaram uma nova abordagem para os resíduos sólidos, passou a reconhecer a matéria prima associada aos subprodutos de um processo e desenvolveu mecanismos para a sua recuperação e reintrodução no processo produtivo. Instrumentos e estratégias orientados aos produtos, processos produtivos e à cadeia produtiva com vistas ao reaproveitamento dos materiais contidos em seus produtos e subprodutos permitem a incorporação de princípios para viabilizar a reciclagem dos materiais que compõem os resíduos sólidos.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento de resíduos sólidos, Reciclagem, Ecologia Industrial, Responsabilidade Estendida do Produtor, Berço ao berço.

INTRODUÇÃO

Ao longo do tempo, eventos na área ambiental contribuíram para o desenvolvimento de uma abordagem industrial para a reciclagem. O desenvolvimento tecnológico produziu um aumento significativo de resíduos complexos de difícil decomposição, configurando um cenário contínuo de deterioração ambiental com necessidade de mudanças nos sistemas produtivos (DEMAJOROVIC, 1995; BRAGA, 2005). Segundo LIMA (2008), a partir da década de 90, o setor empresarial, impulsionado inicialmente pela economia financeira, assumiu um posicionamento mais concreto frente às questões ambientais e para tratar os problemas de poluição de forma preventiva, adaptando o sistema produtivo rumo a uma produção mais limpa e minimizando as perdas ao longo do processo.

A sustentabilidade ambiental passou a ser considerada uma palavra-chave na agenda industrial. O setor criou Organizações Não Governamentais para participar das discussões ambientais. Nas preparativas para a RIO 92, 48 dos maiores líderes empresariais do planeta criaram, em 1990, o Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável (BCSD) para responder às exigências da sociedade quanto às questões ambientais e estabelecer um diálogo sobre o desenvolvimento sustentável. Desta Conferência resultou a Agenda21, que propôs aos governos e indústrias, dentre outras, a necessidade de novos modelos e instrumentos para a gestão ambiental. Em seu capítulo 21, remete a necessidade de mudanças nos padrões de produção e consumo de modo a envolver o conceito de gestão integrada do ciclo de vida – através da redução, reutilização e reciclagem para um manejo ambientalmente saudável dos resíduos sólidos.

Mais tarde, em 1995, o setor formou o Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável (WBCSD) que passou a incluir a ecoeficiência em seus programas de trabalho, difundindo-a como uma estratégia de negócio. O compromisso mundial acerca da responsabilidade social e ambiental por parte das indústrias foi selado no início do século XXI com o Pacto Global, preparado pela Organização das Nações Unidas (ONU) a partir de princípios derivados da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento para implementar a Agenda21 Mundial.

De um modo geral, a partir da década de 90, a indústria passou a reconhecer os impactos de seus produtos e processos e propôs-se a desenvolver uma série de instrumentos e estratégias de gestão ambiental adotados aos produtos, processos e à cadeia produtiva de maneira preventiva. Aliado a isto, a introdução do conceito ciclo de vida do produto e a diferenciação de rejeitos e resíduos contribuíram para priorizar um comportamento diferenciado nos setores de produção e consumo (DEMAJOROVIC, 1995). Como o resíduo está associado a existência de um subproduto do processo cuja matéria prima pode ser recuperada e reintroduzida na produção, a indústria desenvolveu uma abordagem sobre a reciclagem dos resíduos.

Este trabalho teve como objetivo apresentar os instrumentos e estratégias industriais para a reciclagem de resíduos sólidos.

METODOLOGIA

Esta pesquisa foi desenvolvida a partir de uma abordagem qualitativa de cunho exploratório sobre o desenvolvimento industrial da reciclagem de resíduos sólidos. A metodologia utilizada neste trabalho baseou-se em uma pesquisa bibliográfica sobre o histórico da abordagem da reciclagem pelas indústrias, incluindo trabalhos científicos, livros e outras publicações pertinentes sobre o tema.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a premissa de que o setor industrial precisa adaptar seu processo produtivo de modo a fabricar produtos a partir de um viés ambiental, alguns instrumentos e estratégias podem auxiliar na reciclagem dos materiais. A incorporação de princípios na cadeia produtiva, em processos produtivos e/ou diretamente nos produtos pode facilitar a reciclagem dos materiais que compõem os resíduos sólidos, assim como otimizar o uso de energia e matérias primas e reduzir as perdas desnecessárias.

Os primeiros movimentos a questionarem o modelo de produção e geração de resíduos caracterizados em um processo linear denominado por McDonough e Braungart (2002) como “do berço ao túmulo”, surgiram no início da década de 60. A partir de então, foram sugeridas novas abordagens para lidar com os problemas de poluição ocasionados pelo sistema produtivo. Na Dinamarca, em Kalundborg, ocorreu o primeiro exemplo de Simbiose Industrial, que assim como na ecologia, refere-se a uma associação benéfica entre seres vivos. Segundo Chertow (2000), isto envolve integrar as indústrias possibilitando trocas de materiais, energia, água e subprodutos, tais como refinarias de petróleo, de energia, de fabricação de gesso e farmacêutica compartilharam águas subterrâneas, superficiais e residuais, vapor e eletricidade e trocaram uma variedade de resíduos que se tornam matérias-primas em outros processos. Além disso, essa sinergia oferecida pela proximidade geográfica traria às indústrias alguma vantagem competitiva (CHERTOW, 2000).

A partir desta primeira iniciativa, em 1963, Frederick Barnard introduziu o conceito de Ecologia Industrial, que fora difundido mais tarde por Frosch e Gallopoulos, em 1989. Esta estratégia fundamenta-se na criação de

processos industriais em ciclos fechados tal como os processos naturais. Essa abordagem trouxe uma nova perspectiva ao tratamento e à destinação dos resíduos sólidos no setor industrial. Os resíduos gerados durante o processo produtivo passam a ser utilizados como insumos em outro estágio.

Segundo Demajorovic (1995), na década de 70, movimentos ambientalistas do mundo todo intensificaram os questionamentos às tradicionais formas de destinação dos resíduos sólidos. A Conferência de Estocolmo, em 1972, foi o primeiro grande encontro internacional com representantes de diversas nações que se propôs a discutir os problemas ambientais. Na ocasião, o setor industrial foi reconhecido como o principal gerador de poluição. A Declaração de Estocolmo estabeleceu 26 princípios orientados para a preservação e melhoria do meio ambiente referente à utilização de recursos naturais e poluição atmosférica, da água e do solo provenientes da industrialização. Em 1987, a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU publicou o Relatório de *Brundtland* “Nosso Futuro Comum” para orientar as indústrias a adotarem processos mais eficientes na utilização de recursos para que gerem menos resíduos e poluição a fim de minimizar os impactos negativos sobre a saúde humana e o ambiente (MCDONOUGH e BRAUNGART, 2002). A introdução do conceito de desenvolvimento sustentável viria a sugerir um novo padrão de uso de recursos naturais, produção e consumo que considerasse a garantia de recursos para as próximas gerações.

As discussões foram amadurecidas na RIO 92 por 179 países presentes. Foi assinada a Agenda21, que reconheceu a necessidade estratégica da adoção de novos instrumentos de gestão ambiental no processo produtivo para embasar a indústria na sustentabilidade socioambiental e passou a incentivar a adoção da ecoeficiência (LIMA, 2008; CABRERA, 2010). Especificamente no que diz respeito aos resíduos sólidos, em seu capítulo 21, a Agenda21 discorre para além da disposição final ou de seu aproveitamento. Sugere que para um manejo saudável e adequado é fundamental uma mudança dos padrões insustentáveis de produção e consumo e utilizar o conceito de gestão integrada do ciclo de vida a partir da redução, reutilização e reciclagem. A introdução do conceito ciclo de vida do produto e a diferenciação de rejeitos e resíduos contribuíram para priorizar um comportamento diferenciado nos setores de produção e consumo (DEMAJOROVIC, 1995).

Dez anos depois da RIO92, durante a reunião da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável em Johannesburgo, na África do Sul, foram estabelecidas metas para a implementação da Agenda 21 em âmbito mundial e a avaliação dos obstáculos encontrados para atingir as metas da RIO92 e dos resultados alcançados. E em 2012, na Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (CNUDS) Rio + 20, que aconteceu no Rio de Janeiro, Brasil, a participação dos líderes dos países com relação ao desenvolvimento sustentável foi renovada e reafirmada. O documento final “O Futuro que Queremos” criou os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), que devem substituir os Objetivos do Milênio da ONU a partir de 2015.

No início da década de 90, o setor empresarial passou a participar das discussões ambientais. Nas preparativas para a RIO 92, 48 dos maiores líderes empresariais do planeta criaram, em 1990, o Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável, uma Organização Não Governamental para responder às exigências da sociedade quanto às questões ambientais e estabelecer um diálogo sobre o desenvolvimento sustentável. Em 1995, o Conselho Mundial da Indústria para o Meio Ambiente (WICE) e o BCSD se unem para formar o Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável.

Esta representação das indústrias mostrou a tomada da responsabilidade de se tornarem parte da solução à medida em que incluíram a ecoeficiência em seus programas de trabalho difundindo-a como uma estratégia de negócio rumo à sustentabilidade. A sustentabilidade ambiental passou a ser considerada uma palavra-chave na agenda industrial. A indústria passou a reconhecer os impactos decorrentes de seus produtos e processos e se propôs a desenvolver instrumentos e estratégias de gestão ambiental e alterações no modelo de produção de maneira preventiva adotados aos produtos, processos e à cadeia produtiva adequando sua postura perante o meio ambiente.

A partir da década de 90 surgiu uma série de instrumentos para orientar a maneira como a indústria deveria tratar o meio ambiente e orientar alterações no modelo de produção de maneira preventiva. Estas iniciativas concentraram-se a orientar mudanças significativas no processo produtivo, implicando em uma série de alterações no comportamento de diversos atores da cadeia produtiva.

Em 1990, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) estabeleceu princípios que constituíram a Produção Mais Limpa (P+L), que funcionam como medidas preventivas integrada aos processos, produtos e serviços para aumentar a ecoeficiência e reduzir os riscos ao homem e ao meio ambiente. Assumindo que a geração de resíduos é uma ineficiência do processo produtivo e um desperdício de matéria prima e insumos, a P+L prioriza a melhoria contínua das atividades produtivas, tanto nas tecnologias de processos como na própria gestão da empresa (LIMA, 2008). Além da conservação de recursos naturais e de energia, incluem a redução da quantidade e da toxicidade dos resíduos, rejeitos e emissões resultantes do processo produtivo. A adoção destas medidas contribui para a redução dos impactos negativos ao longo do ciclo de vida de um produto (PNUMA, 2005).

No mesmo ano, a Agência de Proteção Ambiental Norte-Americana (USEPA) lançou o Programa de Prevenção à Poluição (P2) com o objetivo de controlar as emissões e reduzir, eliminar e prevenir os resíduos industriais por meio da modificação dos processos produtivos para produzir menos resíduos, reutilizar e reciclar materiais ao invés de descartá-los (USEPA, 1992). Estas iniciativas concentraram-se a orientar mudanças significativas no processo produtivo, implicando em uma série de alterações no comportamento de diversos atores da cadeia produtiva.

A Responsabilidade Estendida do Produtor (REP) foi citada em 1990, na Suécia, pela primeira vez nos discursos ambientais, como um instrumento que viria a interferir significativamente na gestão dos resíduos sólidos e nos processos produtivos do mundo todo. O termo foi utilizado pelo Ministro de Recursos Ambientais e Naturais da Suécia, Thomas Lindhqvist, como uma estratégia de proteção ambiental na diminuição dos impactos ambientais dos produtos (ROSSEM, TOJO e LINDHQUIST, 2006). Segundo a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OECD) trata-se de uma “abordagem da política ambiental na qual a responsabilidade física e/ou financeira dos fabricantes de um produto é estendida ao estágio de pós-consumo de seu ciclo de vida”¹.

Esta iniciativa europeia responsabilizou os fabricantes por todo o ciclo de vida de seus produtos, especialmente por seu retorno, reciclagem e disposição final e serviu de influência para a criação de legislações sobre responsabilidade pós-consumo no mundo todo como um princípio norteador para orientar e viabilizar a reinserção dos materiais. No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabeleceu em 2010 o conceito de responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. Neste sentido, tanto a REP quanto a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos funcionam como princípios norteadores na reinserção dos materiais à cadeia produtiva.

Em 1992, o setor de eletroeletrônicos, por meio da Associação Americana de Eletrônicos, passou a reconhecer os impactos ambientais ocasionados na produção e no descarte dos equipamentos eletrônicos e observou a necessidade de integrar preocupações ambientais na etapa da concepção dos produtos eletrônicos (BEVILACQUA, CIARAPICA e GIACCHETTA, 2012) através do conceito de Projetar para o Meio Ambiente – *Design for Environment*. Embora tenha surgido especificamente para produtos eletrônicos, sua adoção começou a ser amplamente utilizada pelas indústrias de todos os setores. O termo foi adotado como um programa da Agência de Proteção Ambiental Americana. Hoje recebe nomes como *Life Cycle Design*, *Green Design* e, conforme Vezzoli e Manzini (2008), numa perspectiva mais ampla, *Ecodesign*.

Os produtos são projetados de modo que sejam o menos danoso possível ao meio ambiente, tanto na concepção, produção, distribuição e utilização (VEZZOLI e MANZINI, 2008). O Projetar para o Meio Ambiente reforça a necessidade de que cada parte do produto seja projetada priorizando a reutilização ou, quando não for possível, a recuperação do material. A intenção é trazer os materiais de volta ao ciclo técnico ou ao ciclo biológico. Ao considerar todo o ciclo de vida do produto, o projeto inclui os custos de fabricação, reparo, retorno e destinação final (SRIVASTAVA, 2007), ocasionando em uma redução de custos, tempo e energia a longo prazo. Eichner e Pethig (2001) destacam a importância do Projetar para o Desmonte, já Sakundarini et al. (2014) chama a atenção para o Projetar para a Reciclagem - *Design for Recycling (DfR)* que se fundamenta na combinação da concepção do produto com as práticas de reciclagem a fim de minimizar a perda dos materiais.

¹ Disponível em: <http://www.oecd.org/env/tools-evaluation/extendedproducerresponsibility.htm>

Segundo Coltro (2007), os estudos sobre a Análise de Ciclo de Vida (ACV), embora tenham se iniciado na década de 60 com a crise do petróleo e a preocupação acerca dos limites da extração de recursos minerais e tomado força na década de 80, só expandiram de fato na década de 90 com a sua normalização pela série de normas da ISO 14040. A primeira metodologia de ACV somente foi elaborada e divulgada em 1993 pela Sociedade de Química e Toxicologia Ambiental (SETAC). Muitos conceitos foram adotados pela *International Organization for Standardization (ISO)* que, em 1997 elaborou a ISO 14040 - Gestão ambiental, avaliação do ciclo de vida, princípios e estrutura, e as subsequentes 14041, 14042, 14043. Em 2006, junto com a ISO 14044, recebeu uma nova versão que cancelou as anteriores.

A ACV trata-se de uma ferramenta de avaliação dos impactos ambientais potenciais associados a produtos e/ou atividades ao longo de todo o ciclo de vida do produto, desde a extração da matéria-prima e produção até a circulação, o uso, disposição final ou reciclagem. A abrangência da avaliação depende das características do próprio produto e da decisão estratégica de ampliar a ferramenta ou de ajustar a características selecionadas ou mais relevantes.

Baseado nisso, em 1998 a indústria criou um mecanismo para comunicar ao consumidor os ganhos em eficiência ambiental de um produto e sua embalagem: a Rotulagem Ambiental. A ISO estabeleceu uma série de normas 14020 que, além de descrever os princípios gerais, regulamenta o desenvolvimento e o uso dos rótulos e declarações ambientais em três tipos: rotulagem ambiental (tipo I)², autodeclarações ambientais (tipo II)³ e declarações ambientais do (tipo II)⁴ (ABRE, 2016). Estabelecem a criação de selos para produtos com destaque criados por entidades independentes e que passam por processo de concessão e licença de uso (LIMA, 2008).

Mesmo com a existência de instrumentos e estratégias que já comprovassem a sua aplicação, em 2002, McDonough e Braungart (2002) criaram o conceito “do berço ao berço”⁵ para reforçar a ideia de manter todos os materiais em ciclos contínuos em que os recursos sejam usados numa lógica de criação e recuperação. Caracteriza um sistema de produção de ciclo fechado que reconhece os resíduos como recursos, no qual os produtos são especialmente projetados para que não haja perda de matéria, priorizando a seleção de materiais seguros à saúde e ao meio ambiente.

Mais tarde, essas abordagens cíclicas dos materiais foram integradas ao que se denominada como economia circular. Segundo o primeiro Relatório da Fundação Ellen MacArthur da série “*Towards the Circular Economy*” em 2013, o conceito tem origens em raízes profundas e não pode ser atribuída em uma única data ou autor. A economia circular refere-se a uma economia regeneradora que tem como objetivo manter os produtos, componentes e materiais no maior grau de reaproveitamento e valor em todos os momentos dos ciclos técnicos e biológicos.

Corroborando o cenário, em 2002, no Brasil, foi estabelecida a Bolsa de Resíduos pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) com o objetivo de estabelecer um mecanismo de divulgação de ofertas de compra e venda de resíduos industriais recicláveis. Funcionava como um banco de dados *online* de oferta de resíduos produzidos dentro das indústrias para possíveis compradores, possibilitando a disponibilização de resíduos de um segmento industrial a outro.

² ISO 14024:1999 e ABNT NBR ISO 14024:2004 - Estabelece os princípios e procedimentos para o desenvolvimento de programas de rotulagem ambiental do Tipo I, incluindo a seleção de categorias de produtos, critérios ambientais e características funcionais dos produtos, e parâmetros para avaliar e demonstrar sua conformidade. Essa norma também estabelece os procedimentos de certificação para a concessão de rótulos ambientais para identificar produtos com menor impacto ambiental se comparados com os similares em suas categorias, baseados num conjunto de critérios e definidos por estudos de ACV.

³ ISO 14021:1999 e ABNT NBR ISO 14021:2004 - Especifica os requisitos para autodeclarações ambientais no que se refere aos produtos, incluindo textos, símbolos e gráficos. Além da metodologia de avaliação e verificação geral para autodeclarações ambientais e métodos específicos de avaliação e verificação para as declarações selecionadas na própria norma, descreve também os termos usados comumente em declarações ambientais e fornece qualificações para o uso deles.

⁴ ISO 14.025:2006 - Exige a avaliação de ciclo de vida segundo as normas da série ISO 14.040 (ABNT NBR ISO 14.040 e 14.044, 2009).

⁵ *Cradle-to-cradle*® - marca registrada de McDonough e Braungart (2002)

Em 2004, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) lança uma Norma Brasileira para a Classificação de Resíduos Sólidos que define os resíduos como sendo: Classe I – Perigosos; Classe II – Não perigosos, nas quais a Classe II A são não-inertes e Classe II B são inertes. A partir desta classificação é possível identificar os resíduos passíveis de reciclagem em um primeiro momento.

Em 2008 a ABNT cria a NBR 13230 para normatizar a identificação de materiais plásticos para a reciclagem, facilitando a sua separação, possibilitando o aumento da qualidade da triagem e incorporação à indústria. É fundamental no estabelecimento de um sistema de logística reversa. Já a identificação dos materiais em vidro, aço, alumínio e papel é orientada pela NBR 16182 em 2013. Essa mesma norma estabeleceu o símbolo de “descarte seletivo” direcionado ao consumidor para o descarte dos resíduos sólidos recicláveis à coleta seletiva.

Dois anos depois, em 2010, foi aprovada a Lei Federal 12.305 que instituiu Política Nacional de Resíduos Sólidos. Ela dispõe sobre os princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos as responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis, inclusive no tratamento de resíduos a partir da reciclagem.

No mesmo ano, o Decreto nº 7.404 estabelece normas para execução da Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos - com a finalidade de apoiar a estruturação e implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos por meio da articulação dos órgãos e entidades governamentais, e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa.

O histórico mostra que ao longo dos anos existiu um consenso sobre a necessidade de que o setor industrial precisaria adaptar seu processo produtivo de modo a fabricar produtos a partir de um viés ambiental. Especificamente no que diz respeito à recuperação e reciclagem dos materiais, os instrumentos e estratégias orientados aos produtos, processos produtivos e à cadeia produtiva permitiram a incorporação de princípios para facilitar a reciclagem dos materiais que compõem os resíduos sólidos, assim como a otimização do uso de energia e matérias primas e a redução de perdas desnecessárias.

O levantamento das iniciativas da indústria para a reciclagem permitiu identificar um conjunto de estratégias e instrumentos orientados a produtos, processos produtivos ou à cadeia produtiva de uma maneira geral, conforme as Tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1: Instrumentos orientados a produtos

| INSTRUMENTO | DESCRIÇÃO | REFERÊNCIA |
|---|---|---|
| Análise de Ciclo de Vida (ACV) (1960; 1980) | Ferramenta que permite avaliar o impacto ambiental potencial associado a um produto ou atividade ao longo de todo o ciclo de vida do produto desde a extração da matéria-prima e produção até a circulação, o uso, disposição final ou reciclagem. Os primeiros estudos começaram na década de 60 com a crise do petróleo. | (COLTRO, 2007) |
| Responsabilidade Estendida do Produtor (REP) (1990) | Estratégia de proteção ambiental na diminuição dos impactos ambientais dos produtos ao responsabilizar o fabricante pelo ciclo de vida do produto, especialmente por seu retorno, reciclagem e disposição final. Abordagem da política ambiental na qual a responsabilidade física e/ou financeira dos fabricantes. | (ROSSEM, TOJO e LINDHQUIST, 2006) |
| Rotulagem ambiental (1998) | Visam comunicar ao consumidor os ganhos em eficiência ambiental de um produto e sua embalagem. As normas da ISO orientam a comunicação. Tipo I: selos criados por entidades independentes para produtos com destaque como programas de selo verde; Tipo II: declarações ambientais; Tipo III: rótulos criados por entidades independentes e que passam por processo de concessão e licença de uso, como o PROCEL/INMETRO. | (BRAGA e MIRANDA 2002; BARBIERI, 2007). |
| ABNT NBR 10004 - Classificação de Resíduos Sólidos (2004) | Define os resíduos como sendo: Classe I – Perigosos; Classe II – Não perigosos, nas quais a Classe II A são não-inertes e Classe II B são inertes. A partir desta classificação é possível identificar os resíduos passíveis de reciclagem em um primeiro momento. | (ABNT, 2004) |
| Identificação do material para a reciclagem (2008) | A identificação dos materiais plásticos recicláveis pela NBR 13230:2008 e dos vidros, aço, alumínio e papéis orientada pela NBR 16182:2013, facilitam a triagem dos mesmos e é fundamental no estabelecimento de um sistema de logística reversa. | (ABRE, 2016) |
| Simbologia Técnica de Identificação de Materiais (2013) | Facilitam a identificação e separação dos materiais, fortalecendo a cadeia de reciclagem. O símbolo de “descarte seletivo” foi orientado conforme diretrizes da NBR 16182:2013 e direcionado ao consumidor para o descarte dos resíduos sólidos recicláveis à coleta seletiva. | (ABRE, 2016) |

Fonte: Adaptado de LIMA (2008)

Tabela 2: Instrumentos orientados para processos produtivos

| INSTRUMENTO | DESCRIÇÃO | REFERÊNCIA |
|----------------------------------|--|----------------------------------|
| Produção Mais Limpa (1990) | Medidas preventivas integrada aos processos, produtos e serviços. Inclui a conservação de recursos naturais e de energia, a redução da quantidade e da toxicidade dos resíduos, rejeitos e emissões resultantes do processo produtivo. | (PNUMA, 2005) |
| Prevenção à Poluição (P2) (1990) | Programa de prevenção à poluição para controle de emissões e resíduos industriais. Reduzir, eliminar e prevenir resíduos industriais a partir da modificação dos processos e reutilização dos materiais. | (USEPA, 1992) |
| Bolsa de resíduos (2002) | Criada em abril de 2002 pela Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP) como um mecanismo de divulgação de ofertas de compra e venda de resíduos industriais recicláveis. | PEREIRA, LIMA e RUTKOWSKI (2007) |

Fonte: Adaptado de LIMA (2008)

Tabela 3: Estratégias orientadas para a cadeia produtiva

| ESTRATÉGIA | DESCRIÇÃO | REFERÊNCIA |
|--------------------------------------|---|---|
| Simbiose Industrial (1961) | A estratégia envolve integrar indústrias a partir de uma troca física de materiais, energia, água e subprodutos pela proximidade geográfica. Pode estar estruturada em um sistema maior, denominado de ecoparque industrial. | (CHERTOW, 2000); (TANIMOTO, 2004) |
| Ecologia Industrial (1963) | Baseia-se nos processos naturais que se dão em ciclos fechados. Resíduos do processo são usados como insumos. Prioriza ações para a otimização do uso de recursos, o fechamento de ciclos de materiais, a minimização de emissões, desmaterialização das atividades, redução e eliminação da dependência de fontes não-renováveis de energia. | (BARNARD, 1963); FROSCH e GALLOPOULOS, 1989) |
| Projetar para o Meio Ambiente (1992) | Incorporação de critérios ambientais na fase inicial de concepção do produto. O termo foi estabelecido pela Associação Americana de Eletrônicos. Recebe ainda nomes como <i>Life Cycle Design</i> e <i>Green Design</i> e, em uma perspectiva mais ampla, <i>Ecodesign</i> . | (VEZZOLI e MANZINI, 2008) |
| Do berço ao berço (2002) | Um sistema que considera o ciclo de vida do produto em todos os seus estágios e no qual os resíduos passam a ser usados como recursos. | (MCDONOUGH e BRAUNGART, 2002) |

Fonte: Adaptado de LIMA (2008)

CONCLUSÕES

O levantamento do histórico do desenvolvimento industrial para a reciclagem dos resíduos sólidos mostrou que a indústria passou a adotar aplicações práticas em seus processos industriais no final da década de 1960 com a incorporação da ecologia industrial até o desenvolvimento do conceito “do berço ao berço”. Foram adotadas estratégias e instrumentos orientados a seus produtos, processos e à cadeia produtiva de um modo geral com vistas ao reaproveitamento dos materiais contidos em seus produtos e subprodutos.

Quanto às estratégias voltadas para a cadeia produtiva, tanto a simbiose quanto a ecologia industrial proporcionaram uma nova abordagem para os resíduos sólidos. A indústria passou a reconhecer a matéria prima associada aos subprodutos de um processo e desenvolveu mecanismos para a sua recuperação e reintrodução ao processo produtivo por meio da reciclagem. Esses mecanismos foram reforçados com a estratégia da economia circular presente no sistema “do berço ao berço”, no qual os produtos devem ser concebidos considerando a recuperação de seus materiais.

Assim, para proporcionar a reciclagem dos materiais podem ser adotadas algumas medidas orientadas para os produtos desde o momento de desenvolvimento, facilitando ou dificultando a sua reintrodução como matéria de volta ao ciclo produtivo, como é o caso da estratégia de Projetar para o Meio Ambiente e Projetar para a Reciclagem. Alterações no processo produtivo orientam a prevenção da geração de resíduos e o seu reaproveitamento em alguma outra etapa produtiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM (ABRE). Embalagem e sustentabilidade: desafios e orientações no contexto da economia circular. ABRE/CETESB/CETEA: Thiago Urtado Karashi et al.; Coordenação: Bruno Pereira. São Paulo: CETESB, 2016.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira 10004. Classificação de Resíduos. Rio de Janeiro, 2004.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira 13230. Embalagens e acondicionamento plásticos recicláveis - Identificação e simbologia. 2008.
4. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Norma Brasileira 16182. Embalagem e acondicionamento – Simbologia de orientação de descarte seletivo e de identificação de materiais. 2013.

5. BARBIERI, J. C. Desenvolvimento e Meio Ambiente: As estratégias de mudanças da agenda 21. Petrópolis, RJ: Vozes, 2003.
6. BARNARD, F. *Education for management conceived as a study of industrial ecology. The Vocational Aspect of Education*, 15:30, 22-26p. 1963.
7. BEVILACQUA, Maurizio; CIARAPICA, Filippo Emanuele; GIACCHETTA, Giancarlo. *Design for Environment as a Tool for the Development of a Sustainable Supply Chain*. 2012. Springer-Verlag London Limited. 374 p.
8. BRAGA, B. Introdução à Engenharia Ambiental. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
9. BRAGA, S.; MIRANDA, L.C. de (Org). Comércio e Meio Ambiente: uma agenda positiva para o desenvolvimento sustentável. Brasília: MMA/SDS, 2002. 310p.
10. CABRERA, Magali López. O instrumento Ecoeficiência para os processos industriais. Dissertação de Mestrado da Faculdade de Engenharia - Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP, 2010.
11. CHERTOW, Marian R. *Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy. Annual Review Energy Environment*, n.25, p. 313-337, 2000.
12. COLTRO, L. (Org). Avaliação do Ciclo de Vida como Instrumento de Gestão. Campinas: CETEA/ITAL, 2007.
13. DEMAJOROVIC, J. Da política tradicional de tratamento do lixo à política de gestão de resíduos sólidos: As novas prioridades. 1995. Revista de Administração de Empresas São Paulo, v. 35, n.3, p. 88-93p. Mai/Jun.
14. EICHNER, T.; PETHIG, R. *Product Design and Efficient Management of Recycling and Waste Treatment. Journal of Environmental Economics and Management*. 41, 109–134. 2001.
15. FROSCHE, R. A.; GALLOPOULOS, N. E.; *Strategies for manufacturing. Scientific American* 261. 1989. 144-152p.
16. LIMA, J., Abordagens Industriais Ambientais: solucionar problemas de poluição ou buscar sustentabilidade ambiental? Dissertação de Mestrado da Faculdade de Engenharia - Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP. 2008.
17. MCDONOUGH, W.; BRAUNGART, M. *Cradle to cradle: Remaking the way we make things*. 2002.
18. PEREIRA, A. S.; LIMA, J. C. F.; RUTKOWSKI, E. W. Ecologia Industrial no Brasil: uma discussão sobre as abordagens brasileiras de simbiose industrial. In: IX Encontro Nacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 2007, Curitiba/PR. Anais do IX Encontro Nacional Sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 2007.
19. PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE (PNUMA). A Produção Mais Limpa e o Consumo Sustentável na América Latina e Caribe. Coord: PNUMA-ORPALC (Diego Maserá e Cristina Montenegro), CETESB (Lineu José). São Paulo, 2005.
20. ROSSEM, C. van; TOJO, N.; LINDHQUIST, T. *Extended Producer Responsibility - An examination of its impact on innovation and greening products. Report commissioned by Greenpeace International, Friends of the Earth and the European Environmental Bureau (EEB)*. 2006.
21. SAKUNDARINI, N.; TAHA, Z.; ABDUL-RASHID, S. H.; GHAZILA, R. A.; *Incorporation of high recyclability material selection in computer aided design. Materials and Design* 56. 2014. 740–749p.
22. SRIVASTAVA, S. K. *Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. International Journal of Management Reviews*. V 9. Issue 1 53–80p. 2007.
23. TANIMOTO, A. H. Proposta de Simbiose Industrial para minimizar os Resíduos Sólidos no pólo petroquímico de Camaçari. Dissertação de Mestrado da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Salvador, BA. 2004.
24. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). WASHINGTON, D.C. 20460. 1992. Disponível em: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2014-09/documents/pollprev.pdf>
25. VEZZOLI, C.; MANZINI, E. *Design for Environmental Sustainability*. Springer. 2008.