Gestão Sustentável da Indústria Siderúrgica a Partir das Premissas da Ecologia Industrial

LIMA, M. A. de M[a], ELABRAS-VEIGA, L.B[b]

a. b. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

E-mail: mairalima.90@gmail.com, lilian.veiga@ifrj.edu.br

Resumo

A Ecologia industrial (EI) propõe que o sistema industrial seja estudado de forma análoga ao meio ambiente, ferramentas para um melhor desempenho ambiental, social e econômico. Simbiose Industrial (SI), uma das ferramentas da EI, remete à interação entre indústrias co-localizadas, em busca de possíveis sinergias de resíduos, energia, água. No Brasil, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), foi instituída em 2010 pela Lei 12.305. Esta Lei expressa um novo modelo de gestão de resíduos. O processo produtivo das indústrias de aço são grandes geradores de resíduos. Assim, este estudo tem por objetivo analisar o processo produtivo da indústria siderúrgica de acordo com as premissas da Ecologia Industrial. Neste cenário, o presente estudo apresenta primeiro os conceitos de EI e SI. Posteriormente, a indústria siderúrgica é apresentada com o intuito de estabelecer seu alinhamento com a Lei 12.305/2010. Além disso, o conhecimento do processo produtivo do aço é mostrado, com o objetivo de identificar os resíduos gerados e possíveis destinações. Como resultado, foi possível identificar que a integração de indústrias de diferentes segmentos com a indústria siderúrgica e uma maior articulação entre os atores pode potencializar os benefícios para o meio ambiente, para a economia e para a sociedade, apresentados neste estudo. Por fim, sugere-se que os setores públicos e privados, do mesmo modo que já ocorre na academia, devem incentivar a prática de Simbiose Industrial no Brasil.

Palavras-chave: *Ecologia Industrial, Simbiose Industrial, Resíduos, Aço.*

1. Introdução

O presente trabalho apresenta a relação da Ecologia Industrial (EI) e uma de suas ferramentas, a Simbiose Industrial (SI), com a Indústria Siderúrgica. A EI é uma abordagem recente, pois possui uma forma sistêmica de analisar o processo industrial como um todo, desde a extração da matéria prima, manufatura, geração de sub-produtos, resíduos, efluentes, emissões atmosféricas e sua relação com o meio ambiente, reconhecendo o conjunto de atividades industriais como um sistema único, totalmente integrado e não isolado. A EI busca modificar a lógica do processo industrial, de um sistema linear para um sistema cíclico, o que se denominou ecossistema industrial (FROSH e GALLOPOULLOS, 1989). Esse modificaria a lógica de produção isolada, baseada no uso de matérias primas resultando em produtos e resíduos, substituindo-a por sistemas que possibilitassem o aproveitamento dos resíduos como insumos no processo produtivo.

A partir das noções da Biologia, a EI pressupõe os ecossistemas industriais como um conjunto de unidades de produção e consumo no qual os fluxos de energia e materiais perpassam estas unidades

como ocorre nos diferentes níveis tróficos em um ecossistema natural, inexistindo conceito de resíduo (GRAEDEL, 1994, 2010). Porém, no ecossistema industrial, a ação não ocorre de forma espontânea, como no ecossistema natural, ela deve ser provocada pelo homem. O processo industrial deve ser alterado para que seu funcionamento seja semelhante ao de um ecossistema natural (VEIGA, 2007).

A Indústria Siderúrgica possui características específicas, como o grande volume de produção, o elevado consumo de energia e de matérias com significativas emissões de poluentes e geração de resíduos (COSTA, 2002).

As empresas produtoras de aço vêm adotando iniciativas de modo a potencializar a reciclagem e o reuso de água de processos, com a instalação de sistemas de tratamento de efluentes líquidos e de controle de emissões atmosféricas, melhoraram a eficiência energética dos processos e reduziram ou reutilizaram os resíduos sólidos (NEVES e CAMISASCA, 2013). A partir da crescente preocupação com o meio ambiente, o consumo indiscriminado de recursos naturais e, consequentemente, a geração de resíduos nos processos industriais estas empresas obtiveram uma atenção especial. De acordo com o Relatório de Sustentabilidade do Instituto do Aço de 2012, no ano de 2011, a indústria siderúrgica produziu 19,2 milhões de toneladas de resíduos e coprodutos, sendo que cerca de 80% foram reaproveitados, seja internamente ou por terceiros. Sabe-se que para cada tonelada de aço produzido há a geração de 600 kg de coprodutos e resíduos (RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE AÇO BRASIL, 2012).

Com base no acima exposto, o objetivo central desse estudo é analisar o processo produtivo da indústria siderúrgica de acordo com as premissas da Ecologia Industrial. Neste sentido, o estudo apresenta os conceitos de ecologia industrial (EI) e de Simbiose Industrial (SI). Dois casos de sucesso de SI internacional são evidenciados: a SI de Kalundborg, na Dinamarca e do caso do *National Industrial Symbiosis Program* (NISP), no Reino Unido. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída no Brasil em 2010, pela Lei 12.305 é apresentada, assim como a caracterização da indústria siderúrgica. Em um segundo momento, apresenta-se o alinhamento do processo produtivo da indústria siderúrgica com a EI. Assim, o presente estudo buscou organizar e sistematizar um documento que identifique, a partir do processo produtivo, as práticas de gestão ambiental adotadas pela indústria siderúrgica, seja para a gestão dos resíduos, efluentes, emissões.

Como resultado, foi possível identificar que a integração de indústrias de diferentes segmentos com a indústria siderúrgica e uma maior articulação entre os atores pode potencializar os benefícios para o meio ambiente e para a sociedade a partir da identificação de possíveis sinergias de coprodutos, matéria-prima, água, energia e conhecimento.

2. Metodologia

Esse estudo foi desenvolvido a partir de revisão bibliográfica na área de Ecologia Industrial e um dos seus instrumentos, a Simbiose Industrial, a conceituação do tema, sua aplicação no mundo e no Brasil. Para tanto foram consultados leis e documentos publicados em sites oficiais do setor público, além de consultas a dissertações, teses, artigos científicos, relatórios e publicações no tema.

Os dados coletados foram obtidos a partir de fontes secundárias, ou seja, documentos já existentes. Foram analisados os projetos de indústrias siderúrgicas que realizam o gerenciamento sustentável e somente após análise, foi construída uma crítica a partir do conhecimento adquirido.

3. Discussão

3.1Ecologia Industrial (EI) e a Simbiose Industrial (SI)

A EI pode ser entendida como o estudo das interações entre o sistema industrial e o ecossistema ecológico, que, sob a perspectiva da EI, passa a ser considerado como um ecossistema industrial (Erkman, 1997).

O principal objetivo da EI, de acordo com Giannetti e Almeida (2012), é a conversão do caráter linear do processo produtivo em um sistema cíclico, onde há a reinserção de matérias-primas, energia e resíduos, como insumos. O sistema cíclico ou fechado possui um equilíbrio dinâmico, onde há a reutilização de energia e resíduos, melhor dizendo insumo, visto que o resíduo é reinserido no processo produtivo. Esse tipo de sistema evidencia a sustentabilidade e o princípio da EI (GIANNETTI e ALMEIDA, 2012).

A EI tem por finalidade otimizar os recursos naturais e minimizar a quantidade de resíduos, sendo a sua reintegração o mais conveniente, no meio produtivo. O foco não é somente o controle da poluição nas indústrias, e sim, a redução dos rejeitos dispostos no meio ambiente.

A SI está sendo adotada por diversos países como uma ferramenta da EI como um incentivo do desenvolvimento sustentável. O objetivo da SI é unir o sistema industrial ao meio ambiente, juntamente com o bem estar da sociedade, visto que a permuta de matérias-primas, energia, resíduos e água auxiliam na redução dos impactos gerados ao meio ambiente e à sociedade, resultante dos processos e auxiliam na redução de custos operacionais dos sistemas industriais envolvidos (VEIGA, 2007).

O enfoque da Simbiose Industrial é a troca de materiais, resíduos, coprodutos, mas pode-se considerar ainda a troca de recursos além do limite material, como conhecimento, experiências, recursos humanos, pois haverá da mesma forma, redução de custo e aumento dos benefícios gerados.

Alguns exemplos de países pioneiros na implantação da SI são a Dinamarca com o sistema de Kalundborg, os Estados Unidos, na Europa, a Alemanha, Holanda, França, Itália e Reino Unido. Este último protagonizou, com o Programa Nacional de Simbiose Industrial (NISP), uma das mais recentes iniciativas com repercussão internacional (MAGRINI e ELABRAS-VEIGA, 2012). Não se pode deixar de mencionar, a Ásia, particularmente na China, Coreia do Sul, Indonésia, Malásia, Sri Lanka dentre outros, onde a SI assim como os Parques Industriais Ecológicos (PEIS) vêm sendo considerados como uma possível solução para tentar minimizar os danos ambientais e ao mesmo tempo melhorar o bem estar social, o desenvolvimento econômico e industrial (MAGRINI e ELABRAS-VEIGA, 2012).

O exemplo internacional clássico de SI tratado amplamente pela literatura é o de Kalundborg, na Dinamarca (ver http://www.symbiosis.dk). Localizada a 135 km de Copenhagen a SI de Kalundborg iniciou em 1961. Hoje a SI de Kalundborg inclui nove empresas públicas e privadas, dentre as quais se destacam uma planta industrial de insulina, um produtor de enzimas, uma planta de tratamento de esgoto do Nordeste da Europa, uma termelétrica e uma refinaria do báltico. Alguns fatores de sucesso diferenciam a SI de Kalundborg dos demais casos de SI: a diversidade das tipologias industriais, o mix ideal de indústrias que é uma pré-condição para a SI, aumentando a possibilidade de permutas de resíduos; as negociações entre parceiros locais aumentou a efetividade do processo; a participação da agência ambiental; a proximidade física entre indústrias; o relacionamento baseado na cooperação, integração e, sobretudo, confiabilidade.

O NISP, programa de SI adotado no Reino Unido, a partir de 2005, tem por objetivo estabelecer sinergia de resíduos e fomentar a transição para uma economia a baixo carbono. O NISP disponibiliza uma base de dados diversificada para auxiliar a SI, aumentar a rentabilidade, a competitividade e desempenho ambiental das empresas. A partir de 2013, o NISP foi recomendado para ser replicado pelos 27 membros da União Europeia, tendo sido inclusive citado como melhor prática pela Diretiva europeia de resíduos (MAGRINI e ELABRAS-VEIGA, 2012).

3.2 Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS)

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída em 2010, pela Lei n°12.305 introduz princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações necessárias ao um gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.

Os princípios da PNRS estão inteiramente alinhados ao conceito de SI, pois ambos objetivam alcançar benefícios sociais, econômicos e ambientais com a prática de gerenciamento de resíduos sólidos.

Também apresentam a integração da sociedade, juntamente com as empresas e o poder público para que haja uma completa eficiência no que se refere a resíduos sólidos.

A PNRS estabelece uma ordem de prioridades para o gerenciamento dos resíduos sólidos: não gerar, reduzir, reutilizar, reciclar, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. Ela reconhece que o resíduo sólido reutilizável e reciclável é um bem econômico e de valor tanto social, gerador de trabalho e renda e também promotor de cidadania. Percebe-se a necessidade que as indústrias geradoras de resíduos sólidos reconheçam o valor desse material e encontre um meio de torná-lo economicamente viável à venda, a reutilização, dentre outros.

Assim, percebe-se que a legislação de resíduos sólidos no Brasil sugere, incentiva e adota práticas de gerenciamento com base na expansão do ciclo de vida de produtos, fomentando a pratica da SI pelas empresas (DA MOTTA e CARIJÓ, 2013).

No Brasil, o exemplo que mais se assemelha as práticas da Simbiose Industrial é o sistema denominado "Bolsa de Resíduos", que opera através de Federações das Indústrias, SEBRAE ou órgãos ambientais, sem fins lucrativos e sem burocracia, com o objetivo de fortalecer o mercado de troca de resíduos gerados nos processos produtivos (COELHO, 2001).

O Boletim Bolsa de Resíduos Sólidos da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN) é uma ferramenta para as empresas negociarem e é aberto para a divulgação e busca de informações sobre resíduos disponíveis, conciliando ganhos econômicos e benefícios ambientais, sabendo que o resíduo de uma indústria pode ser a matéria-prima de outra (BOLETIM BOLSA DE RESÍDUOS, 2014).

O interessante desse sistema é a não interferência da FIRJAN em nenhuma transação, fazendo que os interessados atuem independentemente sem nenhum custo para os anunciantes. A Bolsa de Resíduos da FIRJAN pode ser considerada como exemplo da prática da SI no Brasil. Atualmente já há a troca de materiais, resíduos e coprodutos entre as empresas, com a redução de custos e aumento dos benefícios, porém, é necessário identificar as destinações dos resíduos e a existência de ganho ambiental e para a sociedade.

O Sistema Integrado de Bolsa de Resíduos (SIBR), da Confederação Nacional das Indústrias (CNI), reúne seis estados brasileiros, tendo como objetivo consolidar as bolsas estaduais de resíduos, proporcionando a padronização nas operações realizadas num único ambiente. O Sistema possui como finalidade a livre negociação entre as indústrias, agregando valores econômicos com valores ambientais, por meio de anúncios. Os resíduos são classificados por categorias de procedências e subdivididos em função da sua condição de qualidade, acondicionamento, uso ou negociação.

O Sistema não atua diretamente nas transações realizadas através de seu site, apresentando uma forma passiva de atuação, incumbindo aos estados participantes do projeto o papel da intermediação entre os interessados dentro e fora do estado.

3.3 Indústria Siderúrgica

O minério de ferro constitui a matéria-prima para a extração do ferro (CHIAVERINI, 1986). As matérias-primas básicas da indústria siderúrgica são minério de ferro, calcário e carvão.

Na indústria siderúrgica, além da produção de aço, há a formação de coprodutos durante o processo de fabricação. O exemplo mais claro são as escórias de alto forno e de aciaria, usadas para uma série de aplicações em diversas áreas econômicas, como para produção de cimento, pavimentação de estradas, como fertilizantes para solos, dentre outros (COSTA, 2002).

De acordo com o Relatório de Sustentabilidade do Instituto Aço Brasil (2014), a produção de cada tonelada de aço, no ano de 2013, gerou 594 kg de coprodutos e resíduos, em um total de 17,7 milhões de toneladas. A geração de escória de alto forno contabilizou 37% e a escória de aciaria, 29%. Os demais coprodutos e resíduos foram os finos, pós, lamas, dentre outros. E do total de coprodutos e resíduos gerados, 88% foram reaproveitados.

Ainda de acordo com o Relatório de Sustentabilidade do Instituto Aço Brasil (2014), 99% do total das escórias de alto forno foram vendidas, sendo basicamente para a produção de cimento. Do volume de escória de aciaria gerado, 52% foram vendidas e foram usadas 26% para a reutilização interna. Sua principal aplicação foi a pavimentação de estradas, correspondendo a um total de 62%, nivelamento terrestre, uso agronômico, cimento, lastro ferroviário, dentre outros.

3.4 Ecologia Industrial no contexto da Indústria Siderúrgica

Com o decorrer dos anos, o desenvolvimento de políticas públicas e avanço tecnológico geraram um aumento na qualidade das ações voltadas ao meio ambiente. Anteriormente se observava a produção do aço como causadora de impacto e hoje pode se observar novas e modernas práticas utilizadas pelas empresas para mitigar e até mesmo extinguir os efeitos danosos ao meio ambiente (NEVES e CAMISASCA, 2013).

As empresas adotaram iniciativas para potencializar a reciclagem e o reuso de água de processo, instalaram sistemas de tratamento de efluentes líquidos e de controle de emissões atmosféricas, melhoraram a eficiência energética dos processos e reduziram ou reutilizaram os resíduos sólidos. O índice de recirculação da água do setor chegou a 96%. Os gases de processos são tratados e o seu poder calorífico é reaproveitado para a geração de energia. A auto geração, oriundos de termelétricas e hidrelétricas, é responsável por 47% do total de energia consumida no setor, atualmente (NEVES e CAMISASCA, 2013).

No ano de 2013, 85% das empresas associadas ao Instituto Aço Brasil dispunham de sistemas de gestão ambiental (SGA), certificadas pela ISO 14.001. Das empresas que não possuíam certificação, duas estavam em processo de implantação, sendo apenas uma que ainda não havia iniciado (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2014).

No Brasil, a substituição de parte do carvão mineral pelo vegetal, ocorreu por questões econômicas, mas se tornou extremamente positivo sob a ótica ambiental. Na década de 90 o uso do carvão ocorria visando reduzir a dependência do coque importado. Atualmente isso é um dos diferenciais da indústria brasileira em comparação com o resto do mundo. A utilização do carvão vegetal reduz a emissões de gases do efeito estufa. A absorção de gás carbônico através das florestas plantadas de produção de carvão vegetal equilibra parte das emissões durante o processo industrial (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2014).

A matriz energética da indústria do aço é praticada principalmente o carvão mineral/coque, correspondendo a 74%, seguido por derivados do petróleo (14%), o carvão vegetal (7%) e energia elétrica (5%). A energia elétrica consumida pelo setor corresponde a 47% de energia própria e 52% comprada. É notório o esforço do setor para aumentar a geração de energia própria e algumas empresas estão reduzindo o consumo de forma programada. Com isso, o desenvolvimento de projetos para melhorar a gestão de energia tem permitido alcançar reduções nos custos de produção e diminuir o uso de recursos naturais, resultando na produção de bens com preços mais acessíveis para o consumidor final e consequentemente, redução de gases de efeito estufa (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2014).

Dentre os gases responsáveis pelo efeito estuda, acentua-se o dióxido de carbono (CO_2), no qual as emissões são atribuídas ao uso intensivo de combustíveis fósseis nos setores econômicos. Na indústria do aço, o carbono possui função fundamental nas reações de redução de minério de ferro, gerando CO_2. O uso do carvão vegetal como agente redutor alternativo, substituindo o coque, possui um diferencial importante, pois as emissões são compensadas pelas florestas plantadas para a produção do carvão vegetal. Porém, existem restrições para se usar carvão vegetal em alto fornos de grande porte, limitando o seu uso nas indústrias com elevada capacidade de produção (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2014).

A utilização da água nas indústrias de aço é elevada, devido a grande demanda deste recurso em diversas etapas do processo. Diversas alternativas estão sendo empregada para a racionalização do uso da água, a principal é sua recirculação. Outras alternativas utilizadas para o reuso foram a

construção de lagoas para o aproveitamento da água da chuva e o esforço interno do setor no gerenciamento do uso da água (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2014).

As usinas produtoras de aço possuem uma preocupação constante com o controle da qualidade dos efluentes, buscando a minimização dos impactos no meio ambiente. Todos os efluentes passam por rigoroso controle e tratamento antes de serem lançados em corpos d'água, que inclui diversos processos, dentre eles os de flotação, neutralização e ajuste de pH, floculação e coagulação, tratamento biológico, filtração, resfriamento, sedimentação. Os efluentes industriais e sanitários possuem seus parâmetros analisados para se enquadrarem nos padrões de qualidade legais antes do seu descarte. No ano de 2013 foram lançados 85,5 milhões de metros cúbicos de efluente tratado (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2014).

No ano de 2013, as usinas associadas do Instituto Aço Brasil correspondiam a um total de área ocupada de 30,5 mil hectares, sendo 19 mil hectares preservados e 10,2 mil hectares relacionados à proteção voluntária e 8,8 mil hectares à proteção legal (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2014).

4. Conclusão

Este estudo apresentou o conceito de EI e um de seus instrumentos, a SI, onde a associação entre indústrias permite que os resíduos e coprodutos gerados por uma indústria sejam reaproveitados ou inseridos no processo industrial de outra indústria, como insumo, reduzindo a disposição final dos resíduos no meio ambiente.

Com o início do desenvolvimento de leis que regulamentaram o uso dos recursos naturais, as indústrias siderúrgicas investiram em novas tecnologias para auxiliar na mitigação dos impactos ambientais, levando ao aumento das ações voltadas ao meio ambiente. Anteriormente, as indústrias eram vistas como causadoras de danos ambientais e hoje, sua atitude é mais pró ativa em relação ao meio ambiente.

Com a promulgação da Lei 12.305/2010, espera-se que haja um desenvolvimento progressivo na área ambiental e possíveis casos de prática de SI no Brasil. Por definição, a SI vem sendo praticada pelas indústrias siderúrgicas, dado que há a venda, doação, reaproveitamento e estocagem dos coprodutos e resíduos para a fabricação de outros produtos.

Este estudo observou que para aumentar a eficiência do uso dos coprodutos e resíduos, deveria haver uma plataforma online, ou investir nas que já existem, com o cadastro das empresas que possuem o mesmo tipo de necessidade de recurso e sejam estabelecidas relações para que haja benefício entre ambos os negócios, com a troca de experiências, informações e eventos para agregar valor nos processos. O convênio com Instituições de Pesquisa e Universidades, maior articulação, cooperação e confiança entre os atores também é essencial para que as relações atinjam o sucesso de Kalundborg, na Dinamarca e do NISP, no Reino Unido, ambos casos de sucesso existentes na Europa.

Com base no que foi apresentado pelo estudo, pode-se concluir que o estabelecimento da SI entre as indústrias siderúrgicas e empresas de outros setores pode resultar em benefícios ambientais, econômicos e sociais para as empresas envolvidas e para a sociedade.

Em relação aos benefícios ambientais, o uso dos resíduos de uma indústria como insumo para outra indústria ocasionaria a redução do consumo de recursos naturais e a não disposição do resíduo no meio ambiente. No caso dos benefícios econômicos, pode-se mencionar a economia de recursos financeiros resultantes da aquisição de resíduos como insumos para o processo produtivo, ao invés de matéria-prima e a economia de recursos financeiros resultantes da não necessidade de disposição final os resíduos, visto que os mesmos passam a ser reinseridos no processo produtivo. E, por fim, benefício para a sociedade, onde seria a possibilidade de geração de empregos com a ampliação dos sistemas de sinergia de resíduos no Brasil, a preservação dos recursos naturais, como a água, por exemplo.

Como solução principal, este estudo buscou o incentivo do engajamento das empresas, como está previsto pela PNRS, e o desenvolvimento dos programas para melhorar o gerenciamento dos resíduos.

Deve-se buscar estudos futuros para potencializar a adoção de práticas de SI no Brasil, com a criação de um banco de dados, que permitiria a implantação de novas indústrias em locais próximos a outras indústrias, ou próximas a uma indústria âncora, facilitando a sinergia de resíduos entre elas.

Enfim, a expansão de SI no Brasil permitiria os ganhos ambientais, sociais e econômicos para os diversos setores econômicos e para a sociedade. Para tanto sugere-se que tanto o setor público, como o privado, a exemplo do que já ocorre na academia, deveriam fomentar e investir na prática de Simbiose Industrial no Brasil.

5. Referências

BOLETIM BOLSA DE RESÍDUOS. Sistema FIRJAN. Ed. 1, 2014. Disponível em http://www.firjan.org.br/data/pages/2C908CE921D61B940121E97B6E7517BB.htm acessado em Março/2015.

CHIAVERINI, V. Tecnologia Mecânica – Materiais de Construção Mecânica – Volume III. 2° edição. São Paulo: Editora McGraw-Hill, 1986.

COELHO, A. Bolsa de resíduos: Portal de oportunidades de produção mais limpa. Universidade Federal da Bahia, Salvador, BH. 2001

COSTA, M.M.da. Princípios de Ecologia Industrial Aplicados à Sustentabilidade Ambiental e aos Sistemas de Produção de Aço. Rio de Janeiro, 2002.

DA MOTTA, J.P.S.P., CARIJÓ, R.S. Simbiose Industrial: um estudo de caso para a indústria de cosméticos no município do Rio de Janeiro. Projeto de Graduação - UFRJ/ Escola Politécnica/ Curso de Engenharia Ambiental, 2013.

ERKMAN, S. Industrial Ecology: a Historical view, 1997.

FROSH, R.A., GALLOPOULOS, N.E. Strategies for Manufacturing, Scientific American. 261(3)144-152. 1989.

GIANNETTI, B.F., ALMEIDA, C.M.V.B.de. Ecologia Industrial: Conceitos, ferramentas e aplicações – São Paulo: Blucher, 2006. 3° reimpressão – 2012.

GRAEDEL, T. "Industrial Ecology: definition and implementation", In: Industrial Ecology and Global Change, Socolow, R.; Andrews, C.; Berkhout, F. 1994

INSTITUTO AÇO BRASIL. O Aço – Processo Siderúrgico, 2014. Disponível em http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/aco/processo--introducao.asp Acessado em Agosto/2014.

MAGRINI, A., ELABRAS-VEIGA, L.B. Um quadro das recentes iniciativas de Ecologia Industrial e perspectivas para o Brasil. Congresso Brasileiro de Energia. Programa de Planejamento Energético. Rop de Janeiro. RJ. 2012

NEVES, O.R., CAMISASCA, M.M. Aço Brasil: uma viagem pela indústria do aço. Belo Horizonte: Escritório de Histórias, 2013.

RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE DO INSTITUTO AÇO BRASIL, 2012. Disponível em http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/biblioteca/relatorio_sustentabilidade_2012.pdf acessado em Janeiro/2014.

RELATÓRIO DE SUSTENTABILIDADE DO INSTITUTO AÇO BRASIL, 2014. Disponível em http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/biblioteca/Relatorio%20de%20Sustentabilidade_2014_web.pdf acessado em Setembro/2014.

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.