



10th INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION

“TEN YEARS WORKING TOGETHER FOR A SUSTAINABLE FUTURE”

Simbiose Industrial Ampliada para a Construção de uma Sociedade mais Sustentável

SILVA, L. F. ^{a,b*}, OLIVEIRA, P. S. G. ^c, GUEVARA, A. J. H. ^b, FERNANDES, K. R. ^{a,d}

a. Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo.

b. Pontifícia Universidade Católica – PUC-SP, São Paulo.

c. Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo.

d. Faculdade Getúlio Vargas, São Paulo.

*Corresponding author: Luciano Ferreira da Silva, lf_silvabr@yahoo.com.br

Resumo

O objetivo deste artigo teórico conceitual é apresentar um framework para um modelo conceitual de Simbiose Industrial Ampliada, para construir tal modelo foi inserido o consumidor no seu papel de *prosumer*. O motivo da relevância dessa proposição é que na maioria das vezes o conceito de Simbiose Industrial está relacionado somente a relações interorganizacionais (Ammenbergh *et al.*, 2015; Martin, 2015; Trokanas; Cecelja; Raafat, 2015), os consumidores por sua vez são tratados como sujeitos passivos na cadeia industrial. Desse modo, ao inserir os consumidores no sistema industrial, adotando uma perspectiva sob o conceito de *prosumer* (Ritzer; Dean; Jurgenson, 2012; Seran; Izvercian, 2014), é possível a promoção de atividades sinérgicas em que o indivíduo possa gerar benefícios não somente a si próprio, mas a outros agentes. Essa situação pode ser evidenciada nos estudos de Nazari *et al.* (2014) e Rathnayaka *et al.* (2014) sobre a produção e consumo de energia e os ganhos em estabelecer relações sinérgicas entre as empresas e os consumidores, esses últimos também produzindo e realimentando o sistema elétrico. A proposição do modelo conceitual apresentado seguiu uma perspectiva tridimensional alinhada com as dimensões do *Tripla Botton line* (Elkington, 1998), demonstrando a interação e cooperação de forma simbiótica entre os três sistemas de forma sinérgica – natural, industrial e *prosumer*.

Palavras-chave: Simbiose Industrial; Sustentabilidade; Produção Sustentável; Ecologia Industrial; Prosumer.

1. Introdução

A sociedade contemporânea gera resíduos a partir dos processos de produção e consumo que causam prejuízos a ela própria, bem como danos ao meio ambiente. Um dos principais motivos desse efeito negativo é a inadequada alocação de recursos nesses processos, o que promove o seu inconsequente uso e desperdício. Aasupple (2015) descreve que em estudo do Banco Mundial é previsto um aumento global de 70% dos resíduos sólidos urbanos no mundo até 2025. Além disso, também é previsto um aumento se 1.3 bilhões de toneladas por ano de resíduos, em números de 2015, para 2.2 bilhões de toneladas em 2025. Entre os gastos com os resíduos oriundos de um sistema econômico falho são previstos ainda a partir de 2015 um aumento de USD\$ 205 para USD\$ 375 bilhões por ano.

“TEN YEARS WORKING TOGETHER FOR A SUSTAINABLE FUTURE”

São Paulo – Brazil – May 24th to 26th - 2017

Um exemplo dos problemas causados por esse modo de produção e consumo, é que no mundo milhões de fragmentos de plásticos inundam os oceanos todos os dias. Esses resíduos perturbam os ecossistemas marinhos, o que também causa a morte de diversos animais e a quebra no equilíbrio de seu ecossistema (Cressey, 2016). Não obstante, os resíduos que não são jogados na natureza são queimados em incineradores que geram poluição do ar, podendo inclusive causar chuva ácida. Segundo dados do Banco Mundial (2016) se a população global de fato chegar a 9,6 bilhões em 2050, serão necessários quase três planetas Terra para fornecer os recursos naturais necessários para manter o atual estilo de vida das pessoas. Embora essa situação já seja alarmante, o impacto pode piorar, pois a projeção é de que após o ano de 2100 a geração de lixo gerado atingirá seu pico, quando poderão ser produzidos 11 milhões de toneladas de lixo por dia (Stromberg, 2013).

Nesse cenário tão catastrófico, Korhonen (2001) diz que a sociedade já busca antídotos para a promoção da sustentabilidade. Contudo, muitos ainda seguem a premissa de que a eficiência de um processo industrial é medida pelo número de *inputs* e os *outputs* gerados a partir desses. Portanto, para mitigar os prejuízos causados por uma gestão da produção orientada por uma visão linear, que utiliza abordagens com base em controles *end-of-pipe* e descarte dos resíduos na natureza, se torna emergente a adoção de processos onde os resíduos gerados sejam vistos mais como subprodutos ou insumos de forma circular no sistema industrial (Lyakurwa, 2014; Erkman, 2001; Korhonen, 2004). Assim, cada vez mais se defende a adoção de métodos baseados nos princípios de *Cleaner Production* (Giannetti, Almeida; Bonilla, 2003; Costa, Massard; Agarwal, 2010) e Ecologia Industrial (Mortier; Block; Vandecasteele, 2007).

Conforme afirma Sopha *et al.* (2010), a discussão sobre Ecologia Industrial fornece uma nova perspectiva para compreender os impactos causados por um sistema econômico convencional. Desse modo, a perspectiva baseada em um sistema *end-of-pipe* que utiliza a natureza, é substituída por um sistema cíclico e interdependente para um melhor aproveitamento de matérias-primas, produtos, subprodutos, energia e resíduos gerados. Pode-se dizer que a utilização de outras abordagens, como *Cleaner Production* ou LCA, complementa a perspectiva ecológica no que tange a mitigar ou eliminar o uso de recursos da biosfera. Para tanto, numa visão sistêmica e integrativa, os recursos usados em uma etapa do sistema de produção são vistos como novos *inputs* em outro processo produtivo (Marinho; Kiperstok, 2001; Lehtoranta, 2011). Isso pode ser realizado porque são desenvolvidas formas de trocar materiais e energia entre os atores de um sistema, sendo que nesse tipo de processo a sinergia no uso dos recursos se torna uma meta (Erkman, 2001; Korhonen, 2004; Chertow; Ehrenfeld, 2012). Assim, a integração entre os dois sistemas, natural e industrial, faz com que decisões sobre o sistema de produção e consumo leve em conta *inputs* e *outputs* de forma circular (Lifset; Graedel, 2002; Andersen, 2007).

Um ponto importante no campo de estudo da Ecologia Industrial é a possibilidade de pesquisar as relações sinérgicas entre os atores, o que é realizado por meio do conceito de Simbiose Industrial. A proposta da Simbiose Industrial é tornar cíclico o fluxo de materiais e energia das indústrias, onde os resíduos não são descartados e sim reinseridos na cadeia produtiva como insumos (Korhonen, 2004; Lehtoranta, 2011). A Simbiose Industrial compreende o estudo das relações interorganizacionais de forma simbiótica, o que faz com que as organizações envolvidas possam obter vantagens competitivas advindas de atividades colaborativas (Martin, 2015). Além disso, ao propor a criação de um sistema econômico simbiótico se faz necessário analisar e desenvolver uma rede de atividades que gerem *inputs* e *outputs* conscientes de sua colaboração com toda a cadeia de produção e consumo (Trokanas; Cecelja; Raafat, 2015).

Vale destacar que o objetivo deste artigo é compreender a integração dos consumidores de forma mais ativa nas atividades de Simbiose Industrial. Para tanto, este artigo pretende responder a seguinte questão de pesquisa: Como uma maior relação simbiótica entre consumidores e outros agentes econômicos podem impactar em uma sociedade mais sustentável? É necessário ressaltar aqui que as pesquisas sobre Simbiose Industrial geralmente se concentram na sinergia das transações entre organizações, o que faz com que seja atribuído aos consumidores um papel mais passivo e limitado na cadeia de produção. Exemplos desse fato podem ser verificados em pesquisas como: Ammenberg *et al.* (2015) que estuda a simbiose industrial e redução de CO₂ na indústria do cimento; Martin (2015) com a utilização da análise do ciclo de vida do produto (LCA) para quantificar as relações de Simbiose e a performance da indústria; Trokanas, Cecelja e Raafat, (2015) que realizam uma análise das

métricas ambientais para entender os impactos da Simbiose Industrial; Zeng, Xiao e Li (2013) analisaram a vulnerabilidade das redes em sistemas que consideram a Simbiose Industrial.

Deste modo, neste artigo buscar-se-á a construção de uma visão ampliada sobre a Simbiose industrial, isso sendo feito ao se inserir o consumidor como um produtor, ou fornecedor, no sistema industrial. Para tanto, será usado o conceito de *prosumer*, que resulta da junção dos papéis de consumidor e produtor (Ritzer, 2014). O papel do *prosumer* em uma cadeia produtiva pode ser evidenciado nos estudos de Nazari *et al.* (2014), Rathnayaka *et al.* (2014) sobre a produção e consumo de energia e os ganhos de estabelecer relações sinérgicas entre as empresas e os consumidores como coprodutores. Nesse caso os *prosumers* produzem energia e realimentam o sistema elétrico. Além disso, pode-se dizer que a sociedade também ganha com o empoderamento dos indivíduos para lidar com os problemas de sustentabilidade (Arnold, 2017).

As contribuições das discussões aqui apresentadas podem ser identificadas pelo estímulo em ampliar as pesquisas sobre Simbiose Industrial, incluindo os consumidores como sujeitos ativos e provedores de *inputs* no sistema industrial. Esses *inputs* podem estar relacionados no campo das ideias, com inovações e soluções, ou na reinserção de materiais realimentando o sistema industrial.

2. Ecossistema Econômico Simbiótico para uma Sociedade mais Sustentável

Uma sociedade é organizada de tal forma que de um lado existem agentes consumidores que demandam por bens e serviços, podendo ser indivíduos, organizações ou o próprio Estado. Do outro lado, há os agentes fornecedores, que podem ser também o Estado, além das organizações privadas que possuem entre outros objetivos suprir os primeiros agentes econômicos de suas necessidades e desejos. Nesse processo diversos recursos do planeta são utilizados, sendo que seu consumo pode ser *in natura* ou através de *inputs* nos processos industriais. Assim, com base nesse contexto pode-se dizer que a forma com que os recursos são extraídos do planeta, e os produtos e resíduos são descartados, se compreende como a sociedade sobrevive no presente e como sobreviverá no futuro.

Uma visão de sociedade sustentável envolve ações orientadas para gerar benefícios a todos nas dimensões econômica, ambiental e social (Elkington, 1998). Para tanto, as questões econômicas e ambientais não podem ser vistas como antagônicas, nem mesmo como concorrentes. Assim, uma sociedade que se quer mais justa e resiliente promove atividades conjuntas de forma cooperativa entre seus diversos atores sociais (Zeng; Xiao; Li, 2013). Todavia, as discussões sobre papéis e atuação de cada ator social é um tema bastante instigante e complexo em uma sociedade em transição (Allenby; Graedel, 1999). Algumas questões se tornam urgentes como a troca de sistemas extrativistas para sistemas que contemplem o uso consciente dos recursos, além do desenvolvimento e adoção de novas tecnologias baseadas numa economia de baixo carbono (Lifset; Graedel, 2002; Lombardi; Lyons; Agarwal, 2012).

Assim, a busca pelo bem estar dos indivíduos e a preservação dos recursos do planeta se tornam fatores relevantes quando se discute produção e consumo neste início do século XXI (Stark, Jakubek & Kobus, 2015; Kitchel, 2016). Deste modo, o sistema econômico e, consequentemente, os sistemas industriais, devem ser vistos analogamente ao ecossistema biológico (Lifset; Graedel, 2002). Além disso, um sistema industrial obtém seus recursos do sistema natural, mais precisamente da biosfera. Dessa forma, uma indústria não pode ser vista como um sistema a parte, pois a integração entre os dois sistemas faz com que decisões sobre a produção e o consumo levem em conta *inputs* e *outputs* de forma circular e integrada (Erkman, 2001; Korhonen, 2004; Andersen, 2007).

A principal meta de uma economia circular é evitar e reduzir desperdícios nos processos de produção e consumo. Vale destacar que o reuso e a reciclagem são ações orientadas para a redução de novos *inputs* de materiais retirados da natureza em um sistema industrial (Andersen, 2007; Yang; Feng, 2008). O objetivo da economia circular é fazer com que os materiais permaneçam pelo maior tempo possível nos processos de produção e consumo. Portanto, uma realidade que funciona baseada em uma economia circular necessita da implantação de sistemas orientados para o *Cleaner Production* (Giannetti, Almeida; Bonilla, 2003; Giannetti *et al.*, 2008), a fim de obter a ecoeficiência em seus processos. Vale destacar que mesmo em sistemas de produção eficientes sempre haverá a geração de resíduos, o que deve ser eliminado ou mitigado por relações simbióticas com outros atores da cadeia.

Marinho e Kiperstok (2001) destacam que a Ecologia Industrial possui como objetivo a prevenção da poluição, reduzindo a demanda por matérias-primas, água e energia, assim permitindo a devolução de resíduos de forma adequada à natureza. Korhonen (2001) apresenta quatro princípios que devem estar presentes em um Ecossistema Industrial, são eles: circularidade de atividades e recursos; diversidade de atividades e estruturas que funcionam de forma interdependente; uma localidade compartilhada de forma ecoeficiente; e, uma mudança gradual no sistema e seus atores de forma evolutiva. O autor ainda salienta que o sistema industrial deve funcionar em harmonia com o sistema ecológico-natural.

Erkman (2001) apresenta quatro desafios que deveriam ser vencidos em um sistema econômico que considere a Ecologia Industrial, são eles: a) valorizar de forma sistemática os resíduos e subprodutos; b) Minimizar danos ambientais causadas pela dispersão de atividades antrópicas; c) Desmaterialização da economia; d) redução ou eliminação do uso de energias oriundas de combustíveis fósseis. Desse modo, como pode ser verificado nos princípios e desafios supracitados, a utilização da metáfora biológica por meio da Ecologia Industrial acarreta em ótimas contribuições para uma perspectiva de sociedade mais sustentável. Essa é uma visão direcionada para a redução de *inputs* de recursos retirados da natureza, além da redução do descarte de resíduos, que é possível pela promoção de relações simbióticas que beneficiam a todos. A simbiose industrial é uma relação de benefícios mútuos proporcionando sistemas ecoeficientes que contemplem o uso de forma sustentável dos materiais, água e energia (Lombardi; Lyons; Agarwal, 2012).

2.1 Simbiose Industrial

O estudo da Simbiose Industrial é uma temática inserida no campo de pesquisa que trata da Ecologia Industrial, sendo essa uma perspectiva que visa compreender o sistema econômico integrado ao sistema ecológico-natural (Chertow, 2000). Assim, adota-se como premissa que a produção e o consumo, bem como os recursos disponíveis no planeta, funcionam analogamente a um ecossistema biológico (Korhonen, 2004). Essa área de estudo integra a economia e o meio ambiente de tal forma que as organizações que passam adotar a abordagem da Ecologia Industrial procurem vantagens competitivas ao incorporarem questões ambientais (Chertow, 2000; Yang; Feng, 2008).

A relação de simbiose apresentada na biologia pode ser evidenciada de três diferentes modos. O primeiro modo admite a forma de mutualismo, que estabelece relações onde todos os organismos envolvidos se beneficiam da associação. O segundo modo é o comensalismo cujo benefício é obtido somente por um dos envolvidos no processo, não sendo alterados os efeitos aos demais. Já o terceiro modo é o parasitismo, que ocorre quando um simbiote, um hospedeiro, é prejudicado, enquanto o outro, o parasita, se beneficia dos efeitos positivos dessa relação. É preciso ressaltar que nas relações de Simbiose Industrial devem ser evidenciadas relações análogas ao mutualismo e ao comensalismo somente, principalmente o mutualismo (Tanimoto, 2004).

Portanto, as organizações, ao distanciarem-se de modelos de produção convencionais, lineares e fragmentados, se aproximam de modelos sob uma perspectiva baseada em ecossistemas que visam a ecoeficiência no uso dos recursos (Chertow, 2007; Lombardi; Lyons; Agarwal, 2012). Do mesmo modo como na biologia, o conceito de simbiose descreve a associação entre dois ou mais organismos que convivem em certa harmonia numa relação de interdependência e mutuamente benéfica. Além disso, essa relação de reciprocidade leva a sinergia das atividades para o uso dos recursos (Chertow, 2000). Desse modo, essa perspectiva tem como objetivo integrar duas ou mais indústrias de tal maneira que a circulação de matéria-prima e energia siga de forma contínua, em um fluxo cíclico de *input-output-input* enquanto for possível.

Um aspecto relevante da Simbiose Industrial é que a criação de sistemas auto-organizados resultam diretamente da evolução dos ecossistemas, o que acontece pela relação de reciprocidade circular entre os atores (Lombardi; Lyons; Agarwal, 2012; Chertow; Ehrenfeld, 2012). Portanto, uma organização que está inserida em um sistema de Simbiose Industrial gera *inputs* para outro membro do mesmo sistema. Assim, resíduos e subprodutos são considerados *inputs* na forma de matéria-prima e/ou energia que realimentam o sistema. Vale destacar que a Simbiose Industrial é evidenciada principalmente em arranjos produtivos conhecidos como parques eco-industriais. Chertow (2007) apresenta dois modelos de Simbiose Industrial, sendo um baseado em parques eco-industriais planejado, e outro baseado na auto-organização.

O primeiro surge muitas vezes da iniciativa de um agente, público ou privado, que de forma consciente identifica empresas de diferentes indústrias com certa proximidade geográfica para que possam compartilhar recursos (Jensen *et al.*, 2011). Chertow (2000) diz que a proximidade geográfica é um elemento fundamental para instituir a Simbiose Industrial. No entanto, como salientam Jensen *et al.* (2011) e Lombardi, Lyons e Agarwal (2012), a proximidade geográfica depende da natureza dos recursos, pois principalmente quando tratados sistemas produtivos globalizados não há barreiras físicas que impeçam arranjos logísticos mais complexos. O segundo tipo de Simbiose Industrial está baseado na premissa de auto-organização, sendo que neste caso um ecossistema industrial surge das decisões dos agentes motivados pela atividade de trocar recursos para cumprir as metas como a redução de custos, o aumento de receita, ou ainda a expansão dos negócios. Com base no segundo modelo de Simbiose Industrial, pode-se dizer que as questões relacionadas ao meio ambiente geralmente são secundárias, sendo muitas vezes sobrepujadas por questões econômicas. Assim, segue-se ainda um paradigma para tomada de decisões na utilização dos recursos baseado na perspectiva de maximização do lucro. Contudo, essa perspectiva muitas vezes promove somente uma falsa sensação de resultados por não lidar com fatores que no longo prazo comprometem a própria existência da firma.

O caso mais conhecido de Simbiose Industrial é o de Kalundborg, na Dinamarca, onde ocorreu a implantação de um sistema de intercâmbio de matéria-prima e energia entre as empresas desse ecossistema (Ehrenfeld; Gertler, 1997; Chertow, 2000). Outro exemplo é o da cidade de Jyvaskyla, Finlândia, onde foi identificada uma rede de suprimento de energia organizada a partir de uma usina de cogeração de energia elétrica e vapor (Tanimoto, 2004). Assim, ao adotar esta abordagem análoga às relações simbióticas biológicas, as partes do sistema podem encontrar benefícios mútuos através da troca de recursos (Chertow; Enrenfeld, 2012).

Uma questão prática da Simbiose Industrial é a relação entre os interesses dos atores e a escolha de métodos mais sustentáveis de produção. Chertow e Enrenfeld (2012) destacam os motivos para o engajamento dos atores em sistemas que tratam da Simbiose Industrial, sendo que a sinergia obtida das atividades dos agentes de um sistema que contemple a Simbiose Industrial considera duas dimensões: eficiência de mercado e interação dinâmica entre operações e agentes. Não obstante, se faz necessário dizer que a adoção de Simbiose Industrial muitas vezes é vista como uma ação oportunística ou de conveniência. No Brasil a busca por estratégias desse tipo cresceram após a instituição da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) por meio da Lei nº 12.305/10 (Demajorovic; Migliano, 2013). As empresas que sofreram pressão regulatória buscaram soluções para aumentar a eficiência no uso de recursos com a redução de emissões, ou a eliminação do desperdício, principalmente incorporando a logística reversa em seus processos.

Korhonen (2004) diz que um sistema de Simbiose Industrial deve objetivar o uso de forma cooperada de materiais e energia residuais, sendo que a utilização sustentável de recursos entre os atores de uma rede industrial faz com que fábricas, outras organizações privadas e públicas, agricultura e consumidores reduzam o uso dos recursos da natureza. Vale destacar aqui a inserção pelo autor, ainda que de forma sutil, da participação e contribuição dos consumidores. Do mesmo modo, a ideia de uma sociedade ecoeficiente e responsável de forma sistêmica e integrada é defendida por Graedel e Allenby (2004), Korhonen (2004) e Giannetti, Almeida e Bonilla (2003), sendo assim necessário agregar aos consumidores um papel mais ativo e colaborativo na cadeia produtiva. Corroborando com essa ideia sobre os consumidores, Yang e Feng (2008) salientam que a prática de Simbiose Industrial segue uma filosofia alinhada com a Economia Circular (Andersen, 2007), sendo que é necessário seguir três princípios para alcançá-la, são eles: i) a criação de organizações orientadas para Economia Circular; ii) formação de parques industriais orientados para as questões ecológicas; iii) a instituição de uma sociedade norteada para um consumo ecoeficiente. Sendo que o terceiro princípio depende de uma visão em que os consumidores estejam integrados de forma ativa, não somente consumindo, mas também desempenhando um papel de fornecedor e/ou coprodutor na cadeia industrial.

2.2 Os prosumers e a Simbiose Industrial

A palavra consumir pode ser associada ao ato de gastar, de utilizar algo até que não exista mais. Infelizmente, esta é a atitude de muitas pessoas e, pode-se também dizer, o papel atribuído a elas pelas empresas fornecedoras ou pelo Estado. Contudo, neste início do século XXI muito se discute sobre uma sociedade mais sustentável, o que somente é possível se for alterada a visão sobre a

relação entre produção e consumo. Desse modo, esse artigo busca integrar a pessoa do consumidor também no papel de produtor, ou seja, um *prosumer*. Segundo Ritzer (2010) o conceito de *prosumer* foi inserido por Toffler ao descrever que uma pessoa pode criar bens e serviços para o seu próprio uso ou satisfação, e não para venda ou troca. Essa palavra surge da junção de consumidor mais produtor, sendo que após a maior utilização das TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação), principalmente a internet, pode-se evidenciar com mais frequência tal atividade (Ritzer; Jurgenson, 2010; Ritzer; Dean; Jurgenson, 2012; Seran; Izvercian, 2014).

Vale informar que mesmo com a identificação das atividades dos *prosumers* em produtos ligados as TICs, estudos como de Nazari *et al.* (2014) e Rathnayaka *et al.* (2014) descrevem o processo de produção de energia elétrica pelos consumidores em suas residências e, conseqüente, realimentação do sistema de distribuição de eletricidade. Os autores reforçam que cada um poderá um dia ser capaz de produzir, consumir e/ou armazenar eletricidade, assim sendo possível também realimentar um sistema energético. Essa realidade impacta diretamente no pensamento sobre a matriz energética de um país, de um Estado ou de um município, pois aceita uma futura possibilidade de microusinas.

Como salienta Arnold (2017) o papel do consumidor como um coprodutor contribui para a criação de produtos e processos mais sustentáveis. Além disso, ao adotar uma visão sistêmica de produção e consumo pode ser notada a importância dos consumidores como fornecedores, realimentando o sistema pelo descarte adequado dos resíduos no pós-consumo. Esses resíduos podem ser encontrados na forma de embalagens, equipamentos eletrônicos quebrados, entre outros, que se não forem reinseridos no sistema industrial serão enviados para a natureza via aterros ou incineradores.

Não obstante, a participação dos *prosumers* realimentando um sistema industrial não está somente relacionada a materiais tangíveis, a capacidade de gerar ideias e soluções que conduzam para a ecoinovação traz também uma grande contribuição para uma sociedade sustentável (Hobson, 2016). Como salientam Ford e Despeisse (2016) um sistema sem barreiras para os *prosumers* pode angariar os benefícios de uma capacidade excedente que não poderia ser adquirida em sistemas convencionais. Basmer *et al.* (2015) apresentam o conceito de *open production* onde as pessoas em seu papel de *prosumers* se tornam um recurso importante na cadeia de produção. Essa visão está alinhada ao *crowdsourcing*, que pode ser evidenciada tanto como recursos intangíveis por meio de ideias, informações, como também na criação de micro fábricas que eliminariam desperdícios de matérias-primas e energia.

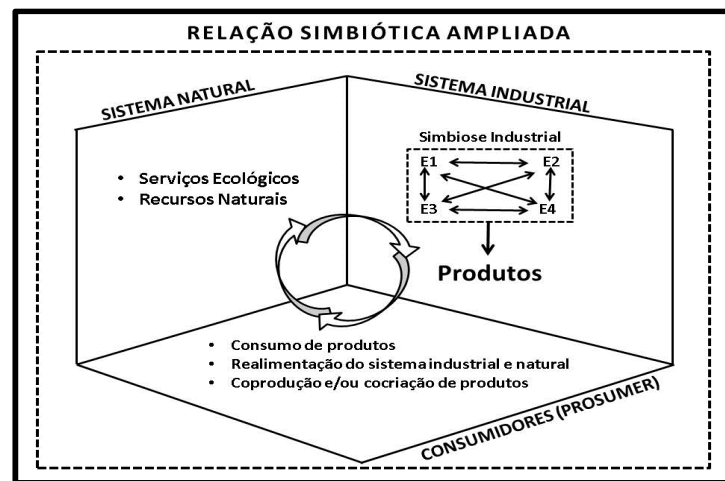


Fig. 1. Relação Simbiótica Ampliada de produção e consumo

A Fig.1 representa uma relação sistêmica e integrada dos sistemas natural, industrial e de consumo, onde essa relação pode promover uma conexão entre os sistemas de tal forma que cada um obtenha e forneça benefícios aos outros agentes. Essa situação é apresentada aqui como um sistema simbiótico ampliado. Vale destacar que é comum a pesquisa e implantação de sistemas simbióticos entre organizações (E1,E2,E3,E4), que estabelecem trocas de recursos para promover a sinergia do sistema

industrial (parques eco-industriais). Por outro lado, ao integrar os consumidores, no papel de *prosumers*, pode-se aumentar a capacidade dos sistemas para a redução dos impactos ao sistema natural.

Portanto, quando os consumidores são inseridos de forma simbiótica em sistemas industriais, não somente desempenhando um papel passivo de consumo, eles podem agir como coprodutores, ou realimentando o sistema com os resíduos do pós-consumo. Desse modo, ao adotar uma estratégia em que a empresa se associe aos *prosumers*, como fonte de recursos nas formas de *crowdsourcing* ou coprodução, estabelece-se uma relação estreita de cooperação entre as partes (Chesbrough; Vanhaverbeke; West, 2006; Basmer *et al.*, 2015). Além disso, a construção de um arranjo produtivo que contemple este tipo de enfoque pode usar como orientação os conceitos aqui apresentados de Ecologia Industrial numa perspectiva geral, e da Simbiose industrial em particular.

Portanto, sob um ponto de vista tridimensional alinhado com as dimensões do *Triplo Botton Line* (Elkington, 1998), a interação e cooperação de forma simbiótica entre os três sistemas apresentados na Fig. 1 contribuem para a construção de uma sociedade mais sustentável. Essa é uma proposição baseada numa visão sistêmica e holística que amplia o conceito de Simbiose Industrial. Assim, a integração do consumidor em uma infraestrutura para sustentabilidade passa pelo entendimento de seu papel ativo no sistema produtivo. Um exemplo dessa integração pode ser verificado na indústria têxtil, pois ela necessita instituir uma cadeia circular de produção orientada para a sustentabilidade, principalmente devido ao maior uso de materiais sintéticos (Leonas, 2017). O tecido que antes possuía uma alta taxa de degradação no ambiente, em 2015 já se torna um problema para os oceanos pela emissão de pequenas partículas de materiais sintéticos nos sistemas de esgotos. Esse tipo de efluente já não vem somente do sistema de produção, mas do processo de lavagem em máquinas domésticas que lançam durante o processo uma grande quantidade de microplásticos aos esgotos (Browne *et al.*, 2011).

Assim, a perspectiva de Simbiose Industrial Ampliada pode fazer com que os serviços ecológicos sejam preservados no Sistema Natural. Desse modo, ao adotar essa visão pode-se diminuir a extração de recursos naturais, com a realimentação do sistema pelos *prosumers*. Vale destacar que os Serviços Ecológicos são benefícios que os sistemas naturais proporcionam por meio dos fluxos biológicos (Serafy, 1998, Maes, 2012), sendo que a diminuição desses serviços impacta no equilíbrio dos ecossistemas e, conseqüentemente, na própria manutenção da vida na biosfera por conta dos efeitos climáticos e geológicos. Os benefícios desses serviços podem ser traduzidos em um ar mais puro, terra fértil e água potável, além da preservação da biodiversidade da fauna e da flora.

3. Considerações Finais

A construção de uma sociedade mais sustentável somente é possível com um olhar interdisciplinar e integrativo para a cadeia de valor de uma indústria. A utilização de áreas do conhecimento como marketing, gestão de operações, engenharias, ecologia, entre outros, contribui para solucionar problemas que por origem já trazem certa complexidade. Assim, para transformar um modo de produção e consumo convencional, para uma realidade em que a sustentabilidade seja a principal meta, é necessário quebrar com algumas estruturas e pensamentos fragmentados.

As ideias aqui apresentadas apontam para um afastamento do sistema industrial que contemple somente um fluxo linear de produção (*end-of-pipe*). Essa fuga dos modelos convencionais se dá também pelo fato deles incorporarem muitas vezes somente relações interorganizacionais. O consumo é tratado como um sistema a parte, ou como uma etapa no final da linha. Desse modo, neste artigo defendemos uma visão de indústria que estabelece relações simbióticas, não somente com outras indústrias, mas também com os consumidores aqui apresentados como *prosumers*. A incorporação da figura dos *prosumers* proporciona planejar atividades de realimentação do sistema industrial, seja pelo descarte dos resíduos no pós-consumo, seja pela criação de novos produtos e/ou processos.

Uma perspectiva de Simbiose Industrial Ampliada proporciona um melhor uso dos recursos para as práticas e princípios previstos no *Cleaner Production*, LCA e na logística reversa. Além disso, o desenho do sistema industrial ganha novas formas e rotinas por incorporar o consumidor de maneira mais ativa

no sistema. Vale destacar que esta perspectiva contribui com a manutenção dos serviços ecológicos presentes na natureza.

Assim, ao final deste artigo pode ser defendida a hipótese de que quanto maior a integração de forma simbiótica na indústria do *prosumer*, maior será a capacidade de produzir de forma sustentável. Isto posto, sugerimos futuras pesquisas que identifiquem o impacto da inserção do *prosumer* de forma simbiótica na cadeia de produção e os efeitos com relação a sustentabilidade. Cabe informar que essa é uma limitação desse artigo, pois se propôs discutir aqui teoricamente.

4. Referências

Aasupple (2015) *The World Bank's Waste Report, Our Waste Matters*, Recuperado em 30.01.2017 de: <https://ourwastematters.com/2015/02/07/the-world-banks-waste-report/>

Allenby, B. R., & Graedel, T. E. (1999). *Defining the environmentally responsible facility*. National Academies Press: Washington, DC.

Ammenberg, J., Baas, L., Eklund, M., Feiz, R., Helgstrand, A., & Marshall, R. (2015). Improving the CO₂ performance of cement, part III: the relevance of industrial symbiosis and how to measure its impact. *Journal of Cleaner Production*, 98, 145-155.

Andersen, M. S. (2007). An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainability Science*, 2(1), 133-140.

Arnold, M. (2017). Fostering sustainability by linking co-creation and relationship management concepts. *Journal of Cleaner Production*, 140, 179-188.

Baas, L. Cleaner production: beyond projects. *Journal of Cleaner Production*, v. 3, 1995, p. 55-59.

Banco Mundial (2016) *Banco Mundial: serão necessários 3 planetas para manter atual estilo de vida da humanidade*, 2016. - Recuperado em 20.01.2017, de: <https://nacoesunidas.org/banco-mundial-serao-necessarios-3-planetas-para-manter-atual-estilo-de-vida-da-humanidade/>

Basmer, S., Buxbaum-Conradi, S., Krenz, P., Redlich, T., Wulfsberg, J. P., & Bruhns, F. L. (2015). Open production: chances for social sustainability in manufacturing. *Procedia CIRP*, 26, 46-51.

Browne, M. A., Crump, P., Niven, S. J., Teuten, E., Tonkin, A., Galloway, T., & Thompson, R. (2011). Accumulation of microplastic on shorelines worldwide: sources and sinks. *Environmental science & technology*, 45(21), 9175-9179.

Chertow, M. R. (2000). Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annual review of energy and the environment*, 25(1), 313-337.

Chertow, R. M.; Lombardi, R. D. (2005), Quantifying economic and environmental benefits of co-located firms. *Environ. Sci. Technology*, v. 39, n. 17, p. 535-6541.

Chertow, Marian R. (2007) "Unconverging" industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 1(1), 11-30.

Chertow, M., & Ehrenfeld, J. (2012). Organizing Self-Organizing Systems. *Journal of Industrial Ecology*, 16(1), 13-27.

Chesbrough, H. , Vanhaverbeke, W. and West, J. (2006), *Open Innovation: Researching a New Paradigm*, Oxford University Press, New York, NY.

Costa, I., Massard, G., & Agarwal, A. (2010). Waste management policies for industrial symbiosis development: case studies in European countries. *Journal of Cleaner Production*, 18(8), 815-822.

- Cressey, D. 2016. Bottles, bags, ropes and toothbrushes: the struggle to track ocean plastics. *Nature*, 536: 263-265.
- Demajorovic, J., & Migliano, J. E. B. (2013). Política nacional de resíduos sólidos e suas implicações na cadeia da logística reversa de microcomputadores no Brasil. *Gestão & Regionalidade* (Online), 29(87).
- Despeisse, M.; Ball, M. P. D.; Evans, S.; Levers, A. (2012) Industrial ecology at factory level a conceptual model. *Journal of Cleaner Production*, n. 31, p. 30-39.
- Elkington, J. (1998). Partnerships from cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business. *Environmental Quality Management*, 8(1), 37-51.
- Erkman, S. (2001). Industrial ecology: a new perspective on the future of the industrial system. *Swiss medical weekly*, 131(37-38), 531-538.
- Ford, S., & Despeisse, M. (2016). Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 137, 1573-1587.
- Graedel, T. E.; Allenby, B. R. (2004) *Industrial ecology*. 2nd Edition, Pearson Education Asia Limited, Tsinghua University press.
- Giannetti, B. F., Almeida, C. M. V. B., & Bonilla, S. H. (2003). Implementação de eco-tecnologias rumo à ecologia industrial. *RAE-eletrônica*, 2(1), 1-19.
- Giannetti, B. F., Bonilla, S. H., Silva, I. R., & Almeida, C. M. V. B. (2008). Cleaner production practices in a medium size gold-plated jewelry company in Brazil: when little changes make the difference. *Journal of Cleaner Production*, 16(10), 1106-1117.
- Hobson, K. (2016). Closing the loop or squaring the circle? Locating generative spaces for the circular economy. *Progress in Human Geography*, 40(1), 88-104.
- Jensen, P. D., Basson, L., Hellowell, E. E., Bailey, M. R., & Leach, M. (2011). Quantifying 'geographic proximity': experiences from the United Kingdom's national industrial symbiosis programme. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(7), 703-712.
- Kitchel, D. 2016. A real and monetary analysis of capitalism. *Journal of Evolutionary Economics*, 26(2): 443-464.
- Korhonen, J. (2001). Four ecosystem principles for an industrial ecosystem. *Journal of Cleaner Production*, 9(3), 253-259.
- Korhonen, J. (2004). Industrial ecology in the strategic sustainable development model: strategic applications of industrial ecology. *Journal of Cleaner Production*, 12(8), 809-823.
- Leonas, K. K. (2017). The Use of Recycled Fibers in Fashion and Home Products. In: *Textiles and Clothing Sustainability*, Springer Singapore, pp. 55-77.
- Lehtoranta, S. et al. Industrial symbiosis and the policy instruments of sustainable consumption and production. *Journal of Cleaner Production*, v. 19, n. 16, p. 1865-1875, 2011.
- Lifset, R., & Graedel, T. E. (2002). Industrial ecology: goals and definitions. *A handbook of industrial ecology*, 3-15.
- Lombardi, D. R., Lyons, D., Shi, H. and Agarwal, A. (2012), Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 16: 2-7. doi:10.1111/j.1530-9290.2012.00455.x
- Lyakurwa, F. S. (2014). Industrial ecology a new path to sustainability: a review. *Independent Journal of Management & Production*, 5(3), 623-635.

- Maes, J., et al., (2012). Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services*, 1(1), 31-39.
- Marinho, M.; Kiperstok, A. Ecologia industrial e prevenção da poluição: uma contribuição ao debate regional. *Bahia Análise & Dados*, v.10 n.4 p. 271-279, Março, 2001.
- Martin, M. (2015). Quantifying the environmental performance of an industrial symbiosis network of biofuel producers. *Journal of Cleaner Production*, 102, 202-212.
- Mortier, R., Block, C., & Vandecasteele, C. (2007). Water management in the Flemish steel industry: The Arcelor Gent case. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 9(4), 257-263.
- Nazari, M. H., Costello, Z., Feizollahi, M. J., Grijalva, S., & Egerstedt, M. (2014). Distributed frequency control of prosumer-based electric energy systems. *IEEE Transactions on Power Systems*, 29(6), 2934-2942.
- Rathnayaka, A. D., Potdar, V. M., Dillon, T. S., Hussain, O. K., & Chang, E. (2014). A methodology to find influential prosumers in prosumer community groups. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 10(1), 706-713.
- Ritzer, G., & Jurgenson, N. (2010). Production, Consumption, Prosumption The nature of capitalism in the age of the digital 'prosumer'. *Journal of consumer culture*, 10(1), 13-36.
- Ritzer, G., Dean, P., & Jurgenson, N. (2012). The coming of age of the prosumer. *American Behavioral Scientist*, 56(4), 379-398.
- Ritzer, G. (2014). Prosumption: Evolution, revolution, or eternal return of the same? *Journal of Consumer Culture*, 14(1), 3-24.
- Seran, S., & Izvercian, M. (2014). Prosumer engagement in innovation strategies: The Prosumer Creativity and Focus Model. *Management Decision*, 52(10), 1968-1980.
- Serafy, S. E. (1998). Pricing the invaluable: the value of the world's ecosystem services and natural capital. *Ecological Economics*, 25(1), 25-27.
- Sopha, B. Maya, Magerholm Fet, A., Maria Keitsch, M., & Haskins, C. (2010). Using systems engineering to create a framework for evaluating industrial symbiosis options. *Systems Engineering*, 13(2), 149-160.
- Stark, O., Jakubek, M., & Kobus, M. (2015). A bitter choice turned sweet: How acknowledging individuals' concern at having a low relative income serves to align utilitarianism and egalitarianism. *Journal of Evolutionary Economics*, 25(3): 541-557.
- Stromberg, J. (2013) When Will We Hit Peak Garbage?, *smithsonian.com* Recuperado em 30.01.2017 de: <http://www.smithsonianmag.com/science-nature/when-will-we-hit-peak-garbage-7074398/>
- Tanimoto, A. H. *Proposta de simbiose industrial para minimizar os resíduos sólidos no Polo Petroquímico de Camaçari*. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, 2004.
- Trokanas, N., Cecelja, F., & Raafat, T. (2015). Semantic approach for pre-assessment of environmental indicators in Industrial Symbiosis. *Journal of Cleaner Production*, 96, 349-361.
- Yang, S., & Feng, N. (2008). A case study of industrial symbiosis: Nanning Sugar Co., Ltd. in China. *Resources, Conservation and Recycling*, 52(5), 813-820.
- Zeng, Y., Xiao, R., & Li, X. (2013). Vulnerability analysis of symbiosis networks of industrial ecology parks. *Procedia Computer Science*, 17, 965-972.