

### III-393 – PROPOSTA E AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE SIMBIOSE INDUSTRIAL PARA A ECOPRODUÇÃO DE PAPEL A PARTIR DE RESÍDUOS TÊXTEIS

**Júlia Terra Miranda Machado<sup>(1)</sup>**

Gestora Ambiental pelo Instituto Federal do Rio de Janeiro (IFRJ). Mestranda em Gestão de Águas e Costas (*WACOMA: Water and Coastal Management*) pela Alma Mater Studiorum Università di Bologna – IT.

**Lilian Bechara Elabras Veiga<sup>(2)</sup>**

Doutora pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professora do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ.

**Maria Gabriela von Bochkor Podcameni<sup>(3)</sup>**

Doutora pelo Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Professora do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro – IFRJ.

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Calle Nereidas, 4 - Cádiz – Cádiz - Espanha - Cod-11011 Espanha - Tel: (21) 997502892 - e-mail: [juliatmachado@gmail.com](mailto:juliatmachado@gmail.com)

#### RESUMO

O crescimento contínuo da população e o aumento mundial da expectativa de vida trouxeram graves consequências econômicas, sociais e ambientais (ONU, 2016). Esta sociedade busca diferenciais sociais, novidades e tendências, resultando no consumo excessivo e aumento da produção, especialmente após a Revolução Industrial, e tendo por consequência o aumento da exploração dos recursos naturais e da geração de resíduos e poluentes, excedendo os limites do Planeta.

Entre as grandes indústrias responsáveis por este processo encontram-se a Indústria Têxtil e a Indústria de Papel e Celulose, ambas, além de sua relevância na economia e seu papel quanto geração de resíduos sólidos, relacionam-se em seus processos produtivos ao considerarmos a matéria prima principal aos dois setores: fibras. Por ano são geradas mais de 175 toneladas de resíduos têxteis (SEBRAE, 2015), enquanto que ao mesmo tempo 950 toneladas de celulose por dia tornam-se papel (MELO, 2016). Assim, a indústria da moda passa a ser considerada a vilã líder do consumo descartável e, consequentemente, da poluição causada pela produção e descarte inadequados. Neste contexto, a busca por maneiras de mudar a consciência de consumo e mitigar os danos causados pelas indústrias de papel e celulose e têxtil através de instrumentos de Gestão Ambiental torna-se necessária. Dessa forma, a partir de levantamento das indústrias e seus processos, aplicando o conceito de Ecologia Industrial em uma visão sistêmica da gestão ambiental, as autoras propõem um sistema de Simbiose Industrial que relate as duas indústrias. A partir da metodologia aplicada, percebe-se que o sistema parece corresponder às expectativas, podendo ser adotado como modelo teórico para a implementação do sistema de simbiose industrial pelas indústrias e como fonte de inspiração para que estes setores desenvolvam pesquisas relacionadas à proposta, em busca de um desenvolvimento mais sustentável para ambas as cadeias produtivas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Simbiose Industrial, Indústria Têxtil, Indústria de Papel e Celulose, Processo Produtivo, Resíduos de Tecidos e Fibras.

#### INTRODUÇÃO

No último século, de acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU, 2017), a população mundial praticamente dobrou, aumentando cerca de 83 milhões por ano. Relacionando-se diretamente com este crescimento uma série de questões sobre como garantir a existência digna de toda esta população, serviços, alimentação e tudo o que envolve as indústrias de base de uma economia surgem, no Brasil e no mundo. Especialmente após a Revolução Industrial a relação entre a população e a aquisição de bens mudou drasticamente.

A receita gerada por Indústrias de consumo é grande parcela da economia do país. Por exemplo, em 2017, mesmo com as previsões de queda devido às inúmeras modificações tecnológicas e sociais das últimas décadas

a receita desses setores foi de US \$ 51,58 bilhões (ABIT, 2018). O Brasil aparece como 2º lugar no ranking mundial de produção de celulose total e 8º lugar no ranking mundial de produção de papel, com uma produção em 2016 de 10335 mil toneladas de papel e balança comercial de US\$ 1871 milhões em exportações (DEPEC, 2018). Além disso, tem 27,5 mil indústrias têxteis e de vestuário, que empregam diretamente 1,5 milhão de pessoas e indiretamente 8 milhões de pessoas. Porém o impacto das indústrias de consumo vai muito além do econômico. Mesmo sendo altamente rentáveis, esses setores são responsáveis pelo aumento da exploração e consumo de recursos naturais e pela geração de impactos ambientais, principalmente a geração de grande quantidade de resíduos de tecidos e fibras têxteis, que acabam sendo dispostos em aterros sanitários. A grande quantidade de resíduos gerados é um problema para os municípios e indústrias que devem cumprir com a Política Nacional de Gestão de Resíduos, promulgada em 2010, através da Lei Federal 12.305, princípios, objetivos e instrumentos. De acordo com a Política Nacional de Meio Ambiente (1981), em seu anexo VIII, as indústrias analisadas neste trabalho, Têxtil e Papel e Celulose, possuem atividades que se caracterizam como médio até alto potencial poluidor, devido ao exponencial consumo energético, geração de resíduos e efluentes, contaminação de corpos hídricos, e tantos outros.

A partir da identificação da elevada exploração e consumo de recursos naturais e o potencial poluidor dessas indústrias percebeu-se a necessidade de analisar o ciclo de vida desses processos de produção e identificar se o processo produtivo de ambas teria o potencial de desenvolver a Simbiose Industrial (SI). Nomeado através de uma analogia com a relação simbótica entre dois organismos na natureza, conceito de simbiose industrial foi colocado em uma nova perspectiva, considerando o fluxo de materiais e energia entre indústrias, onde as indústrias que operavam de forma isolada passam a operar de forma coletiva em busca de uma maior vantagem competitiva, envolvendo intercâmbio físico de materiais, energia, água e / ou subprodutos (Chertow, 2000, 2007). A Simbiose Industrial (SI) resulta em novas oportunidades ao combinar melhorias ambientais e econômicas através da colaboração e das possibilidades sinérgicas entre indústrias (Elabras-Veiga & Magrini, 2012).

Neste contexto, este artigo tem como objetivo avaliar a viabilidade tecnológica da produção de papel reciclado a partir de apara de fibras de indústrias de produção têxtil e de resíduos têxteis domésticos no Brasil, e verificar a possibilidade de desenvolver um modelo de Simbiose Industrial (SI), para a produção de papel a partir de resíduos de tecidos e fibras têxteis, gerados pelas indústrias têxtil e de confecção. Para tanto, são apresentados e analisados os processos de produção têxtil e de papel e celulose, suas complementaridades, impactos, bem como as barreiras para que tais modelos sejam implementados.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Em uma palestra realizada no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), em 2017, vislumbrou-se a necessidade de identificar alternativas que pudessem contribuir para mitigar os impactos do manejo inadequado e descarte de resíduos de tecidos e fibras têxteis, gerado pelas indústrias têxtil e de confecção. Este fato foi motivado pelo conhecimento adquirido durante um programa de intercâmbio de estudantes em Portugal, em 2016, no Instituto Politécnico de Bragança (IPB) aonde uma das autoras, durante uma visita técnica ao Museu do Papel e Fábrica, localizado na cidade de Leiria, Portugal, conheceu a técnica chinesa de produção de papel a partir de tecido e fibras têxteis residuais, a mais antiga metodologia de produção de papel. Vale ressaltar que a indústria brasileira de papel é a oitava do mundo, produzindo em 2016 10.335 toneladas de papel (DEPEC, 2017).

Mediante uma pesquisa exploratória multidisciplinar busca-se a inovação da gestão de resíduos através da utilização de instrumentos de Gestão Ambiental e de Ecologia industrial, trazendo a ideia de relação entre indústrias diferentes em prol de um sistema produtivo mais sustentável. Para tal proposição, foram coletadas informações secundárias obtidas a partir de diversas fontes bibliográficas e sites da internet, além de contar com as informações providas pela equipe do Moinho do Papel de Leiria em Portugal, através da Sra. Madalena Silveirinha, para descrição dos processos de produção de papel por apara têxteis e para o estabelecimento de um padrão desta produção.

Previamente foram realizados contatos por correio eletrônico com empresas de ambos os setores, indústrias na cidade de realização do trabalho, Rio de Janeiro, com um raio de 50 Km de distância a partir do centro da cidade, como demonstrado na figura 1. Porém, o sigilo industrial, aparentemente, impediu o retorno das

informações requisitadas pelas autoras, obtendo uma resposta única no universo de 10 empresas questionadas. Desta forma o trabalho desenvolveu-se a partir de informações secundárias obtidas em sites da internet, não tendo sido realizada avaliação quantitativa do sistema e tendo assim como fronteira a avaliação tecnológica geral e análise qualitativa do ciclo de produção das referidas indústrias.



**Figura 1 – Croqui da área de análise do trabalho**

Fonte: Google Maps. (2018)

## REVISÃO DE LITERATURA

Para demonstrar a necessidade de mudança no sistema atual e a capacidade de interação entre as indústrias escolhidas, é necessário apresentar um panorama sobre a história da sociedade de consumo e da produção industrial.

Com a passagem da Idade Média para a Idade Moderna nos países europeus, especialmente na Inglaterra (Saraiva, Veiga-Neto, 2009) houve o estabelecimento do capitalismo, onde os trabalhadores perderam o controle da produção, tornando-se operadores de maquinários de alta produção, em um sistema totalmente fragmentado para gerar grandes lucros para seus patrões empresários. Especialmente a indústria têxtil passou por grandes modificações quando ao seu consumo e modo de produção e cultivo do algodão, sendo uma das principais responsáveis pela primeira fase da Revolução. Desta forma os processos tornaram-se mais agressivos, com maior exploração de recursos para uma produção e consumo em forma de um ciclo que absorve cada vez mais setores e camadas sociais, interagindo e modificando fortemente, em aspectos sociais e econômicos, a população mundial. Hoje, segundo dados da ONU, estipula-se que para a população mundial continuar consumindo e almejando viver de acordo com o padrão de qualidade de vida dos EUA, pensamento econômico dominante até pouco tempo, seria necessário ter mais três planetas iguais a terra. Isto mostra que o consumo não promove a inclusão social, mas acentua as desigualdades já existentes (ONU, 2016).

Segundo Aliglieri et al. (2016), a sociedade desenvolveu-se social e economicamente a partir da criação de novas necessidades, de um crescimento insustentável pautado no consumo. O consumo desenfreado é realizado historicamente sem as devidas preocupações quanto às limitações de matérias e energia, assim como quanto às limitações culturais, simbólicas, socioeconômicas e de identificação. Ou seja, sem se importar com a potencialidade de amplitude do conceito de desenvolvimento ambiental. Este conceito é apresentado em 1987 com o Relatório Nossa Futuro Comum (*Our Common Future*), também conhecido como relatório *Brundtland*, na Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, sendo definido como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas necessidades”. Muitos esforços políticos foram realizados desde então, entre eles a Declaração do Milênio da Organização das Nações Unidas (ONU) apresentando 8 Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM’s) para o combate à pobreza em 2000, objetivos a serem alcançados até o final de 2015, ano em que o mundo passou a adotar uma visão mais equilibrada das três dimensões do desenvolvimento sustentável (econômica,

social e ambiental), a chamada Agenda 2030, com os seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas.

Entender as conexões políticas ao nível internacional ou local é de grande importância para analisar a questão dos resíduos, especialmente no caso Brasileiro onde não faltam leis e normas relativos ao assunto, mas a real aplicabilidade e eficácia dessas relações entre políticas e modelos de gestão é discutível. Assim, além de legislações e de práticas fim de tubo relacionadas, práticas de prevenção da poluição como 5R's e Produção Mais Limpa (ver Aliglieri, 2016), a gestão ambiental pode ser aplicada em forma de modelos e de combinação de modelos. Nesse contexto, começam a ser desenvolvidos, os modelos de Simbiose Industrial (SI) como o proposto neste trabalho. Segundo Elabras-Veiga e Magrini (2012) diversos autores (TIBBS, 1992, GRAEDEL, 1994, AYRES, 1996, ERKMAN, 1997, 2001) têm trabalhado o conceito de SI desde a década de 90 seja em países desenvolvidos seja em países em desenvolvimento. Através da SI, indústrias que tradicionalmente operavam de forma isolada se unem em abordagens de cooperação para a gestão dos fluxos de materiais e energia entre economias locais e regionais que melhoraram o seu desempenho ambiental global e em busca de uma maior vantagem competitiva (CHERTOW, 2000).

## RESULTADOS: PROPOSTA DE SIMBIOSE INDUSTRIAL

Para a adoção da SI é necessária cooperação e integração entre indústrias, a combinação ideal de oferta e demanda de resíduos, gestão do processo produtivo, relações institucionais e legislação em vigor (Elabras-Veiga e Magrini, 2012). As indústrias que adotam a prática da SI são aquelas que visam ganhos coletivos em detrimento do exclusivo ganho individual, realizando assim uma mudança na visão empresarial a partir do senso coletivo de “nossa empresa” em vez de “minha empresa” (HATCH, 2001).

O Brasil ocupa a 5ª posição no ranking Mundial de Indústria Têxtil, com faturamento da cadeia têxtil e de confecção de US\$ 37 bilhões (ABIT, 2016), e o 2º lugar no ranking mundial de produção de celulose total e 8º lugar no ranking mundial de produção de papel, com produção em 2016 de 10335 mil toneladas de papel e balança comercial de US\$ 1871 milhões em exportações (DEPEC, 2018). Mas para realmente analisar a indústria têxtil e a indústria de papel e celulose, é preciso muito mais do que conhecer seu valor na economia, é preciso conhecer o que as une. As duas indústrias, além de sua relevância na economia e seu papel quanto a geradores de resíduos sólidos, relacionam-se em seus processos produtivos, ao considerarmos a matéria prima principal aos dois setores: fibras. Existem diversas classificações de fibras, variando quanto à sua natureza e quanto à suas propriedades físico-químicas. Para o atual trabalho as fibras de relevância são as fibras naturais vegetais celulósicas e por isso serão abordadas em maior detalhe.

A cadeia de valor do setor têxtil é muito complexa, quanto a seus processos e interações, composta por dezenas de etapas que passam pelo cultivo e produção das matérias primas, concepção das peças, design e marketing, seu processo fabril/industrial, logística de empresas de *fast fashion* com alto grau de terceirização e até quarteirização para distribuição, transporte e vendas para o mercado consumidor de seus produtos (TANJI, 2016). Especialmente as etapas de corte, que costuram praticamente todas as partes da produção dos artigos têxteis, e a falta de planejamento, técnicas e equipamentos apropriados nesta fase pelas empresas, são as grandes fontes aparas da indústria e causas de desperdício.

Ao contrário da indústria anterior, a indústria de papel e celulose é avaliada quanto a seu total processo de produção, com foco especial quanto às etapas iniciais de seu processo. O processo de produção de papel A4 convencional segue os padrões internacionais de mercado, iniciando-se a partir da pasta de celulose de madeira gerada com após as etapas que envolvem o cultivo, corte e transporte do eucalipto, e após esta etapa muitas outras etapas industriais são realizadas até o papel branquinho que chega às nossas casas, escolas e escritórios. E este papel branquinho é uma das maiores fontes de poluição da indústria, já que independente do processo, a cor original da celulose é marrom e para chegar à produção de papel para imprimir a celulose passa por um processo químico de branqueamento (celulose branqueada) que utiliza soda cáustica, cloro e enxofre. (DEPEC, 2018).

Por estes problemas e interconexões entre as indústrias analisadas elencados neste trabalho, a SI foi selecionada para possibilitar a proposição de um novo ciclo produtivo, com destaque na semelhança entre os processos avaliados. Desta forma, a autora Júlia Terra em seu trabalho de conclusão de curso desenvolveu o sistema de SI, alinhando as técnicas dos processos convencionais de produção de papel e de têxteis com casos existentes

de processos semelhantes encontrados em Portugal, no processo do Moinho do Papel de Leiria e em inovações nas interações entre estas indústrias.

Para a produção de papel, a partir de aparas de fibras de indústrias de produção têxtil e resíduos têxteis, é necessário um trabalho inicial que consiste nas seguintes etapas:

1) Recolhimento das aparas/ roupas ricas em algodão de acordo com a origem:

a) Descarte doméstico:

(i) As roupas descartadas por pessoas físicas deverão ser recebidas em pontos de coleta na proximidade da fábrica de produção de papel onde serão transformadas. Este recolhimento pode ser realizado via ONG's, centros educacionais e/ou instituições religiosas – pontos onde a coleta de roupas usadas já é realizada, diminuindo assim o acréscimo de impactos ao processo com deslocamento e com os custos de armazenagem e separação dos itens que ainda podem ser reutilizados. Estes resíduos se diferenciam das aparas porque necessitam passar por um maquinário específico que os destrinche, uma vez que já estão consolidadas na forma de artigos, tecidos ou aparas (ZONATTI, 2013).

(ii) Recolhimento via Logística Reversa das roupas usadas e descartadas pela indústria Têxtil

(iii) Recolhimento a partir de catadores formalizados por ONGs e conectados ao sistema de reciclagem.

b) Descarte Industrial e de Confecções:

(i) Roupas consideradas defeituosas dentro do processo interno da fábrica e aparas/retalhos das diversas etapas do processo devem ser armazenadas em área própria da mesma.

(ii) Criação de parcerias com centros produtores e comerciais com grande produção de resíduos de fibras ricas em algodão para recebimento deste material pela fábrica que realiza a SI

(iii) Recolhimento a partir de catadores formalizados por ONGs e conectados ao sistema de reciclagem.

2) Separação do Material Recolhido

a) Separação por tipo de fibra.

(i) Com base na semelhança entre as fibras de algodão e de madeira de Pinus ou Eucalipto e nos dados de estudos, como o de Zonatti (2016), foi predeterminado a utilização de materiais 100% algodão como mínimo de composição para a melhor eficácia do processo.

Quando o material vem da própria indústria, a separação deve ser realizada já durante os processos, onde a empresa deve possuir duas opções de descarte: descarte de têxteis gerais, restos de materiais sintéticos e outras fibras semelhantes, e descarte de fibras de interesse do projeto de Simbiose. Quando o material vem de parceiros, deve estar separado, como o estipulado no acordo de parceria. Independente da origem, em seguida ao recebimento, é necessária uma triagem final de qualidade e nivelamento para haver a garantia da aptidão do material recebido;

b) Separação por coloração.

(i) A segmentação por cor é extremamente importante para o acabamento do papel, já que o produto será vendido em diversas cores. Ao realizar esta separação, o impacto da fase de coloração do papel é extremamente reduzido.

(ii) Após as etapas de separação, para amenizar ainda mais os impactos da produção, é recomendado que as fibras consideradas inadequadas para a transformação em pasta de papel sejam utilizadas para produção energética dos sistemas através de caldeiras de biomassa, como já realizado em fábricas de papel de celulose de madeira.

3) Limpeza do Material Recolhido

Para que o material possa ser utilizado no processo de produção de papel este deve estar limpo, para não afetar a qualidade da pasta a ser formada ou causar danos aos equipamentos utilizados no processo. Esta limpeza deve ser realizada respeitando as colorações das roupas já selecionadas e de acordo com o ciclo de produção.

As fases anteriores à limpeza são realizadas de maneira contínua, agindo como pré-preparo da produção, e as etapas a partir da limpeza devem ser realizadas de acordo com o fluxo de produção e sua demanda.

Recomenda-se que a limpeza seja realizada pela empresa beneficiadora de modo a garantir a adequação da limpeza específica para tal e a necessidade de menos etapas de limpeza no processo. Recomenda-se que haja um sistema de reaproveitamento de água e a utilização de produtos de limpeza pouco agressivos em prol de não danificar a fibra e limitar os danos ambientais gerados.

Além desta forma interna de pré-processo, existem empresas que realizam todas estas 3 etapas, como a Banco de Tecidos que circula em um sistema uma média de 200kg de tecido/mês em um sistema próprio de recebimento e troca/compra e venda e envia estes para empresas como a Renovar, JF Fibras, Projeto Arrastão e outras iniciativas menores como trabalhos manuais com deficientes mentais, entre outras em São Paulo (Bueno, 2017).

No processo da simbiose, após estas etapas iniciais há o encaminhamento de todos os materiais fibrosos de algodão selecionados para a indústria de papel e a partir de então os resíduos têxteis passam a matéria-prima do processo de produção de papel. O processo é realizado através das técnicas convencionais de produção de papel por métodos mecânicos ou químicos, terminando com o papel pronto para consumo e comercialização. Assim seguem as etapas de:

#### 4) Formação da Polpa

Assim como no processo convencional de produção de papel, a reciclagem mecânica configura-se como uma das maneiras mais conhecidas, utilizadas e padronizadas e em geral divide-se em duas etapas: picotagem dos resíduos têxteis, para redução de tamanho e desfibragem deste material. Durante a visita ao Museu do Papel de Leiria foi verificado o processo de produção do papel, confirmado em troca de e-mails com a equipe do museu, com as seguintes etapas:

- Inicialmente é necessário pesar o algodão e triturá-lo com água. Coloca-se na Tina Holandesa, equipamento de Moinho que utiliza água em um circuito fechado, 1,5Kg de resíduo têxtil rico em algodão, junto a cerca de 90 litros de água de modo a que esta matéria prima seja triturada para se obter a pasta para a feitura das folhas. Esta moagem tem uma duração aproximada de 6 horas.
- Depois de obtida a pasta, ela deve ser colocada em uma tina onde se acrescenta mais água.
- Em seguida a fórmula é mergulhada na tina contendo a pasta, onde se deve deixar escorrer a água e balançar a forma sob um pano em uma superfície lisa, de modo que a folha se solte da fórmula e depois secar. A fórmula utilizada como utensílio de forma retangular e tamanho padrão para produção de folha do tipo A4 - 210 x 297 mm.
- Por fim as folhas devem ser colocadas em uma prensa e sua secagem é a fase mais demorada do processo. Cada folha de papel demora pelo menos 48 horas a ficar pronta.

O próprio museu indica que o principal custo do processo é o da mão-de-obra, por conta do caráter artesanal do papel, já que, além de utilizar os desperdícios têxteis, não utiliza produtos químicos em sua produção e utiliza água em circuito fechado no sistema de Tina Holandesa.

No Brasil os moinhos antigos sem uso atual, poderiam voltar a operar, como no caso Português. Porém, devido à raridade de sistemas deste tipo no país ainda em funcionamento sugere-se o uso de equipamentos já existentes nas indústrias e em produções artesanais, buscando manter as características ambientais positivas do sistema de moinhos, e de forma análoga-não trazer entradas extras ao sistema. A partir deste momento seguem as etapas de polimento, design e comercialização do papel, como no processo convencional, porém pensadas de acordo com a visão de sustentabilidade presente em todo o processo.

#### 5) Coloração e adereços

Para que o papel produzido seja sustentável em toda a sua cadeia, a etapa de separação deve ser realizada de forma adequada e possibilitar ao papel manter a coloração oriunda das aparas têxteis utilizadas para produção da pasta. Do mesmo modo, este papel quando colorido ou estilizado deverá ser modificado com o uso de elementos naturais, tais como folhas de árvores, pétalas de flores, especiarias como o açafrão, a canela, aparas dos lápis de cores, etc.

## 6) Venda e Consumo

O papel está pronto para consumo e poderá ser vendido na forma de folhas de papel ou transformado em itens como cartões, livros, envelopes, de modo a valorizar o produto e aumentar os lucros com a venda do mesmo.

## 7) Descarte do Papel

O descarte do papel produzido deve ser realizado de maneira adequada, retornando a empresa através dos mesmos atores que realizam a recolha da matéria prima ou de logística reversa, de modo que este continue circulando no sistema pelo maior tempo possível, em suas diversas formas.

Este processo está sintetizado na figura 2, podendo ser realizado por qualquer indústria de papel de médio ou grande porte que possua equipamentos para a produção de sua própria pasta. No caso da indústria de médio porte, a produção também pode ser realizada através das técnicas de produção de papel artesanal, onde as folhas seriam produzidas através de ferramentas simples, formas e moldes, ao invés de utilizarem equipamentos industriais.



\* Todos os descartes da Indústria 1 serão levados para área de armazenamento apropriado, onde se somam os reídos domésticos para geração do material para a Indústria 2

**Figura 2 – Resumo das etapas do processo de SI entre as indústrias têxtil e de papel e celulose**

Fonte: Machado, 2018

Considerando os números, segundo Ribeiro *et al* (2014), com a aplicação de reciclagem para produção de papel há redução de 74% na poluição do ar, de 35% na poluição da água, de 98% no consumo de água, de 70% no consumo de energia e devido ao trabalho dos catadores são poupadadas quase 317 mil árvores por ano. Devido à falta de estudos quantitativos relativos ao processo de reciclagem de fibras têxteis, os dados apresentados por Ribeiro (2014) servem para demonstrar a expectativa de redução dos impactos negativos do processo convencional de produção de papel ao utilizar a SI com as aparas de resíduos têxteis ao invés de papel descartado.

Outra mudança importante no processo que deve ser destacada, específica à produção de papel pela reciclagem de fibras têxteis, é a retirada do papel virgem adicionado ao processo convencional, para manutenção de sua qualidade e aumento da vida útil destes produtos, do sistema e a utilização água ao invés de químicos no processo de desfibramento. Com isto há redução do impacto dos produtos químicos utilizados no sistema, redução do consumo de água da indústria que será reutilizada em outras etapas do processo. Assim, apesar do

modelo proposto não reduzir o consumo de matéria prima, resulta em melhorias ambientais que fazem o processo proposto possivelmente resultar em reduções ainda maiores nestes parâmetros da reciclagem.

## CONCLUSÕES

O presente trabalho demonstrou que existem setores aptos a desenvolver o instrumento da simbiose industrial e realizar os avanços tecnológicos necessários para tal. A similaridade entre os processos de produção de papel e celulose e o processo envolvendo fibras de indústrias de produção têxtil, demonstrou a potencialidade de melhorar, sob a ótica ambiental, ambos os processos produtivos.

O modelo de SI proposto atende aos objetivos e princípios estabelecidos na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010) e podendo servir de incentivo para que estes resíduos sejam submetidos ao regime de logística reversa, além atender aos princípios da SI e auxiliar no cumprimento das metas de produção e consumo sustentável (ODS12) da agenda 2030 da ONU.

Com a aplicação do processo proposto praticamente eliminam-se os impactos ambientais relacionados ao descarte dos resíduos fibrosos têxteis ricos em algodão e os vários impactos relacionados à extração da matéria-prima da indústria de papel e celulose. Ou seja, para as indústrias têxteis e de vestuário, o ganho seria a redução dos impactos negativos resultantes da disposição inadequada de resíduos. Para a indústria de papel e celulose, o ganho seria a redução da extração de matéria-prima, consumo de água e energia. A implementação da Simbiose Industrial demonstraria a responsabilidade social e ambiental de ambos os setores, como resultado da sinergia e cooperação desenvolvidas, tendo a possibilidade de inspirar outras indústrias a adotarem esse instrumento de gestão ambiental, em busca de um desenvolvimento sustentável para ambas as cadeias.

Porém, deve-se considerar os novos impactos econômicos, como os custos para separação, coleta e armazenamento dos resíduos, transporte entre as duas indústrias. Com gestão de processos integrada e eficaz e a logística é esperado que estes custos sejam minimizados, com a adoção de medidas para a redução dos impactos que permanecem no processo, como:

- Realizar controle do processo produtivo e melhor planejamento das etapas de corte e costuras para evitar desperdício por más práticas.
- Identificar alternativas para reutilização dos resíduos ainda não reutilizados.
- Criar/aumentar o número de parcerias com cooperativas de catadores e ONG's
- Alterar tecnologia, procedimentos e gestão, no processo, visando a melhoria contínua
- Implementar sistema de monitoramento e controle de máquinas, equipamentos e entradas e saídas do processo.
- Selecionar fornecedores de acordo com parâmetros de sustentabilidade
- Utilizar embalagens sustentáveis e realizar seu gerenciamento

Concordando com Barbieri (2016), apesar dos inegáveis avanços e do desenvolvimento de instrumentos de gestão ambiental voltados a melhorar os processos produtivos, como a Produção mais Limpa (P+L), a ecoeficiência, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), a SI, estes modelos ainda são pouco conhecidos e implementados por grande parte das indústrias no Brasil. Em parte, isso se deve à ausência de articulações e cooperação entre os diversos elos da cadeia e ausência de bancos de dados relativos ao processo produtivo, seus aspectos e impactos ambientais.

Nesse sentido, espera-se que estudos futuros possam dar continuidade ao modelo aqui proposto. Para tanto, sugere-se a realização de:

- ACV para o papel produzido a partir de aparas têxteis,
- ACV visando comparar o processo convencional de fabricação de papel com o processo apresentado,
- Estudo de avaliação da porcentagem mínima de algodão presente nos tecidos, visando aumentar a abrangência dos tipos de tecidos reciclados que permitam a produção de papel de qualidade,
- Estudo que identifique outras metodologias que contribuam para melhor avaliar quantitativamente a viabilidade do processo.

O modelo aqui proposto pode representar uma fonte de inspiração para que pesquisadores e os setores produtivos passem a acreditar que é possível o desenvolvimento sustentável, o consumo sustentável e o aumento da cooperação entre os diversos atores. É importante acreditar na força do desenvolvimento de parcerias para a criação não só do desenvolvimento sustentável, como de um mundo melhor.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro pelo desenvolvimento deste estudo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALIGLERI, L. et al., Gestão Industrial e Produção Sustentável. São Paulo. Editora Saraiva, 2016.
2. ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. Dados Gerais do Setor atualizados em 2018, referentes ao ano de 2017. Available at: <http://www.abit.org.br/cont/perfil-do-setor>. Access in: February 2019.
3. COSTA, E. R. H. Estudo de Polímeros Naturais como Auxiliares de Floculação com Base no Diagrama de Coagulação do Sulfato de Alumínio. São Carlos. 1992. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, 1992.
4. BARBIERI, J.C.; Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos. 4<sup>a</sup> edição. São Paulo. Editora Saraiva. 2016. ISBN: 9788547208233
5. BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Presidência da República Casa Civil Subchefia para Assuntos Jurídicos, Poder Executivo, Brasília, DF. 2010b. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm)>. Acesso em: 10/12/2017
6. CHERTOW, M.R. (2000). Industrial Symbiosis: Literature and Taxonomy, Annual Review of Energy and Environment, 25:313-337.
7. CHERTOW, M.R. (2007). "Uncovering" Industrial Symbiosis. Journal of Industrial Ecology 11(1):11-30.
8. DEPEC Bradesco (2017). Relatório de desempenho do setor de papel e celulose. Disponível em <https://www.economiaemdia.com.br/> Acesso em: novembro de 2017
9. DEPEC Bradesco. (2018). Relatório de Desempenho do setor de papel e celulose. Disponível em: <[https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset\\_papel\\_e\\_celulose.pdf](https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_papel_e_celulose.pdf)>. Acesso em: Fevereiro 2018.
10. ELABRAS-VEIGA, L.B. & MAGRINI, A. (2013). Eco Industrial Parks: a tool towards Rio de Janeiro Industrial Park Settlement Re-design. In: ISWA International Solid Waste Conference. Viena, Áustria.
11. MACHADO, J.T.M. (2018). Proposta e avaliação de viabilidade da simbiose industrial para a eco produção de papel a partir de resíduos têxteis. Trabalho de conclusão de curso. Curso Superior de Tecnologia em Gestão Ambiental, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ), Rio de Janeiro, RJ.
12. MELO, Luiza. Da madeira a folha: Conheça a Produção do Papel A4 da Suzano. Revista Exame edição online, setembro de 2015. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/negocios/da-madeira-a-folha-conheca-a-producao-do-papel-a4-da-suzano/>>. Acesso em: abril 2018.
13. ONU - Organização das Nações Unidas. Banco Mundial: serão necessários 3 planetas para manter atual estilo de vida da humanidade. Agosto de 2016. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/banco-mundial-serao-necessarios-3-planetas-para-manter-atual-estilo-de-vida-da-humanidade/>>. Acesso em: abril 2018
14. SILVEIRINHA, Madalena. Produção de papel [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <[madalenasilveirinha@cm-leiria.pt](mailto:madalenasilveirinha@cm-leiria.pt)> em: janeiro 2018.
15. RIBEIRO, Luiz Carlos de Santana et al. Aspectos econômicos e ambientais da reciclagem: um estudo exploratório nas cooperativas de catadores de material reciclável do Estado do Rio de Janeiro. Nova Economia. Belo Horizonte 24 (1). 191-214. Janeiro-abril de 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/neco/v24n1/0103-6351-neco-24-01-0191.pdf>. Acesso em: maio 2018.
16. SEBRAE. Consumo sustentável de Moda. Relatório de inteligência. Capítulo Sustentabilidade. 2015 disponível em: [http://sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Para%20sua%20empresa/Publica%C3%A7%C3%A7%C3%85es/9\\_RI\\_SET\\_SUSTENTABILIDADE\\_NA\\_MODA.pdf](http://sustentabilidade.sebrae.com.br/Sustentabilidade/Para%20sua%20empresa/Publica%C3%A7%C3%A7%C3%85es/9_RI_SET_SUSTENTABILIDADE_NA_MODA.pdf). Acesso em: dezembro 2017.