

**Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Engenharia de Produção**

**Proposta de Simbiose Industrial no Gerenciamento de  
Resíduos: Estudo de Caso de uma Agroindústria na Região  
de Maringá.**

*Pedro Cazela Zago*

**Maringá - Paraná  
Brasil**

Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Engenharia de Produção

Proposta de Simbiose Industrial no Gerenciamento de Resíduos:  
Estudo de Caso de uma Agroindústria na Região de Maringá

**Pedro Cazela Zago**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de  
Engenharia de Produção, do Centro de Tecnologia, da  
Universidade Estadual de Maringá.  
Orientador (a): Prof (ª). Msc Syntia Lemos Cotrim

**Maringá - Paraná  
2016**

## **DEDICATÓRIA**

Com muito carinho, à minha família e meus amigos queridos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço especialmente a minha mãe, essa mulher guerreira, que sempre me apoio, me deu força para que eu conseguisse me formar e ser essa pessoa que sou hoje. Muito obrigado minha mãe!

A meu pai Almir, mesmo distante, sempre me ajudou nesses cinco anos de graduação.

Ao meu irmão Augusto, por sempre estar ao meu lado.

À minha companheira Beatriz, que nos momentos difíceis, era o seu colo que me confortava, nas alegrias e nas tristezas, sempre estava ao meu lado.

Ao meu grande amigo Gabriel, pelos conselhos, conversas, choros e risadas!

A minha família de amigos, Maycon, Lucas, Jéssica, Thais, Fernando, Felipe, Aline, Kim Jundiaí, Evandro e os outros colegas de classe, por fazerem a minha graduação ser uma das melhores etapas da minha vida. Algo que nunca será esquecido!

À minha professora orientadora Syntia, pois sem os seus conselhos, esse trabalho não seria possível.

## RESUMO

Sustentabilidade é um assunto que sempre está em pauta em todas discussões governamentais, empresariais, nos noticiários e em rodas de bate papo. Porém, muitos não sabem o seu real significado e qual a aplicabilidade de seus conceitos tem na sociedade, na economia e no meio ambiente em si. O presente trabalho faz uma análise dos resíduos produzidos por uma agroindústria de grande porte presente na região de Maringá, sobre a ótica da Ecologia Industrial e traz uma proposta de tratamento de resíduos através de uma de suas ferramentas, a Simbiose Industrial. A proposta tem como finalidade dar outra destinação aos subprodutos como argila clarificante, sucata de ferro, rafia, papel e papelão, não simplesmente a destinação final, mas fazer com que alguns resíduos sejam transformados em matéria prima em outros processos produtivos, fazer com que a empresa veja seus resíduos como oportunidade de novas receitas agregando valor, ganhando assim, vantagens competitivas no mercado. Ao desenvolver do trabalho é possível verificar que a ferramenta é muito útil e traz resultados expressivos de economia com destinação final e geração de renda com os resíduos, como a redução de despesas com destinação final em cerca de 40% e reutilização de subprodutos na própria empresa.

Palavras-chave: sustentabilidade; simbiose industrial; ecologia industrial

## **ABSTRACT**

Sustainability is a subject incorporated on the most governments and companies agendas, as well as in the news and even during casual talks. However, many do not know its real meaning and applicability into the society, economy or into the environment itself. The objective of this study is to analyze the waste produced by a large agroindustry located at the region of Maringá, under the perspective of Industrial Ecology, and presents an alternative destination for the waste generated by thge company through Industrial Symbiosis concepts. The purpose of this investigation is to offer a different destination to by-products such as, bleaching earth, iron scrap, big bags, paper and corrugated cardboard, oferring not a final destination, but transforming the waste into raw material of other production processes, and make the company see the generated waste as an opportunity for new sources of incomeand as a mean of gaining competitive advantages in the market. Over the developing process it is possible to verify that the chosen tool is very useful and brings significant financial results, such as the reduction of final destination expenses by approximately 40% and the reuse of by-products by the own industry.

**Key words:** sustainability; Industrial symbiosis; Industrial ecology

## SUMÁRIO

1	Introdução.....	11
1.1	Justificativa.....	12
1.2	Definição e delimitação do problema.....	13
1.3	Objetivos.....	13
1.3.1	Objetivo geral.....	13
1.3.2	Objetivos específicos.....	13
1.4	Organização do Trabalho.....	13
2	Revisão da Literatura.....	14
2.1	Histórico da Sustentabilidade.....	14
2.2	Ecologia Industrial.....	16
2.3	Ferramentas da Ecologia Industrial.....	18
2.3.1	Prevenção da poluição.....	19
2.3.2	Produção mais limpa.....	20
2.3.3	Projetos para o meio ambiente.....	20
2.3.4	Contabilidade Verde.....	21
2.3.5	Química Verde.....	22
2.3.6	Análise do Ciclo de Vida.....	22
2.3.7	Simbiose Industrial.....	22
2.3.8	Modelos de simbiose industrial.....	26
2.3.9	Simbiose industrial no Brasil.....	29
2.4	Definição dos subprodutos e resíduos produzidos.....	32
3	Método de pesquisa.....	34
4	Desenvolvimento.....	36
4.1	Caraterização do ambiente de estudo.....	36
4.2	Caracterização dos resíduos.....	38
4.3	Levantamento de informações do processo de destinação final.....	42
4.4	Seleção de resíduos e realização de propostas de Simbiose Industrial.....	46
4.5	Reorganização dos processos de destinação final dos materiais.....	54
4.6	Discussão dos resultados.....	58
5	Conclusão.....	62
6	Referências.....	64

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ações da Agenda 21 Local .....	15
Figura 2 - Abrangência da Ecologia Industrial.....	18
Figura 3 - Simbiose Industrial em Kalundborg até 2015.....	25
Figura 4 - Infraestrutura para a disponibilização de calor residual .....	27
Figura 5 - Processo de Simbiose Industrial na região de Guangxi.....	28
Figura 6 – Fluxograma do Método de Pesquisa .....	35
Figura 7 - Quantidade e Custos de Resíduos de processos Produtivos .....	44
Figura 8 - Quantidade e Custos de Resíduos de processos Secundários.....	44
Figura 9 - Atual processo da Argila Clarificante.....	48
Figura 10 - Atual processo de venda de Ferro.....	51
Figura 11 - Atual processo de destinação de Papel e Papelão.....	52
Figura 12 - Atual processo de destinação de Ráfia .....	54
Figura 13 - Proposta de Simbiose com Argila Clarificante.....	55
Figura 14 - Proposta de Simbiose com o Ferro .....	56
Figura 15 - Proposta de Simbiose com Papelão .....	57
Figura 16 - Proposta de Simbiose com a Ráfia .....	58

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista de Resíduos de Processos Produtivos.....	39
Tabela 2 - Lista de Resíduos de Processos Produtivos Secundários .....	39
Tabela 3 - Ganhos com venda de material reciclável em 2015 .....	45
Tabela 4 - Gastos com destinação final de Resíduos em 2015.....	45
Tabela 5 - Comparação de cenários.....	59
Tabela 6 - Ganho com a Proposta.....	60
Tabela 7 - Gasto com a destinação final de Resíduos de acordo com a Proposta.....	60

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABETRE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRO DE NORMAS TÉCNICAS

CMMAD - COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENT

CMNP - COMPANHIA DE MELHORAMENTO NORTE DO PARANÁ

DMR - DEPÓSITO DE MATERIAIS REUTILIZÁVEIS

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION

MIT - MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

NBR - NORMA BRASILEIRA

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS

PEI - PROJETO DE ECOSSISTEMAS INDUSTRIAIS

PET - POLIETILENO TEREFTALATO

PIB - PRODUTO INTERNO BRUTO

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS

SI - SIMBIOSE INDUSTRIAL

SIBR - SISTEMA INTEGRADO DE BOLSA DE RESÍDUOS

UNEP - UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME

# 1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o tema Sustentabilidade vem se tornando bastante recorrente mundialmente, devido as altas taxas de poluição e de desperdício de recursos naturais por parte do ser humano e pela busca de novos recursos sustentáveis para se minimizar os custos produtivos e trazer uma maior rentabilidade para as indústrias. Segundo Dias (2006), o desenvolvimento sustentável apresenta três dimensões: econômica, social e ambiental. Sendo que a econômica considera que as empresas tenham que ser economicamente viáveis, tendo retorno econômico de seu investimento. Quando o assunto é social, as empresas têm que garantir boas condições de trabalho e seus empregados, além de dar oportunidade aos portadores de necessidades especiais de modo geral. Ambientalmente falando, as empresas devem buscar e apresentarem eco eficiência em seus processos produtivos, adotando uma postura de responsabilidade ambiental.

Uma das estratégias que vem sendo empregada atualmente é a Ecologia Industrial e suas vertentes, essa ideologia faz com que a indústria seja entendida como um Ecossistema e que as suas ações passam a atuar em ciclos, analogamente como os ciclos naturais, ou seja, transformando e reaproveitando qualquer tipo de energia e resíduo gerado pelo próprio sistema produtivo da indústria.

Frosch e Gallopoulos (1989), criaram o conceito de Ecossistema Industrial, baseando em Ecologia, esse conceito afirma que todo os resíduos gerados por uma empresa deveriam ser reutilizados como insumos por outra empresa, ou seja, nenhum tipo de resíduo impactaria negativamente em um sistema natural. A partir da criação desse novo conceito, Tanimoto (2004), implementou o conceito de Ecologia Industrial utilizando a ideia de Ecossistema Industrial. Ecologia Industrial é o estudo da interação entre o meio ambiente e os sistemas produtivos, baseando-se no princípio de que um sistema industrial poderia ter o fluxo de matéria e energia circulando em um ciclo fechado, assim como ocorre no ciclo da biosfera, no lugar de um ciclo linear.

Com essa ideologia objetivando a otimização dos recursos naturais e minimizando a quantidade de rejeitos gerada, através da integração do sistema produtivo industrial com o meio ambiente. Além de gerar essa otimização, com a maior integração industrial, pode-se gerar uma visão de um novo negócio e até mesmo novas estratégias para reduzir custos e angariar recursos. Segundo Caxito (2011), até recentemente às preocupações das empresas estavam focadas exclusivamente com seus concorrentes e com a qualidade dos produtos. Ao evoluir as

concepções e conseqüentemente as exigências dos consumidores, forçaram as empresas a adotarem novas posturas. Ou seja, as empresas que conseguirem enxergarem no seu processo os conceitos sustentáveis, conseguiram ter uma vantagem competitiva.

Abordando esses conceitos de Ecosistema Industrial e Ecologia Industrial, uma nova vertente surgiu, analogamente observando os ecossistemas naturais, essa vertente é a Simbiose Industrial. Simbiose significa a interação entre dois organismos que vivem juntos, ou seja, a parceria entre indivíduos também pode ser abordada em indústrias. Marinho (2001) diz que a ecologia industrial propõe uma visão sistêmica integrada do setor produtivo, e deste com o meio ambiente, como um caminho para a otimização do uso dos recursos naturais. A integração entre diferentes indústrias deve se dar de forma que os resíduos e subprodutos gerados por uma indústria, que acabariam se transformando em rejeitos a serem tratados possam servir de matérias primas para outras, reduzindo assim, a disposição de resíduos na natureza, reduzindo a demanda por novos recursos naturais e a depreciação do meio ambiente.

Assim, presente trabalho irá analisar o atual cenário de uma agroindústria que se encontram na cidade de Maringá e apresentar uma proposta para que os conceitos de Ecologia Industrial e principalmente a Simbiose Industrial sejam implementadas para gerar uma maior competitividade dessa empresa no cenário em que atua, além de poder consolidar um processo sustentável.

## **1.1 Justificativa**

Nos últimos anos o tema sustentabilidade vem ganhando muita importância mundialmente e as empresas que conseguem implantar um sistema sustentável sólido, conseguem tirar grande proveito, tanto com redução de custo em seu processo produtivo, visibilidade com a obtenção de selos de natureza sustentável, podendo tornar-se porta de entrada no mercado internacional e atrair investimentos de fora, isenção de impostos, aplicação de melhores práticas em governança corporativa, entre outras vantagens competitivas no âmbito dos três pilares da sustentabilidade: econômico, social e ambiental.

Apesar dessas práticas terem algo em comum e muitas vezes serem confundidas com Ecologia Industrial, o presente trabalho se encaixa como uma proposta de Simbiose Industrial, pois o mesmo visa fazer a integração de resíduos de processos da agroindústria estudada, como recursos produtivos para outras indústrias da região.

## **1.2 Definição e delimitação do problema**

Ao analisar a agroindústria Maringaense, seus resíduos e subprodutos, serão listados, quais empresas fornecedoras situadas em Maringá tem afinidades com os resíduos e subprodutos gerado. Com isso, o estudo será focado na criação de processos para fazer a integração desses suprimentos na cadeia produtiva e criação de estratégias mais eficazes de diminuir os custos logísticos desses processos.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo geral**

Propor um modelo de Simbiose Industrial tomando como base uma agroindústria presente na cidade de Maringá.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Estudar o subproduto e resíduo produzido pela empresa na planta de Maringá;
- Identificar semelhanças entre subprodutos e resíduos produzidos com os processos das empresas;
- Propor alianças entre as empresas que possuem semelhança;
- Aumentar a porcentagem de reaproveitamento de resíduos nas empresas.

## **1.4 Organização do Trabalho**

O presente trabalho é dividido em Revisão de Literatura onde são apresentados conceitos de Ecologia Industrial e suas ferramentas, Simbiose Industrial e seus modelos, além de mostrar como o conceito de Simbiose Industrial é trabalhado no Brasil. Depois disso, é apresentado o Método de Pesquisa, que ressalta os passos com os quais o trabalho foi construído. Após a metodologia o trabalho é desenvolvido a partir dos objetivos traçados anteriormente e é dividido em seis tópicos de pesquisa. A conclusão apresenta um panorama geral do que foi levantado e confronta se a forma que o trabalho foi realizado conseguiu cumprir as metas que foram delimitadas.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 Histórico da Sustentabilidade

Sustentabilidade, Desenvolvimento Sustentável, são palavras que estão em evidência mundialmente. Em quase todos os debates em que o tema central é o crescimento e desenvolvimento econômico, as questões de crescimento sustentável, são pautas para discussões acaloradas (GARCIA; DIRAJAI, 2016). Esses debates começaram a ter mais incidências a partir das Revoluções Industriais, onde o consumo desenfreado de recursos e a destinação de resíduos foram feitas de maneira não gerenciada, causando prejuízos ao meio ambiente e a sociedade de forma geral.

Garcia e Dirajai (2016) trazem que um desses resultados gerados por essa discussão foi a criação do Clube de Roma em 1966. O clube era formado por pessoas influentes, estudiosos e intelectuais que realizaram diversas discussões em torno de política, economia, meio ambiente e desenvolvimento sustentável. O resultado dessas reuniões foi apresentado em 1972, juntamente com o suporte do Massachusetts Institute of Technology (MIT), através de um relatório chamado de Os limites do Crescimento que tinham como base modelos matemáticos que faziam uma relação entre o crescimento da população e paralelamente o crescimento da poluição.

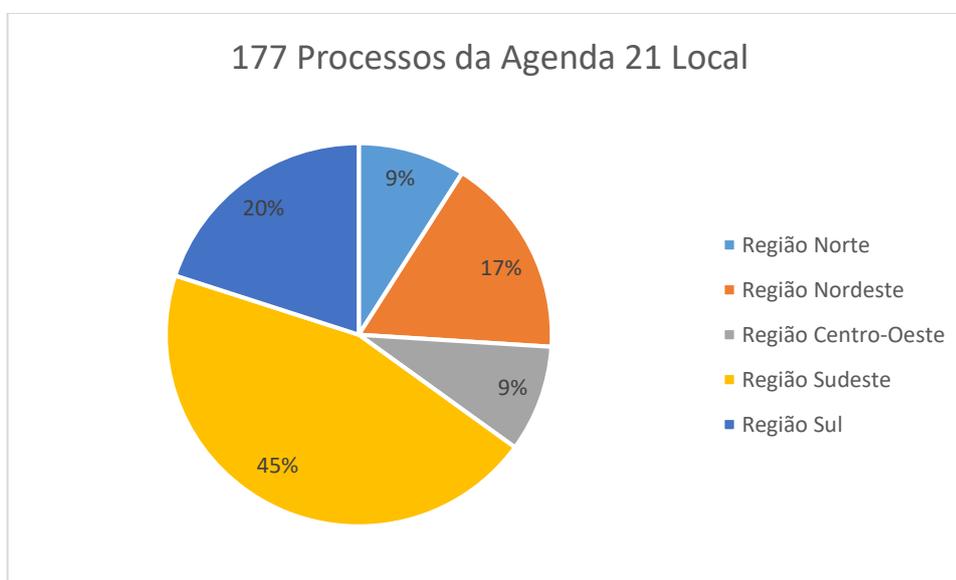
Para De Oliveira et al (2012) as conclusões do relatório indicam que a indústria de nações em desenvolvimento deveria ser “congeladas” pois se o nível de produção continuasse, o limite que o planeta aguentaria de crescimento era de 100 anos. Esse estudo foi duramente criticado, pois ele tirava o direito de outras nações se desenvolverem além de apresentarem dados com muitas variações. A partir dessa primeira mobilização e impacto gerados pelo estudo e pelas críticas a esse estudo, em 1973 foi feita a Declaração de Cocoyok, fruto da Conferências das Nações Unidas sobre Comércio-Desenvolvimento e da UNEP (Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas) em Estocolmo. Essa declaração mostra que não é só os países em desenvolvimento que causavam os problemas ambientais, os países desenvolvidos também eram responsáveis devido a sua alta taxa de consumo.

De Oliveira et al (2012) enfatiza esse empasse gerado entre as nações desenvolvidas e subdesenvolvidas, de como deveria ser gerenciada a questão do crescimento sustentável, assim, a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) da Organização das

Nações Unidas (ONU) definiu que sustentabilidade é a capacidade de satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas próprias necessidades. Foi a partir disso que o conceito do Triple Bottom Line tomou destaque, pois ele pondera as discussões sobre o tema, não apontando culpados.

Oliveira (2016) ainda destaca que após a definição do que representa sustentabilidade pela ONU, em 1992 ocorreu a segunda grande cúpula da terra, a chamada ECO-92. Essa cúpula é a responsável pelo acordo de celebração do modelo de Desenvolvimento Sustentável, chamado de Agenda 21. O Ministério do Meio Ambiente (2009) define como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, em diferentes bases geográficas, que concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica. No Brasil, essa agenda teve dois desdobramentos: Agenda 21 Brasileira e a Agenda 21 Local. A primeira é um planejamento de desenvolvimento sustentável do país, tendo como base a Agenda 21 global. Já a segunda é um planejamento que estrutura as prioridades locais, por meio de projetos e ações de curto, médio e longo prazo. Os resultados da agenda local em 2009 são:

**Figura 1 - Ações da Agenda 21 Local**



É possível verificar com a Figura 1 que a região Sudeste teve o maior número de processos referente à Agenda 21 brasileira, isso se deve ao fato da região ter uma maior concentração de recursos, empresas e pessoas.

Ainda segundo o Ministério do Meio Ambiente (2009) esses projetos influenciam na Gestão de Resíduos sólidos, Recuperação de áreas Degradadas, Criação de Legislação Ambiental, Redução da Poluição Atmosférica e Redução do Desmatamento. Após a ECO-92, houveram encontro de líderes mundiais para discussão sobre o desenvolvimento sustentável, porém, a mais significativa ocorreu em 1997 na cidade de Quioto. Desse encontro, foi estabelecido o Protocolo de Quioto, que trazia medidas ambiciosas para a redução da emissão de poluentes no meio ambiente.

De acordo com o relatório O Protocolo de Kyoto disponibilizado pelo Greenpeace, as nações industrializadas teriam que reduzir suas emissões em 5,2%, com relação aos níveis de 1990, entre os anos de 2008 e 2012, estabelecer três mecanismos de flexibilidade que façam com esses países consigam cumprir as exigências de reduções. O protocolo também permitiu que países ricos medissem o valor líquido de suas emissões, ou seja, contabilizar as reduções de carbono vinculadas as atividades de desmatamento e reflorestamento, o tratado também determinava a criação de mecanismos que garanta o cumprimento do protocolo de Kyoto. Ainda segundo o Greenpeace, esse protocolo foi um total fracasso pois os principais países que poluem não assinaram o tratado (China e Estados Unidos), segundo o grupo, outro fator que prejudicou o protocolo foi que os dados analisados para realizar as metas de redução, os dados consultados pela convenção foi de 1990.

Depois de 20 anos da primeira ECO-92, em 2012, ocorreu a Rio+20. De acordo com o portal Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável – Rio+20, o objetivo da conferencia foi renovar os compromissos políticos com o desenvolvimento sustentável firmado na ECO-92 e no Protocolo de Quioto, por meio da avaliação do progresso e das lacunas na implementação das decisões que foram assinadas. Teve também dois objetivos principais: realizar a economia verde no contexto de desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza e realizar a estruturação das instituições para o desenvolvimento sustentável.

## **2.2 Ecologia Industrial**

A palavra Ecologia foi criada pelo biólogo Ernest Haeckel (1866), para dar nome a uma área científica onde a sua principal função era estudar as relações entre as espécies de animais e os ambientes orgânicos e inorgânicos. O significado de ecologia sofreu várias modificações desde a sua criação, e o conceito de Ecologia adotado nos dias de hoje é muito mais abrangente, englobando além de fatores biológicos, aspectos sociais e políticos (LAGO, PÁDUA, 1984).

Lowe (2001) explica que quando tratamos de Engenharia Industrial, dizemos que é a análise da interação entre o meio ambiente e os sistemas produtivos. A Ecologia Industrial está baseada no princípio de que um sistema industrial poderia ter o fluxo de matéria e energia circulando em um ciclo fechado, assim como ocorre no ciclo da biosfera, no lugar de um ciclo linear.

A partir disso, conforme Lifset e Graedel (2002), os pilares da ecologia industrial são criados por analogia biológica, utilizando sistemas de perspectivas, mudança de tecnologia, a relação das empresas com a sustentabilidade e com sua eficiência ecológica, pesquisas e práticas prospectivas sobre esse assunto. Esses pilares têm como centro a análise da sustentabilidade dos fluxos de recursos, olhando para as indústrias, otimistamente, como agentes possíveis de melhoria ambiental, pois elas possuem recursos tecnológicos que podem executar com eficácia e eficiência o gerenciamento sustentável de produtos e processos. Sendo a indústria um foco, pois com ela são produzidos a maioria dos bens e serviços para a sociedade, e pelo fato de ser uma fonte importante de danos ambientais. (CHERTOW; ASHTON; ESPINOSA, 2008).

Marinho (2001) propõem também que a Ecologia Industrial é uma visão integrada de todo o setor produtivo das indústrias juntamente com o meio ambiente e, a partir disso, utilizar desse sistema integrado como um caminho para que seja otimizado todo o uso de recursos naturais. Contudo para que essa integração se torne realmente um caminho para o uso sustentável de recursos Erkman et al., (2001) aponta desafios em que toda empresa deve vencer para que alcançar a Ecologia Industrial:

- **Valorizar resíduos e subprodutos**

Práticas de fim de tubo devem ser usadas para resíduos que não podem ser reaproveitados, para os materiais que não necessitam desse tipo de prática, deve se entender pode se tornar insumo para outra cadeia produtiva. Usar reciclagem apenas para estratégias de recuperação de matéria-prima.

- **Minimização de perdas pela dispersão**

Diminuir ou minimizar os efeitos de materiais nocivos como fertilizantes, solventes, pneus e pesticidas que são dispersos no ambiente.

- **Desmaterialização da economia**

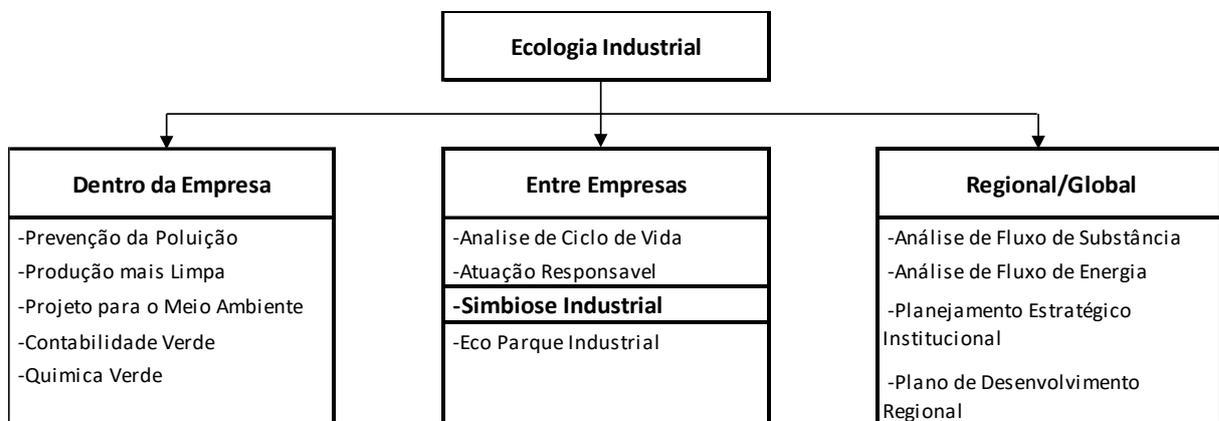
Fluxo de material para uma mesma unidade de serviço deve ser minimizado. O desenvolvimento tecnológico é importante para obter serviços para produzir produtos mais leves, aumentar o reaproveitamento de produtos após o uso.

- **Descarbonização da economia**

O uso de hidrocarbonetos (Carvão, Óleos e Gases derivados do petróleo) devem se tornar menos nocivos ao ambiente, evitando assim, o efeito estufa, chuvas ácidas, derramamento de óleo entre outros. A redução deve ser a partir de incentivos a biocombustíveis, energia renováveis e, também, ao tratamento da emissão desses poluentes.

Para tal, Chertow (2000) e Lowe (2001) sugerem alguns instrumentos que permitem o desenvolvimento de ações em diferentes níveis de atuação, seja ele a nível da empresa, entre empresas ou em escala regional/global, dependendo do tamanho da empresa. Algumas dessas ferramentas são ilustradas na Figura 2.

**Figura 2 - Abrangência da Ecologia Industrial**



Fonte: Adaptado de Chertow (2000) e Lowe (2001)

As diferenças entre Ecologia Industrial e Simbiose Industrial é evidenciada na Figura 2, a Simbiose se encaixa como uma ferramenta entre empresas, que trocam subprodutos para encaixa-los em seus processos produtivos. É valido destacar também, que a única diferença entre Simbiose Industrial e Eco Parques Industriais é com relação a distância geográfica entre as mesmas.

### 2.3 Ferramentas da Ecologia Industrial

A prática da Ecologia Industrial muitas vezes é realizada por ações baseada em conceitos, poucas vezes essas ações são executadas através de instrumentos, pois a Ecologia Industrial

assume o papel muito amplo se tratando em conduzir a industrial, em sua totalidade, em uma nova forma de pensamento. Esse desafio, além de mudar a cultura da empresa, engloba o desafio de auxiliar o redirecionamento das políticas e legislações ambientais, o gerenciamento adequado de resíduo industrial, o planejamento de uso eficiente do solo, dentre outros.

Contudo, a instrumentalização desde processo, sempre que possível, é bem-vinda no sentido de agilizar a busca pela concretização de iniciativas que garantam o cumprimento do seu objetivo, que é a produção de uma sociedade sustentável, e por isto está sendo atualmente chamada de “ciência da sustentabilidade” (EHRENFELD, 2004). Assim, conforme Chertow (2000) e Lowe (2001), segue a apresentação de ferramentas, como: Prevenção da poluição, Produção mais limpa, Projetos para o meio ambiente, Contabilidade verde, Química verde, Análise do ciclo de vida e Simbiose Industrial.

### 2.3.1 Prevenção da poluição

Prática de processos e técnicas que busquem a redução ou eliminação dos resíduos na fonte geradora. Para a inserção dessa ferramenta é necessário obter o comprometimento da alta direção da empresa até o dos colaboradores, possuir políticas institucionais declaradas e ter um corpo técnico competente para sua condução (CETESB, 2002).

De acordo com Marinho e Kiperstok (2001), a prevenção da poluição visa reduzir a necessidade de insumos na produção, como energia e matéria-prima, a fim de reduzir também o que é retornado à natureza após sua utilização. Além disso, essa prevenção enfatiza a necessidade de reutilização dos subprodutos desses insumos.

Tanimoto (2004) mostra que a prevenção da poluição pode ser atingida pela substituição de matérias-primas, insumos, mudança de rota tecnológica, eliminação no uso de insumos tóxicos, nova estruturação do produto, novos processos de operações e manutenções e a reciclagem de resíduos de toda a cadeia produtiva. Essas técnicas podem ser utilizadas em todos os setores produtivos, de microempresas de serviços a até grandes indústrias. O autor em seu trabalho cita quatro categorias de obstáculos para a implementação da Prevenção da Poluição:

- **Econômica:** não dar retorno no prazo esperado, benefícios não tangíveis ou o custo benefício inicialmente desfavorável;
- **Técnica:** informações limitadas dependendo dos recursos da empresa;

- **Legislação:** falta e desconhecimento da legislação pode causar dificuldades na realização de ações;
- **Institucional:** colaboradores não entendem ou não aceitam os programas, podendo gerar descontinuidade dos programas implantados.

### 2.3.2 Produção mais limpa

Aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada, aplicada aos processos, produtos e serviços para aumentar a eco eficiência e reduzir os riscos para os seres humanos e o ambiente (UNEP, 2001).

Essas estratégias podem envolver mudanças no processo industrial, utilização de matéria-prima ou até mesmo práticas de *housekeeping*. Mudanças inicialmente simples podem causar grandes impactos no objetivo sustentável, mas é importante que tais mudanças e conceito sejam aplicados em toda a empresa a fim de otimizar os resultados (HIROSE, 2005).

Tanimoto (2004) cita que a Produção mais Limpa pode ser aplicada tanto em processos de produção (conservação de matéria prima, eliminação da geração de resíduos e a troca de materiais tóxicos por materiais não tóxicos), produtos (mudanças nos impactos do ciclo de vida do produto) e serviços (conceitos de sustentabilidade aplicados em projetos de distribuição de serviços). O autor ainda cita a metodologia para a aplicação do programa que passa por: Balanço de Massa, Definição de prioridade, Balanço detalhado por Resíduo, identificação das técnicas de Produção mais Limpa a serem implantadas, estudo de viabilidade econômica, barreiras a serem vencidas, monitoramento ambiental e econômico e avaliar os resultados e seus benefícios econômicos, sociais e ambientais visando implementar a melhoria contínua do processo.

### 2.3.3 Projetos para o meio ambiente

Também conhecido como *Design for Environment*, tem como estratégia a longo prazo, a criação de uma estrutura mais sustentável do ponto de vista do produtor e consumidor através de incentivos a inovação, competitividade empresarial no atendimento a demanda de mercados emergentes, maior lucratividade com a redução de custos de produção e aumento de qualidade, redução do impacto ambiental e visão sistêmica do empreendimento e produtos finais (TANIMOTO, 2004). O autor também enfatiza que a estratégia utilizada para Projetos para o

meio ambiente é a longo prazo e se encaminha para a criação de uma estrutura mais sustentável e cita sete estratégias que podem ser adotadas para específicos segmentos:

- **Estratégia 1:** Novos conceitos relacionados a funções do produto e seu uso;
- **Estratégia 2:** Otimização física do produto levando a criação de funções integradas e até mesmo a otimização de sua função;
- **Estratégia 3:** Otimização do material com o uso de substâncias menos danosas ao ser humano e ao meio ambiente;
- **Estratégia 4:** Busca por um processo produtivo aos moldes da Produção mais Limpa e adoção de certificações como a ISO 14000;
- **Estratégia 5:** Estruturação de um transporte de produto entre clientes (interno e externo) mais eficiente;
- **Estratégia 6:** Diminuir o impacto no ambiente causado pelo uso do produto;
- **Estratégia 7:** Otimizar o descarte dos produtos com reciclagem e até mesmo utilização do resíduo em outro processo produtivo.

#### 2.3.4 Contabilidade Verde

A contabilidade verde oferece aos clientes internos e externos uma maior gama de informações sobre os acontecimentos no âmbito ambiental que modifiquem a situação patrimonial da empresa, bem como sua identificação, medição e evidências (SANTOS, 2002).

Tanimoto (2004) estratifica as obrigações ambientais e mostra que os passivos ambientais são contraídos de forma voluntária ou não através de ações de controle, preservação e recuperação ambiental e podem ser exemplificadas como: empréstimos em instituições para investimentos em gestão ambiental; compras de equipamentos e insumos para controle e preservação do meio ambiente; multas de infrações ambientais; remuneração de especialistas em gestão ambiental; indenizações ambientais a terceiros; e destinação de parte dos resultados a programas sociais e ambientais.

### **2.3.5 Química Verde**

Segundo Tanimoto (2004), os principais objetivos da Química Verde é minimizar os resíduos e a decomposição de produtos em substancias não toxicas ao meio ambiente, utilização de sínteses de produtos alternativas, redução de incorporação de reagentes ao produto final, bioenergia e biossíntese. Em virtude de grandes catástrofes envolvendo os produtos químicos, é importante ter uma segurança no local do trabalho e também garantir que se algo der errado, não extrapole os limites das fábricas. Assim, esses princípios tentem a motivar a química em todos os níveis (pesquisa, prática de redução de desperdícios, educação, políticas nacionais e internacionais.) e com a globalização, as práticas de sucesso devem ser referencias e motivação para a aplicação da Química Verde.

### **2.3.6 Análise do Ciclo de Vida**

Tanimoto (2004) escreve em seu trabalho que a Análise do Ciclo de Vida é uma ferramenta de avaliação do impacto ambiental causado pelo processo ou pelo produto. São etapas que devem ser compreendidas que vão desde a retirada de matéria prima (criação) até a disposição final do produto (morte). Esta ferramenta ultrapassa os limites fabris e proporciona uma melhor compreensão dos efeitos do produto e do processo no meio ambiente, ou seja, é possível identificar o impacto causado em cada fase do seu ciclo de vida e atualmente vem ganhando adeptos na Europa e nos Estados Unidos.

### **2.3.7 Simbiose Industrial**

Segundo Frosch (1996) os resíduos gerados pelas indústrias deveriam ser vistos mais como subprodutos do que como perdas indesejáveis. Ainda segundo o mesmo autor, a integração entre diferentes indústrias deve se dar de forma que os resíduos e subprodutos gerados por uma indústria, que acabariam se transformando em rejeitos a serem tratados, possam servir de matérias-primas para outras empresas diferentemente da Ecologia Industriais onde os resíduos são tratados como subprodutos internos, reduzindo assim, a disposição de resíduos na natureza.

Da mesma forma, a sua utilização como matéria-prima reduz a demanda por novos recursos naturais e a depreciação do meio ambiente. Na biologia, o termo usado para abordar a relação mutua de dois organismos ou ecossistemas é Simbiose. Esse nome é utilizado para descrever relações mutuamente vantajosas entre dois organismos (TERRA; PASSADOR, 2015), onde a soma dos esforços conjuntos dos seres supera a soma dos esforços individuais. Já a Simbiose

Industrial, análoga ao ecossistema natural, busca então integrar duas ou mais indústrias, de forma que a circulação de materiais, informações e serviços entre elas, torne a relação benéfica para ambas. 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.

A Simbiose Industrial (SI) é uma importante ferramenta da Ecologia Industrial, um campo emergente que envolve tradicionalmente entidades separadas em uma abordagem coletiva para a vantagem competitiva. Essa competitividade se dá pela troca física de materiais, energia, água e derivados. Para se obter esse nível de simbiose industrial é necessário que haja a colaboração entre as empresas, e que as proximidades geográficas sejam utilizadas para criar uma sinergia entre as mesmas (CHERTOW, 2000).

Muitos autores confundem as definições de Simbiose Industrial com a definição de Parque Eco Industriais. Segundo Magrini e Veiga (2012), Parques Eco Industriais são comunidades industriais que cooperam entre si e com a comunidade para de forma eficiente permutar e compartilhar recursos e serviços, resultando em ganhos econômicos, na qualidade do meio ambiente e uma melhor qualidade de vida para os trabalhadores. Lowe (2001), define que os Parques Eco Industriais são comunidades industriais, comércio e serviço, localizadas em uma área física comum, com o objetivo de aumentar o desempenho ambiental, econômico e social, com a colaboração integrada na gestão dos recursos e do meio-ambiente. Essa última definição deixa claro que os Parques Eco Industriais são uma evolução dos conceitos de Simbiose Industrial, onde a única diferença realmente encontrada é que as empresas com a relação de simbiose estão reunidas em um local comum, acabando com as barreiras geográficas.

Chertow e Ehrenfeld (2012) citam cinco características que distinguem Simbiose Industrial e Parques Eco Industriais, citado pelos autores como redes eco industriais, de outros tipos de concentrações de empresas:

- A identificação das redes simbióticas como sistemas adaptativos complexos onde a auto-organização por agentes desempenham um papel crítico em contraste com outros tipos de agrupamento industriais.
- A origem de ambas as externalidades positivas e negativas ambientais que são criadas coletivamente, mesmo que atores das empresas identificadas em conjunto não estejam

conscientes delas, mas que se tornaram conhecidas através de um processo de descoberta que faz com que a realização seja consciente.

- O reconhecimento de que os atores em eco indústrias estão produzindo em redes públicas, bem como bens privados. A teoria econômica padrão ambiental também sugere que em alguns casos a assistência pública pode ser necessária para compensar os custos privados para as empresas envolvidas na rede e assim os pontos do modelo de regulação e de outros mecanismos para conseguir o deslocamento necessário.
- A maneira em que as normas incorporadas de câmbio e outros elementos da cultura e de estrutura de coevoluir, para incluir meio ambiente como parte do processo de institucionalização.
- As necessidades de facilitação e coordenação através de um corpo mais ou menos formal para sustentar as normas à medida que evoluem a partir do auto-organização inicial. O objetivo das entidades de coordenação, a forma específica que elas tomam, são mais oportunidades de colaboração e de ação coletiva.

Quando falamos em Simbiose Industrial, a literatura traz o caso do distrito industrial da Dinamarca, Kalundborg. Nesse distrito são encontradas várias empresas em uma mesma região geográfica realizando trocas de vários recursos como água, energia, matérias e serviços, em um sistema de Simbiose Industrial quase idealizado. A simbiose de Kalundborg iniciou-se em 1972 quando uma produtora líder de petróleo estabeleceu um acordo com empresas locais de gesso (VEIGA, 2007).

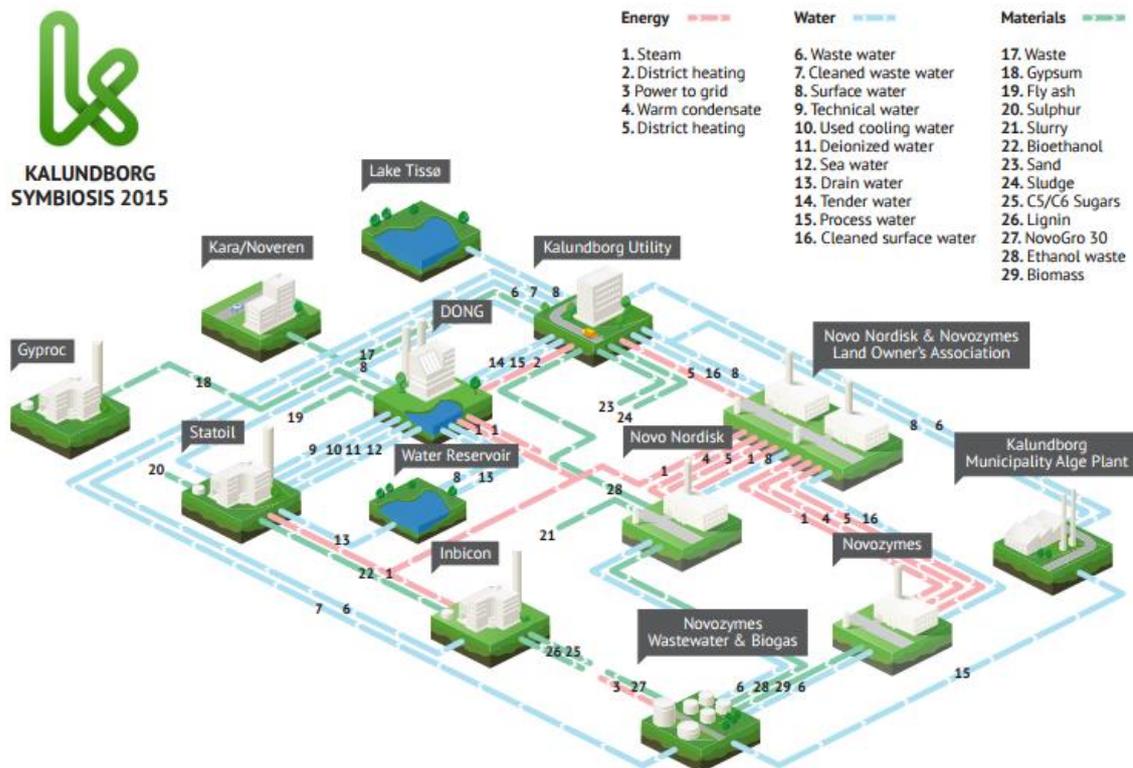
A partir dessa parceria, em 1989, o termo “Simbiose Industrial” foi usado pela primeira vez para descrever essa colaboração entre empresas. Os primeiros parceiros da Simbiose em Kalundborg, uma refinaria, uma estação de energia, a empresa de gesso, uma indústria farmacêutica e o próprio distrito de Kalundborg, intercambiavam água do tipo subterrânea, superficial e residual, vapor e eletricidade e uma grande variedade de resíduos utilizados como matéria prima em outros processos (CHERTOW, 2000).

Para Latorre (2009), o sistema existente em Kalundborg pode ser dividido em três níveis:

- O primeiro nível são os produtores primários de energia;

- O segundo nível é composto por consumidores energéticos primários;
- O terceiro nível se enquadram os consumidores de energia secundária e ao final desses três níveis existem uma usina de biomassa, fazendas de piscicultura e suinocultura.

**Figura 3 - Simbiose Industrial em Kalundborg até 2015**



Fonte: Página da Simbiose em Kalundborg<sup>1</sup>

A Figura 3 mostra a interação das empresas no parque de Kalundborg e o fluxo de cada resíduo no sistema de Simbiose. Segundo Motta e Carijó (2013) o ponto de destaque da SI aplicada em Kalundborg é a variedade de fluxos que ligam os agentes do sistema. Os autores citam que as fazendas da região fornecem palha às refinarias de biomassa, que fornecem bioetanol para uma refinaria de petróleo, que fornece água e gás para uma estação de energia e recebem vapor da mesma. A estação de energia fornece a cinzas para a cimenteira e indústria de níquel e vapor para uma indústria farmacêutica, que por fim retornam biomassa para a fazenda de suinocultura.

<sup>1</sup> Disponível em: <<http://www.symbiosis.dk/en/diagram>>. Acesso em: jul 2016.

Esse tipo de sinergia atualmente é característica de um Parque Eco Industrial, em que sua característica principal é a aplicação da Simbiose Industrial.

Simbiose de Kalundborg, possui atualmente, seis parceiros sendo eles (UNEP,2003):

- Termoelétrica de Asnaes – termoelétrica a base de carvão;
- Statoil – refinaria de petróleo
- Novo Nordik – empresa de biotecnologia;
- Gyproc – empresa de construção civil;
- Cidade de Kalundborg;
- Bioteknisk Jordeneus – empresa de remediação de solo.

### **2.3.8 Modelos de simbiose industrial**

Abaixo serão apresentados alguns exemplos de Simbiose Industrial aplicadas em alguns países como Estados Unidos, China e Holanda.

Nos Estados Unidos existem várias iniciativas implementadas, que não tem o devido apoio para almejem um patamar igual ao existente na cidade de Kalundborg, mas com certo destaque, o parque ecológico de Fairfield, situado em Baltimore (Maryland), possui uma área de 508 hectares no qual, 60 empresas estão instaladas. Sua proposta é baseada na maximização do trânsito intermodal de matéria prima, devido à proximidade com porto, trem e rede rodoviária. Falta de políticas estaduais de incentivo à integração entre as empresas, geram falta de interesse em potencializar esse processo (HEERES et al, 2004).

Outra aplicação de Simbiose Industrial é Projeto de Ecossistemas Industriais (PEI em holandês), no porto de Rotterdam na Holanda. Segundo Boons e Janssen (2001), deu-se início em 1994 com a associação das industriais locais com o estudo das empresas que utilizavam o porto ou que estavam instaladas na região. Primeiramente foram estudadas empresas em vários ramos, como logística, petroquímica, serviço entre outras, depois o projeto foi dividido em três partes: a primeira tinha por foco em divulgação sobre o assunto e estudo dos principais processos. A segunda fase foi feita uma triagem para escolher 15 empresas para a realização de estudos de caso e criação de um plano de ação para fazer a integração entre elas. Já a terceira

parte, foi realizada mais uma estratificação dos 15 estudos de caso para elaboração projetos detalhados e implementação do reuso de material para otimizar o sistema.

Baas (2011) destaca que desses estudos, a região do porto de Roterdã tem um alto potencial de realização de troca de calor residual, podendo ser um ótimo substituto para a queima do gás natural. O autor também ilustra que uma das dificuldades de implantação e posteriormente o sucesso desse projeto, está caracterizada pelo tamanho da área que abrange o porto de Roterdã e também, decisões corporativas para a instalação de usinas baseadas em combustível fóssil.

**Figura 4 - Infraestrutura para a disponibilização de calor residual**



Fonte: Baas (2011)

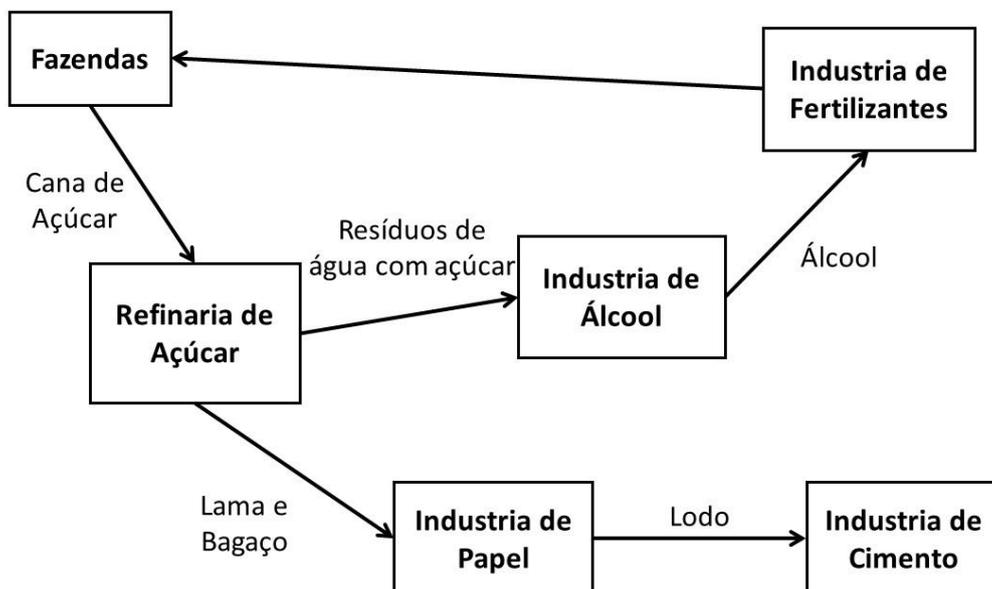
É possível ver o tamanho do sistema projetado e o sistema já operante na região pela Figura 4 - Infraestrutura para a disponibilização de calor residual, o sistema irá atender as cidades de (1) Roterdã e arredores (6), Dordrecht/Zwijndrecht (2), Tinte/Vierpolders (3), Haia (4) e Delft (5).

Outro aspecto que o autor salienta é a viabilidade econômica para a implantação do projeto, pois o tempo necessário para que o investimento dê retorno é consideravelmente grande. Apesar

disso, podem ser construídos sistemas que forneçam calor na casa dos 100 MW, essa quantidade de calor pode abastecer 500 mil casas e algumas indústrias ao redor do porto. Baas (2011) traz também que em 2005 teve o início do projeto e em 2007, as indústrias ao redor de Roterdã, começaram a colher os frutos desse trabalho. Os níveis de redução da emissão de dióxido de carbono da queima do gás natural foram de 170 mil toneladas, resultado da economia de 95 milhões de metros cúbicos de gás natural.

Na China, apesar de existirem algumas cidades com os maiores níveis de poluição do mundo, também encontramos iniciativas de Simbiose Industrial. A iniciativa chinesa é toda pautada no processo de fabricação de açúcar. Lowe (2001) mostra que para a região de Guangxi Zhung Autonomous, responsável pela produção de 4 milhões de toneladas de açúcar por ano, recuperar espaço no mercado mundial, depois da queda de vendas de açúcar chinesa nos anos 90, foi necessário realizar ações para melhorar a atratividade do açúcar chinês.

**Figura 5 - Processo de Simbiose Industrial na região de Guangxi**



Fonte: Adaptado de Lowe (2001)

O grupo estatal Guitang, criou um complexo industrial para reaproveitar todos os rejeitos da cana-de-açúcar, para isso, foi instalada uma indústria de fabricação de álcool, uma fábrica de papel, uma fábrica de fertilizante, outra de carbonato de cálcio, uma planta de fábrica cimenteira e uma termelétrica, como é visto na figura Processo de Simbiose Industrial na região de Guangxi.

Lowe (2001) destaca ainda que a produção de 14.700 hectares de cana vai para a refinaria de açúcar gerando dois subprodutos: suco de cana usado e bagaço de cana que são destinados em duas vertentes. O suco de cana vai para a indústria de álcool que, após processar esse recurso, tem como rejeito o vinhoto que é utilizado como fertilizante nas próprias fazendas produtoras de cana. Uma parte do bagaço de cana é destinado para a termoelétrica para a geração de energia elétrica e a outra, é utilizada pela planta produtora de papel. Os dois subprodutos (cinza da queima do bagaço e a lama residual do papel) são destinados para a produção de cimento.

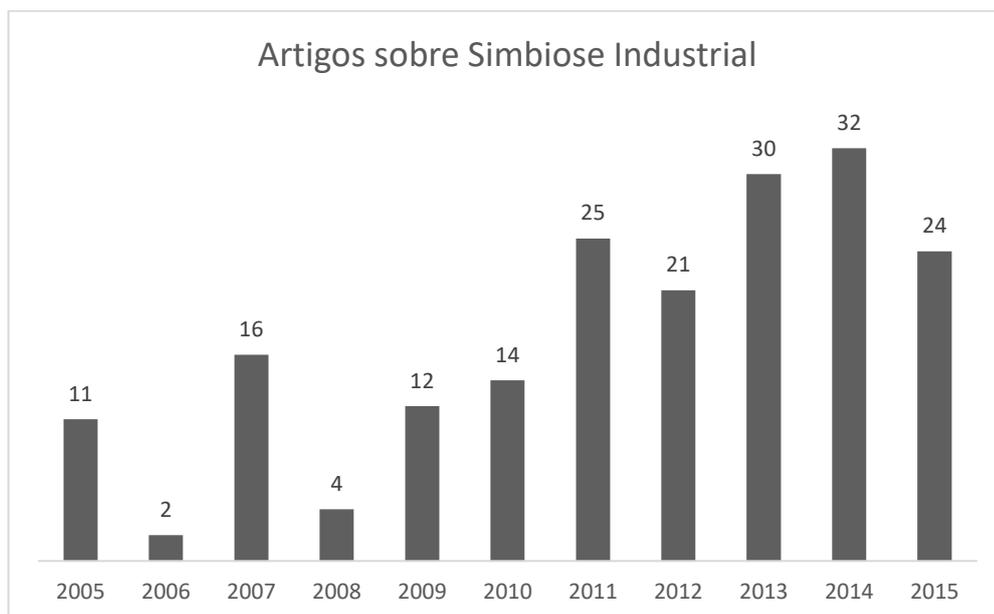
O autor ainda enfatiza que, os ganhos com a produção de novos produtos com os rejeitos do processo da cana-de-açúcar, são cerca de 40% da receita total do grupo com a venda do açúcar. As experiências acima trazem muita aprendizagem de como fazer a melhor aplicação dos conceitos de simbiose industrial e quais os fatores que são preponderantemente importantes para o sucesso da criação de sinergia entre as empresas. É necessário também que o governo dê o suporte e os incentivos necessários para que a prática consiga ganhar força entre as empresas e se torne um negócio realmente sustentável.

### **2.3.9 Simbiose industrial no Brasil**

No Brasil, as iniciativas de Simbiose industrial são respectivamente novas, a literatura traz várias propostas para a minimização de resíduos utilizando esses conceitos para vários polos industriais. Tanimoto (2004) mostra um estudo de uma proposta de SI para reduzir os resíduos sólidos no polo petroquímico de Camaçari. Motta e Carijó (2013) também fazem uma proposta de criação de simbiose industrial no município do Rio de Janeiro em uma indústria de cosmético presente naquela região.

O assunto de Simbiose Industrial vem ganhando importância nos artigos acadêmicos no país nos últimos 10 anos, a fim de comprovar tal afirmação, foi efetuado o levantamento de artigos publicados no Brasil abordando o tema de “Simbiose Industrial”. A pesquisa foi realizada através da ferramenta de busca *Google Scholar* e contou com um total de 191 artigos analisados, os artigos foram classificados de acordo com o seu ano de publicação como é possível ver no Gráfico 1 - Análise de Artigos Publicados:

**Gráfico 1 - Artigos sobre Simbiose Industrial**



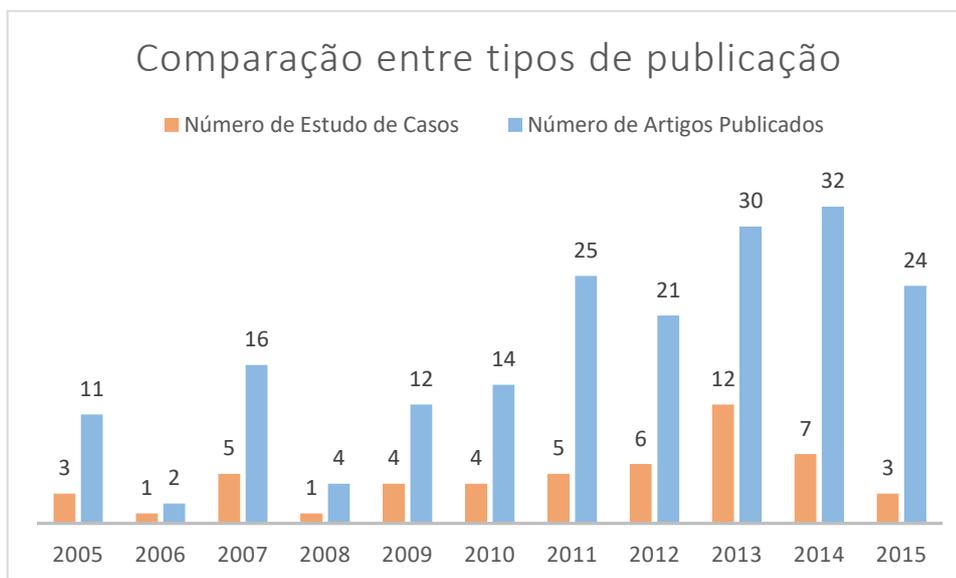
**Fonte: Autoria própria (2016)**

Os dados mostram que esse tema está em evidência nos últimos anos, porém, apesar de várias propostas e estudos sobre a ferramenta, ainda não é visto no país algum sistema em que realmente a Simbiose Industrial seja aplicada.

Ao analisarmos os resultados da pesquisa, conclui-se a necessidade do refinamento da mesma, relevando apenas publicações que retratem estudos de caso. Tal decisão foi considerada necessária pois o presente trabalho é também um estudo de caso e possibilita visualizar a contribuição que o mesmo foreneçerá ao tema estudado.

De cada um dos artigos analisados anteriormente, foi verificado se a publicação realizava um estudo de caso ou não, caso positivo, o mesmo foi computado na nova estratificação gerando o gráfico Comparação entre tipos de publicação.

**Gráfico 2 - Comparação entre tipos de publicação**



**Fonte: Autoria própria (2016)**

É possível salientar, que o total de estudos de caso quantificados correspondem a cerca de 30% das 191 publicações encontradas. Isso expõe a relevância da contribuição do trabalho para o tema de Ecologia Industrial.

Coelho (2011), diz que a prática que mais se assemelha a esse sistema de gestão no país é a Bolsa de Resíduos. Essa iniciativa foi criada na década de 80 e serve como um serviço prestado por órgãos ambientais, como a Federação das Indústrias, SEBRAE e outros órgãos ambientais, visando apenas a reciclagem de resíduos gerado pela indústria.

Segundo o site da Bolsa de Resíduos (2016), as empresas fazem livre negociação dos seus resíduos na Bolsa, ela consta com um banco de dados em que a própria empresa disponibiliza as informações de seus resíduos, como quantidade, característica, tipo de negócio e possível aplicação. Não há regra para a indústria aderir à bolsa, qualquer tipo de empresa pode ser membro do sistema. A ideia é que cada estado tivesse a sua bolsa de resíduos para minimizar as questões geográficas e facilitar o transporte e reduzir os custos. Atualmente sete estados tem a Bolsa de Resíduos: Ceará, Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Em 2007, tentou-se realizar a integração das Bolsas estaduais a fim de integrar as boas praticas para experiências locais e expor tais benefícios à âmbito nacional. Assim, foi criado o Sistema Integrado de Bolsa de Resíduos (SIBR), porém o sistema está defasado e o site

(<http://www.sibr.com.br/sibr/>) não oferece nenhum tipo de benefício ao usuário que possa lhe oferecer suporte à aplicação da SI, apenas o redireciona para a Bolsa a qual deseja fazer algum tipo de busca. Isso exemplifica que apesar de modelos, propostas e estudos sobre Simbiose Industrial no Brasil, infelizmente, a aplicação dos mesmos ainda deixa a desejar, contribuindo para que a equiparação da aplicação da SI, com o cenário internacional, esteja longe de ser alcançada.

#### **2.4 Definição dos subprodutos e resíduos produzidos**

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), lixo ou resíduos são todos os materiais gerados a partir das atividades humanas (atividades industriais, domésticas, hospitalar, comercial, agrícola e de serviços), considerados pelos seus geradores como materiais inúteis, indesejáveis ou descartáveis que podem estar em estado sólido ou líquido e que não esteja passível de tratamento convencional.

Sendo assim, todo esse material indesejável ou descartável necessita ser tratado de acordo com a periculosidade, ou seja, de acordo com o dano que esse tipo de material pode causar ao meio ambiente, e de acordo com os riscos, a forma inadequada de destinação possa trazer a saúde pública. No Brasil, toda essa forma de classificação de resíduos sólidos é norteadada pela ABNT através da NBR 10004:2004 que visa classificar os resíduos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e a saúde pública e, também, é regulamentada pela Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos – ABETRE.

É importante salientar que no ano de 2004, o Ministério do Meio Ambiente elaborou uma proposta para a criação de diretrizes para aplicar aos resíduos sólidos no país, instituindo a Política Nacional de Resíduos Sólidos. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente, tal política tem como principais objetivos:

- A proteção da saúde pública e da qualidade ambiental;
- Não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos e destinação final;
- Estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção de bens e serviços;
- Desenvolvimento e adoção de tecnologias limpas como minimização de impactos ambientais;

- Incentivo a reciclagem e a indústria da reciclagem;
- Gestão integrada de resíduos sólidos;
- Estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto;
- Estímulo a rotulagem ambiental e ao consumo sustentável;
- Incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluindo a recuperação e o aproveitamento energético.

Assim a classificação dos resíduos sólidos é importante para que os objetivos traçados pela Política Nacional sejam alcançados. Visto isso, de acordo com a NBR 10004 os resíduos gerados são divididos em três classes:

**Quadro 1 - Classificação dos Resíduos Sólidos**

<b>Resíduos Classe I – Perigosos</b>	<b>Resíduos Classe II A – Não inertes</b>	<b>Resíduos Classe II B – Inertes</b>
Materiais que apresentam periculosidade por função de suas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, podendo apresentar riscos à saúde pública e/ou riscos ao meio ambiente.	Aqueles que não se enquadram em nenhuma outra categoria. Esses tipos de resíduo podem ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.	Resíduos que ao serem submetidos aos testes de solubilização, não tem nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água. Ou seja, a água continua potável quando em contato com esse tipo de resíduos.

Fonte: NBR 10004 (2004)

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

Baseado nos conceitos de Silva e Menezes (2005) o presente trabalho pode ser considerado uma pesquisa aplicada, pois gera conhecimentos para aplicação prática e para a solução de problemas, envolvendo interesses reais. Quanto à abordagem, o trabalho possui caráter qualitativo, ou seja, uma relação dinâmica entre o mundo real e o subjetivo que não pode ser traduzido em números. O estudo será realizado através de análises e interpretações, sem a aplicação de ferramentas estatísticas, focando majoritariamente nos processos e os seus significados, descrevendo suas características, as relações entre as suas variáveis, utilizando técnicas de coletas e levantamento de dados.

Quanto aos procedimentos técnicos, o trabalho é um estudo de caso, pois envolve um estudo profundo e detalhado, com análise do cenário proposto aplicado a uma empresa já estabelecida. O estudo de caso nada mais é que uma abordagem metodológica de investigação, buscando compreender, explorar ou descrever acontecimentos e contextos complexos que, simultaneamente, envolvem vários fatores. Yin (1994, *apud* ARAÚJO et al. 2008) afirma que esta abordagem se adapta a investigação em educação, quando o investigador é confrontado com situações complexas, de tal forma que dificulta a identificação das variáveis consideradas importantes ou quando o investigador procura respostas para o “como?” e o “porquê?”, essa abordagem também se adapta frente à situações as quais o objetivo é descrever ou analisar fenômenos, a que se acede diretamente, de uma forma profunda e global, ou ainda a fim de apreender a dinâmica do fenômeno, do programa ou do processo.

A proposta será norteada por fases de implantação necessárias para a total prática de Simbiose Industrial, baseando-se nas etapas estabelecidas por Martin *et al.* (1996), sendo elas as Práticas “Fim de Tubo”, Prevenção da Poluição, Prevenção da Poluição em sinergia com a Simbiose Industrial, Adesão de novos membros para a Simbiose Industrial e a Atração de novos empreendimentos para o parque industrial.

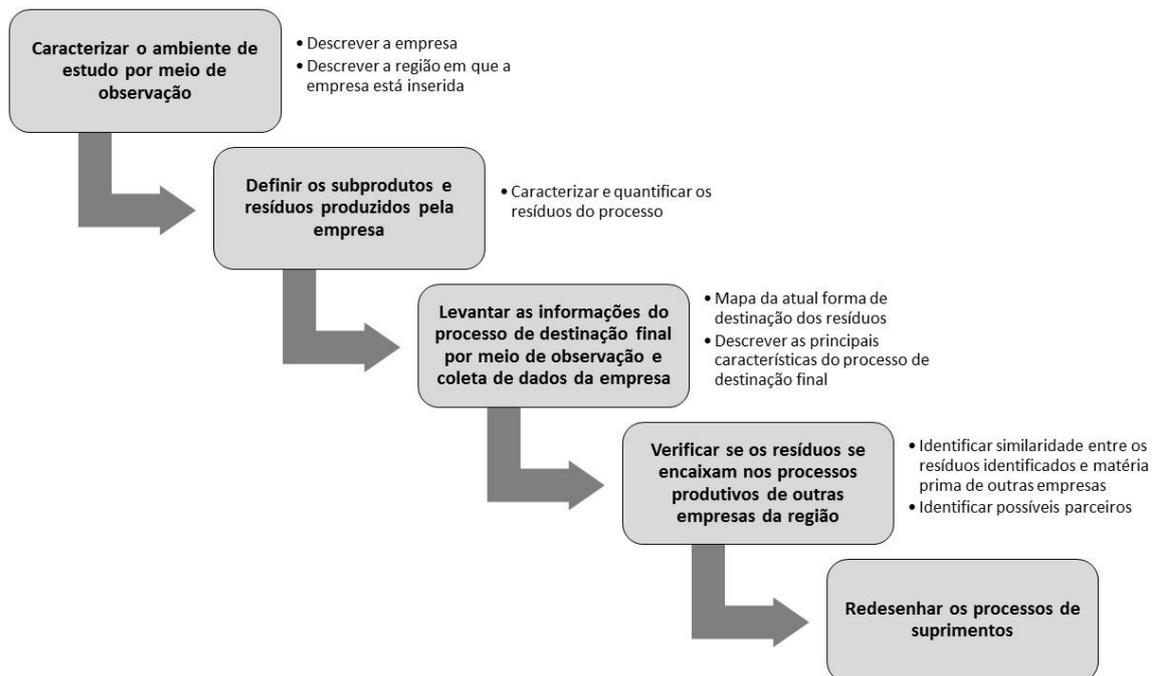
Para a garantia de que os passos descritos acima sejam integralmente abordados, os seguintes pontos foram identificados e listados:

- Caracterizar o ambiente de estudo por meio de observação das características da empresa como sua localização, aspectos sócios-econômicos, processos produtivos e rejeitos;

- Definir os subprodutos e resíduos produzidos por meio de análise de relatórios da empresa sobre itens que são considerados como tal;
- Levantar as informações do processo de destinação final por meio de observações e coleta de dados da empresa.
- Verificar se os resíduos se encaixam nos processos produtivos de outra empresa como matéria prima verificando as características principais dos resíduos;
- Redesenhar os processos de suprimentos de acordo com a Simbiose Industrial;

Baseado nos passos descrito acima, foi confeccionado um fluxograma a fim de facilitar a visualização das etapas do trabalho que serão seguidas para que os objetivos do trabalho sejam cumpridos que podem ser visualizados na Figura 6:

**Figura 6 – Fluxograma do Método de Pesquisa**



Fonte: Autoria própria (2016)

A análise dos processos e a coleta de dados referente a esse trabalho foi realizada e um período de 18 meses na empresa estudada.

## **4 DESENVOLVIMENTO**

### **4.1 Caraterização do ambiente de estudo**

A empresa estudada foi criada em 1963 na cidade de Maringá, norte do estado do Paraná, e sua criação contou com 46 fundadores. A princípio, o objetivo da empresa era organizar a produção regional de café além de receber e beneficiar o produto. Em 1989 a empresa já contava com várias unidades industriais, como a produção de óleo e farelo de soja, óleo de caroço de algodão, refino e envase de óleos vegetais, fiação de algodão, fiação de seda e o carro chefe da empresa: café torrado e moído.

Apresentando bons níveis de crescimento, a empresa decidiu investir no setor alcooleiro, porém o investimento no setor gerou prejuízos a empresa que precisou, em 1995, desenvolver um plano de reestruturação para que suas dívidas fossem regularizadas. Como meta do seu plano de reestruturação, a empresa deixou o setor alcooleiro em 2003 e investiu na produção de néctares de frutas, fábrica de sal mineral, bebidas à base de soja, maionese, ketchup e mostarda, focando no incentivo, estocagem e venda de grãos como o Soja e Milho.

Com essa mudança de mercado e investimentos, a empresa apresentou um faturamento histórico em 2012 de 2 bilhões de reais, cerca de 12 mil cooperados, mais de 2.500 funcionários que tem como norte a missão de atender o cooperado, assegurando a perpetuação da cooperativa com sustentabilidade, uma visão de crescimento com rentabilidade e valores como rentabilidade, qualidade, confiabilidade, ética, transparência, equidade, responsabilidade socioambiental e pessoas.

Toda essa estruturação organizacional serve de apoio para que a empresa busque patamares mais altos e galgue metas mais ambiciosas, como por exemplo, dobrar de tamanho até 2020. Ou seja, a empresa tem um planejamento de arrecadar cerca de 6 bilhões de reais e para atingir esse objetivo a cooperativa se faz presente em mais de 60 unidades de recebimento de grãos espalhadas pelo interior do estado de São Paulo, Mato Grosso do Sul e por todo o norte e noroeste do estado do Paraná onde está situada sua sede administrativa.

Para entender o sucesso que cooperativa alcançou e como ela planeja o seu crescimento, é importante olhar para o local onde ela nasceu e entender o seu potencial de crescimento e o que a região pode trazer de oportunidade para a empresa.

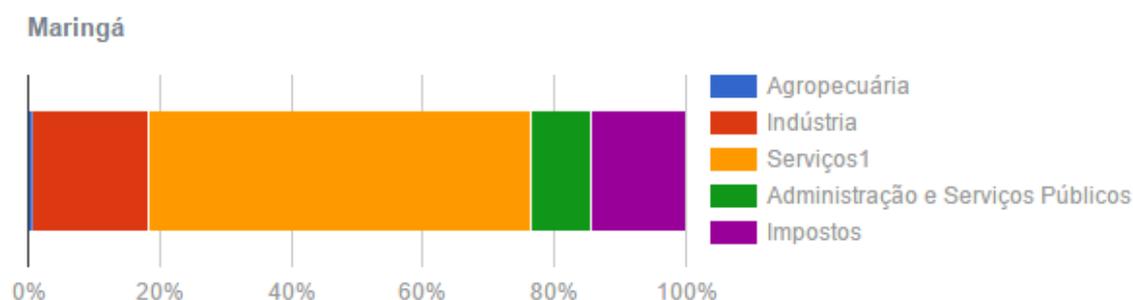
De acordo com o site do município, o mesmo foi fruto da Companhia de Melhoramento Norte do Paraná (CMNP), a cidade de Maringá começou a ser povoada em meados de 1938 com a chegada dos pioneiros, em sua maioria paulistas e mineiros incentivados pelo comércio de terras na região e o desbravamento da mata até a barranca do Rio Ivaí. A cidade virou um local onde os colonos vinham para receber notícias, cartas e realizar comércio. Assim, a CMNP ficou responsável para criação de toda infraestrutura do local, mas ficavam evidentes o traçado urbanístico de pequena aldeia e a provisoriedade dos assentamentos.

Devido à alta taxa de crescimento do local, em 1951, quatro anos após ser criada como distrito da cidade de Mandaguari, Maringá foi elevada a município através da lei nº790 de 14 de dezembro do mesmo ano. Dada sua emancipação, a Companhia de Melhoramento Norte do Paraná contratou o arquiteto Jorge Macedo Vieira (projetista do Jardim Paulista e Águas de São Pedro) para projetar a cidade com muitas praças, avenidas largas, aproveitando as características geográficas da região e preservando o meio ambiente.

Assim, com um planejamento de crescimento e juntamente com o período de ouro do café, a cidade começou a se expandir e hoje apresenta diversos ramos de produção agrícola, como o algodão, soja, milho, cana de açúcar, trigo e bicho da seda. O setor industrial é composto por empresas que são destaques em alimentação, confecção, agroindústria, metal mecânico e outros. Esse crescimento acontece harmoniosamente sem perder as características da cidade planejada, onde a preservação da natureza é essencial para a cidade.

De acordo com o censo do IBGE de 2010, hoje a cidade de Maringá possui uma população total de 391.698, sendo 52% mulheres e 48% homens distribuídos em uma área territorial de 487.730 km². A renda per capita mensal da cidade é de R\$1.033,00 colocando a cidade como a segunda cidade com maior recebimento por habitante no estado.

**Gráfico 3 – PIB do município no ano de 2013**



Fonte: IBGE (2013)

O Gráfico 3 – PIB do município no ano de 2013 mostra que o setor econômico que mais arrecada na cidade é o setor terciário, com cerca de 80% da arrecadação total.

A cidade também é referência em educação, a Universidade Estadual de Maringá comporta um total de 20.969 estudantes, distribuídos entre o campus de Cianorte, Cidade Gaúcha, Goioerê, Umuarama, Iguatemi e Porto Rico.

## **4.2 Caracterização dos resíduos**

Para aplicarmos as ferramentas de Simbiose Industrial na empresa, é necessário entender os processos de geração de resíduos e classifica-los conforme a NBR 10004. Para estratificação dos dados sobre os resíduos da empresa foi necessário a ajuda de dois departamentos envolvidos diretamente com os processos industriais quanto gerencial da empresa: Departamento Ambiental e o Departamento de Compras da empresa.

Vale a ressalva que toda e qualquer informação coletadas neste trabalho foi disponibilizada diretamente pelos próprios departamentos, sendo assim os mesmos são responsáveis por garantir a total veracidade das informações. É interessante salientar também que os resíduos estudados são gerados exclusivamente pela unidade da empresa em Maringá.

De acordo com as informações disponibilizadas por ambos os departamentos, foi possível fazer uma triagem dos resíduos de acordo com o seu processo de origem. Para tal divisão, foram elencados os materiais que são gerados diretamente dos processos produtivos da empresa e processos secundários, como manutenção, resíduos de processos de tratamento de efluentes e resíduos de escritório.

Depois de realizada essa estratificação, foram elaboradas tabelas com a separação escolhida, adicionando também a quantidade de resíduo gerado pela empresa além de classificá-lo de acordo com a Norma Brasileira 10004, o resultado final é ilustrado na Tabela 1 - Lista de Resíduos de Processos Produtivos e Tabela 2 - Lista de Resíduos de Processos Produtivos Secundários:

**Tabela 1 - Lista de Resíduos de Processos Produtivos**

Lista de Resíduos de Processos Produtivos			
Resíduo	Quantidade gerada em 2015	Quantidade gerada até Julho de 2016	Classificação de acordo com a NBR 10004
- Argila Clarificante	2.500.000 Kg	1.700.000 Kg	Resíduos Classe I
- Embalagens Longa Vida	41.280 Kg	39.960 Kg	Resíduos Classe II A
- Paletes de madeira	396.260 Kg	484.194 Kg	Resíduos Classe II B
- Papel e Papelão	459.432 Kg	257.164 Kg	Resíduos Classe II B
- Plástico	50.780 Kg	66.600 Kg	Resíduos Classe II B
- Ráfia	26.080 Kg	19.680 Kg	Resíduos Classe II A

**Tabela 2 - Lista de Resíduos de Processos Produtivos Secundários**

Lista de Resíduos de Processos Produtivos Secundários			
Resíduo	Quantidade gerada em 2015	Quantidade gerada até Julho de 2016	Classificação de acordo com a NBR 10004
- Construção Civil	300 m <sup>3</sup>	75 m <sup>3</sup>	Resíduos Classe II B
- Ferro	176.964 Kg	262.520 Kg	Resíduos Classe II B
- Informática	5.160 Kg	11.360 Kg	Resíduos Classe II B
- Lodo	150.000 Kg	90.000 Kg	Resíduos Classe I
- Rejeitos	1.020.000 Kg	560.000 Kg	Resíduos Classe II B
- Tambores de 60L	4.286 Unidades	1.092 Unidades	Resíduos Classe I

Com a disponibilização das tabelas 1 e 2 é possível verificar que, principalmente na tabela 1 de resíduos de processos produtivos da empresa, está havendo um aumento considerável da geração dos mesmos e pode se afirmar que a geração do ano de 2016 será quase o dobro da de 2015. Esse fato pode ser explicado devido ao planejamento estratégico da empresa, que tem como meta, dobrar de tamanho até o ano de 2020.

A partir disso, podemos fazer uma análise mais detalhada dos resíduos produzidos pela empresa, podemos dizer que esses resíduos são naturais dos processos produtivos da empresa. Começando com os resíduos da **Tabela 1 – Lista de Resíduos de Processos Produtivos**:

➤ **Argila Clarificante**

A Argila Clarificante ou Terra Clarificante é utilizada no processo do refino do óleo de soja, uma etapa essencial no processo de fabricação do composto. Essa argila é utilizada para remover componentes como pigmentos, traços de metais, fosfolipídios, sabões e produtos oxidantes do óleo. A produção desse resíduo varia com a quantidade de óleo que é refinado, esse material é inserido no óleo a uma proporção de 0,8% a 1% para realizar a clarificação.

### ➤ **Embalagens Longa Vida**

As embalagens longa vida ou embalagens cartonadas são usadas para embalar os néctares de fruta e sucos a base de soja na empresa. Essas embalagens são compostas por várias camadas que ajudam a condicionar o produto aumentando a proteção e preservação do mesmo, diminuindo a utilização de conservantes e dispensando a refrigeração durante o armazenamento.

Esse tipo de material é reciclável, algumas empresas, utilizam desse tipo de material para fazerem réguas, canetas, embalagens de papelão, folhas de papel reciclável, madeira ecológica entre outros. É gerado pela empresa a partir de materiais que não se enquadram nos padrões de qualidade da empresa, embalagens com defeito, troca de layout das embalagens dentro outros problemas.

### ➤ **Paletes de madeira**

Paletes de madeira são usados para fazer o transporte tanto de produto em processo, quanto de produto acabado, esse tipo de material também é usado para fazer o armazenamento de produtos em almoxarifados. Esse material se torna um resíduo devido a movimentação do mesmo, devido a sua alta taxa de utilização, o mal manuseio dos colaboradores, gerando danos a sua estrutura, e a exposição ao tempo também pode prejudicar a madeira.

### ➤ **Papel e Papelão**

Atualmente, Papel e Papelão são amplamente utilizados nas expedições de quase todas as indústrias, na empresa em questão, a maioria dos produtos são alocados em caixas de papelão. O papelão também é utilizado como cantoneiras para dar mais estabilidade ao produto paletizado. A empresa também gera muito resíduo de papelão, pois a matéria-prima para a confecção de embalagens de Óleo (pré-forma PET) também vem em caixas de papelão.

### ➤ **Plástico**

O resíduo de plástico é formado no processo através das embalagens PET do óleo de soja, tubos de maionese, ketchup, mostarda, pré-formas, que na hora do processo de sopro apresentam algum tipo de defeito, e filme stretch.

➤ **Ráfia**

Esse tipo de resíduo é encontrado na fábrica de sal da empresa. Os “Big Bags” são compostos por esse material, também conhecido como sacaria, esse tipo de material é muito resistente e é usado para transporte de calcário, sal e outros tipos de mineral que são usados na composição de sal mineral para o gado.

Os próximos resíduos são aqueles em que são gerados por processos suporte ao processo produtivo da empresa, alguns desses processos são: manutenção, Estação de tratamento de efluentes, funções administrativas e etc. A Tabela 2 – Lista de Resíduos de Processos Produtivos Secundários traz esses resíduos:

➤ **Resíduos da Construção Civil**

São enquadrados como esse tipo de resíduo todo e qualquer tipo de entulho de concreto, tijolos, areia e pedras que são gerados por obras dentro do pátio da empresa. Como a empresa está em expansão com um planejamento estratégico para dobrar de tamanho até 2020, as obras são necessárias para que as capacidades das indústrias sejam melhoradas ou até mesmo obras para facilitar ou melhorar as condições de trabalho dos colaboradores.

➤ **Ferro**

O ferro é uma das principais matérias-primas de toda a estrutura da empresa, está presente desde as máquinas até em esteiras de transporte de grão. Como o ferro é um material que tem altos níveis de oxidação é sempre necessária uma manutenção constante em peças que ficam em uma maior exposição do tempo, sendo assim, sua geração é quase que constante em grandes empresas, principalmente em empresas que trabalham com armazenamento e estocagem de grãos, onde toda sua estrutura (graneleiros e fitas transportadoras) são de materiais ferrosos.

➤ **Informática**

A troca de itens de informática com defeito ou até a velocidade com que a tecnologia muda nos dias atuais, fazem com que uma enorme quantidade de resíduo de computadores, cabos, monitores, ou seja, todos os componentes eletrônicos que formam a espinha dorsal da tecnologia da informação sejam gerados.

➤ **Lodo**

Esse tipo de resíduo é gerado nas estações de tratamento de efluentes da empresa. Como é necessária uma grande quantidade de água para se ter a produção de óleo de soja, esse material, rico em matéria orgânica, é transferido para represas de tratamento que são aficionados produtos químicos e até bactérias que fazem a decomposição desse material através do processo anaeróbico de respiração, que forma uma grande quantidade de microalgas que são filtradas gerando o lodo.

➤ **Rejeitos Administrativo**

São todos aqueles materiais orgânicos ou não recicláveis gerados no escritório da empresa. Todo material gerado no escritório passa por uma separação ao final do dia, os materiais recicláveis são separados e enviados ao local correto de destinação, já os rejeitos são separados e enviados para caçambas onde aguardam para serem levados para destinação final.

➤ **Tambores de 60L**

Resíduo também gerado pela Estação de Tratamento de Efluentes. Nesses recipientes são entregues todo o material necessário, como o cloro, para que todo o tratamento da água seja realizado de maneira a garantir que ela volte para o processo de uma forma mais limpa possível. Esse tipo de material é muito pouco reaproveitado, pois o material que eles comportam são materiais perigosos que, mesmo depois do seu uso, continuam como resquícios dentro das embalagens podendo contaminar tudo aquilo que é alocado em seu interior.

### **4.3 Levantamento de informações do processo de destinação final**

Visto que a empresa possui um leque muito variado de geração de resíduos, é necessário entendermos como o processo de destinação final acontece atualmente na empresa e quais são os problemas que o atual modelo apresenta, assim como as oportunidades de melhoria que o modelo oferece.

A empresa apresenta duas maneiras de lidar com os resíduos gerados: venda de recicláveis e destinação final de resíduos não recicláveis. Para dar apoio a esses dois processos, os departamentos de Compras e Ambiental estão envolvidos diretamente sendo responsáveis pelo controle, gestão e melhoria do sistema implantado na empresa.

O Departamento Ambiental é responsável por buscar formas, de acordo com a NBR 10004, de dar todo o tratamento adequado para os resíduos até a sua destinação final. É responsável também por fazer a verificação das empresas que prestam esse tipo de serviço se estão de acordo com a legislação ambiental brasileira, geração de contratos de tratamentos desses resíduos e negociação de preço. O departamento também é consultado, por todas as outras áreas da empresa quando há geração de resíduos que necessitam serem descartados.

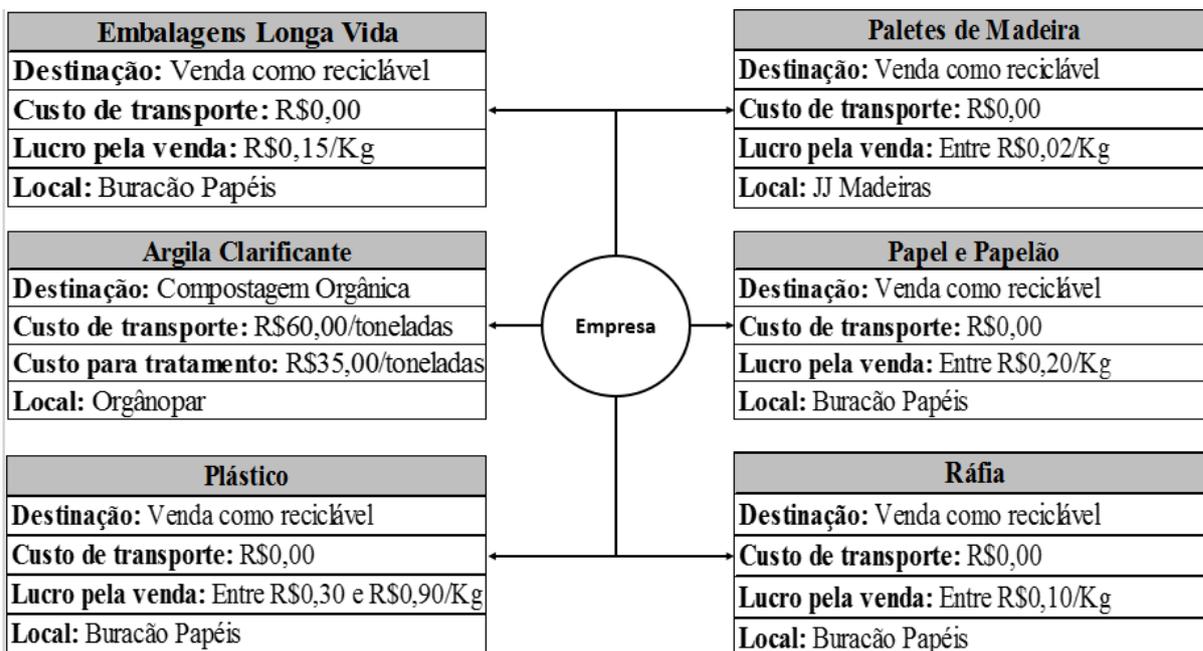
Já a destinação de resíduos recicláveis na empresa é de responsabilidade do departamento de Compras por meio do Depósito de Materiais Reutilizáveis (DMR). O DMR é um setor administrado pelo Compras da empresa, e tem por função alocar todo material que seja reutilizável e disponibilizar para outros setores, além dessa função, é responsável por gerir o sistema de venda de recicláveis e garantir que a separação desse material seja feita de forma correta por todas as áreas da empresa.

A venda dos materiais recicláveis é realizada através de contrato entre a prestadora de serviço e a empresa estudada. Esse contrato traz diretrizes para orientar o processo de coleta, armazenamento desses materiais dentro da empresa, preço e formas de pagamento. Estão presentes no contrato a coleta de materiais como: Embalagens Longa Vida; Plásticos; Papel e papelão.

Materiais como Paletes e Sucata de Ferro são vendidos para outras empresas, porém não existem contratos de venda. A venda desses materiais é realizada através de negociação entre comprador e o responsável pelo DMR, porém existe um preço mínimo tabelado dentro da empresa que norteia a negociação.

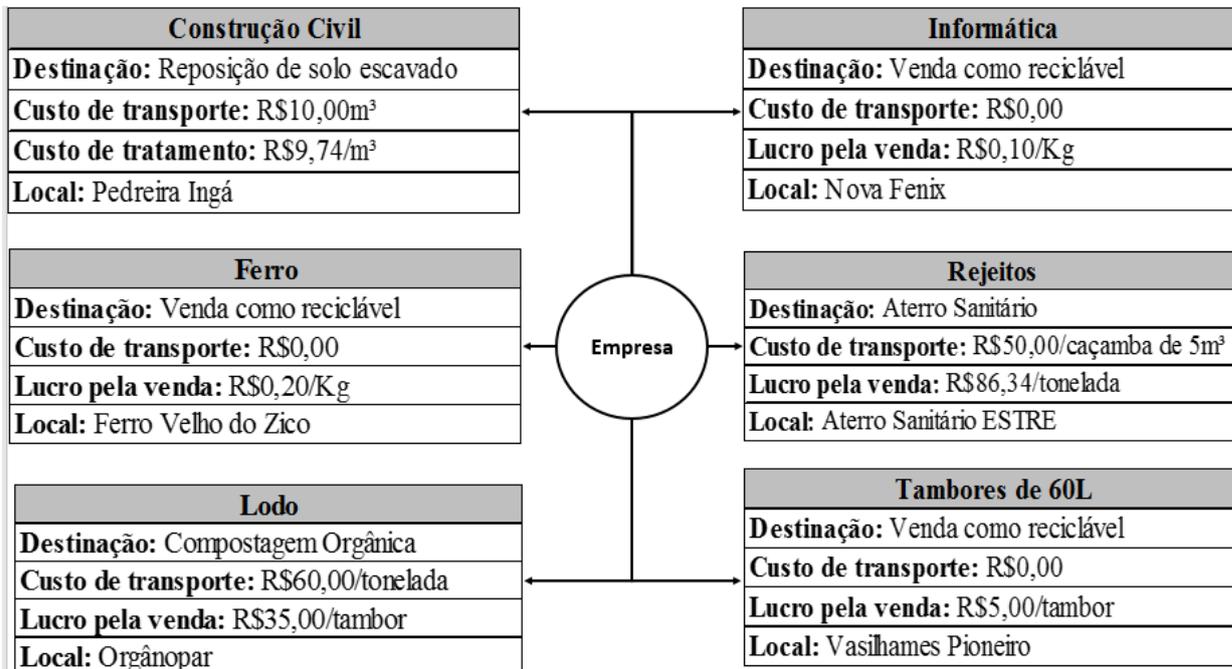
A Figura 7 e a Figura 8 exemplificam como é o sistema adotado pela empresa para a destinação final dos resíduos, e também como é feita a venda dos materiais recicláveis, ilustrando também os valores referentes a destinação final e a venda dos recicláveis, despesas com transporte e os locais para onde o resíduo é enviado.

**Figura 7 - Quantidade e Custos de Resíduos de processos Produtivos**



Fonte: Autoria própria (2016)

**Figura 8 - Quantidade e Custos de Resíduos de processos Secundários**



Fonte: Autoria própria (2016)

Para um melhor entendimento, a Figura 7 e Figura 8 foram confeccionadas seguindo o padrão estabelecido na Tabela 1 e Tabela 2 do tópico 4.2.

É possível notar através das imagens que para a venda dos materiais recicláveis a empresa não possui custo de transporte. Isso se explica devido as empresas que compram esses materiais fazerem as coletas com caminhões próprios, diferente dos materiais que são enviados para destinação final, onde o frete desse material é despesa da empresa que deseja realizar o descarte.

Para ficar visualmente melhor o entendimento dessa discrepância de valores, com os dados disponibilizados pela empresa, foi possível confeccionar a Tabela 3 – Ganhos com venda de material reciclável em 2015 e Tabela 4 – Despesas com destinação final de Resíduos em 2015 que mostram todos os valores de venda dos materiais recicláveis no ano de 2015 e quantia gasta pela empresa com a destinação final no mesmo ano:

**Tabela 3 - Ganhos com venda de material reciclável em 2015**

<b>Ganho com a venda de material reciclável em 2015</b>			
<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor</b>	<b>Total</b>
Embalagens Longa Vida	41.280 Kg	R\$0,15/Kg	R\$ 6.192,00
Ferro	176.964 Kg	R\$0,20/Kg	R\$ 35.392,80
Informática	5.160 Kg	R\$0,10/Kg	R\$ 516,00
Paletes	396.260 Kg	R\$0,02/Kg	R\$ 7.925,20
Papel e Papelão	459.432 Kg	R\$0,20/Kg	R\$ 91.886,40
Plástico	50.780 Kg	R\$0,60/Kg	R\$ 30.468,00
Ráfia	26.080 Kg	R\$0,10/Kg	R\$ 2.608,00
Tambores 60L	4.286 Kg	R\$5,00/Uni	R\$ 21.430,00
<b>Total arrecadado com Recicláveis em 2015</b>			<b>R\$ 196.418,40</b>

Fonte: Autoria própria (2016)

**Tabela 4 - Gastos com destinação final de Resíduos em 2015**

<b>Gasto com a destinação final de Resíduos em 2015</b>				
<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor de Transporte</b>	<b>Valor de Destinação</b>	<b>Total</b>
Argila Clarificante	2.500.000 Kg	R\$50,00/tonelada	R\$35,00/tonelada	R\$ 212.500,00
Construção Civil	300 m <sup>3</sup>	R\$10,00/m <sup>3</sup>	R\$9,74/m <sup>3</sup>	R\$ 5.922,00
Lodo	150.000 Kg	R\$50,00/tonelada	R\$35,00/tonelada	R\$ 12.750,00
Rejeitos	1.020.000 Kg	R\$50,00/tonelada	R\$86,34/tonelada	R\$ 139.066,80
<b>Total de despesas com Resíduos em 2015</b>				<b>R\$ 370.238,80</b>

Fonte: Autoria própria (2016)

É possível observar que, se o dinheiro arrecadado com o processo de venda fosse utilizado para pagar o custo da destinação final, a empresa teria um déficit de R\$173.820,40 todo ano. Isso não mostra que a venda do material esteja errada, muito pelo contrário, esse tipo de iniciativa é

muito positiva, pois mostra que a empresa já possui uma cultura de responsabilidade ambiental empregada, mesmo que a empresa não tenha nenhum relatório ambiental e de certa forma, é possível usar esse dinheiro para mitigar os gastos com a destinação final de resíduos.

A utilização de Simbiose Industrial entraria no processo justamente para fazer uma melhor avaliação desses materiais descartados pela empresa, dando outras formas de se tratar esse material, outras possibilidades de como empregar os mesmos em outros processos produtivos gerando uma valorização dos resíduos, diminuindo o déficit entre a receita gerada pela venda de recicláveis e as despesas de materiais não recicláveis.

A descentralização dos processos de destinação final e venda de recicláveis, podem acabar gerando alguns desencontros de informações, como esse déficit que o sistema apresenta. Algumas decisões envolvendo as operações de destinação final e de venda de recicláveis, se não tomadas em comum acordo, podem acabar trazendo prejuízos ainda maior para a empresa.

#### **4.4 Seleção de resíduos e realização de propostas de Simbiose Industrial**

Com a estruturação do mapa atual do processo de destinação dos resíduos da empresa estudada e conhecendo as características de cada resíduo, podemos verificar que alguns deles podem ser utilizados como matéria-prima em outros processos produtivos ou até mesmo voltar de novo para certos processos produtivos da empresa em questão.

Para verificar quais materiais passariam pelo estudo de inserção em outros processos industriais, foram considerados os seguintes aspectos:

- Materiais com alto custo de destinação final;
- Materiais gerados em quantidades significativas;
- Materiais com facilidade de inserção em outros processos produtivos.
- Materiais que não necessitam de processos complexos para serem inseridos em outros processos produtivos

Com isso, os materiais selecionados se encontram na Tabela 5

## Quadro 2 - Materiais selecionados para Simbiose Industrial

<b>Materiais selecionados</b>
- Argila Clarificante
- Ferro
- Papel e Papelão
- Ráfia

Esses materiais são aqueles que a região onde a empresa está estabelecida, e a própria empresa conseguem absorver de maneira imediata como matéria-prima em processos ou sub processos produtivos. Alguns dos resíduos que a empresa possui foram excluídos, pois alguns necessitam de tratamento físico-químicos para que sua utilização não seja prejudicial à sociedade e ao meio ambiente.

No caso do Lodo gerado na Estação de Tratamento de Efluentes da empresa, esse tipo de material contém várias de substância orgânicas e inorgânicas que, sem um tratamento intermediário, podem causar doenças, contaminação por metais pesados e danos irreversíveis ao meio ambiente. Assim, como o presente trabalho não tem um caráter técnico de tratamento e nem de análise do material para propor soluções com base no tema de Simbiose Industrial, tal material foi descartado.

Já o caso dos materiais como Embalagens Longa Vida, Informática, Plásticos, Tambores de 60L e Paletes julgou-se que o atual processo de venda desse tipo de material é a melhor alternativa. Alguns desses materiais, como a sucata de Informática e a sucata de Paletes, não têm aplicação pela forma que os materiais são disponibilizados pela empresa, sendo a venda para a reciclagem é a melhor forma de se recuperar esses materiais.

Embalagens Longa Vida e Plásticos podem ser utilizados em outros processos produtivos, mas a forma de entrada desses materiais nesses processos é pela reciclagem. Como a empresa possui um contrato de venda e os preços são estabelecidos de acordo com o mercado de sucata desse tipo de material, de certa forma, a empresa já utiliza métodos de Simbiose Industrial com a venda para a reciclagem.

Além disso, valor arrecadado pela venda anualmente desses três materiais juntos é de R\$45.146,20 de acordo com os dados fornecidos pela empresa, sendo tal valor suficiente para arcar com o processo de destinação final de material de Construção Civil (R\$5.922,00) e o

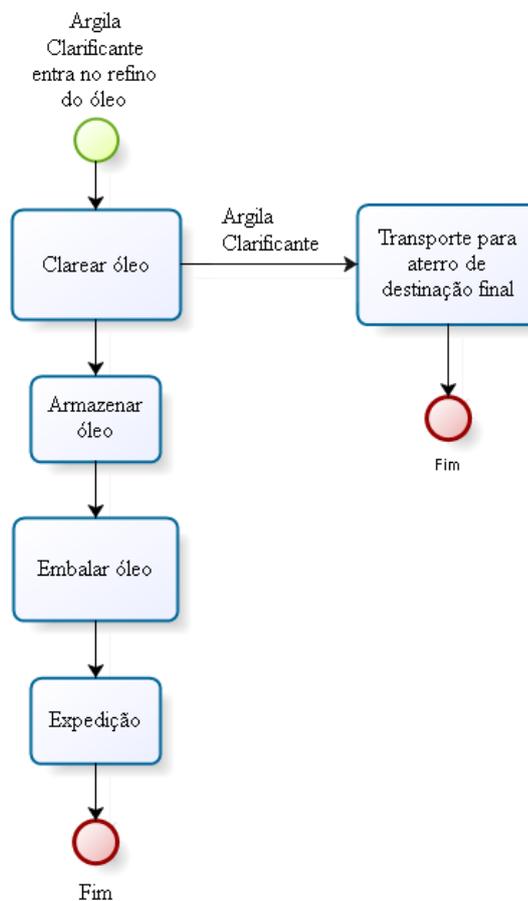
tratamento do Lodo (R\$12.750,00) gerado pela ETE, podendo dizer que, o processo de venda desses materiais recicláveis é considerado rentável.

Para facilitar o melhor entendimento, os materiais selecionados para serem tratados por métodos de Simbiose Industrial serão explicados separadamente:

- **Argila Clarificante**

Esse material é o que tem o maior gasto com a destinação final, pois a sua decomposição necessita ser em aterros de Resíduos Classe I, sendo assim, justificando o seu alto preço. A Argila clarificante, após ser usada no processo de extração de óleo de soja conforme Figura 9 – Atual processo da Argila Clarificante, sai do processo como uma borra, ainda com uma pequena porcentagem de óleo e outras substâncias que são indesejáveis e que dão uma coloração escurecida no óleo como solventes, pigmentos, traços de metais, fosfolipídios, sabões e produtos oxidantes do óleo.

**Figura 9 - Atual processo da Argila Clarificante**



Fonte: Autoria própria

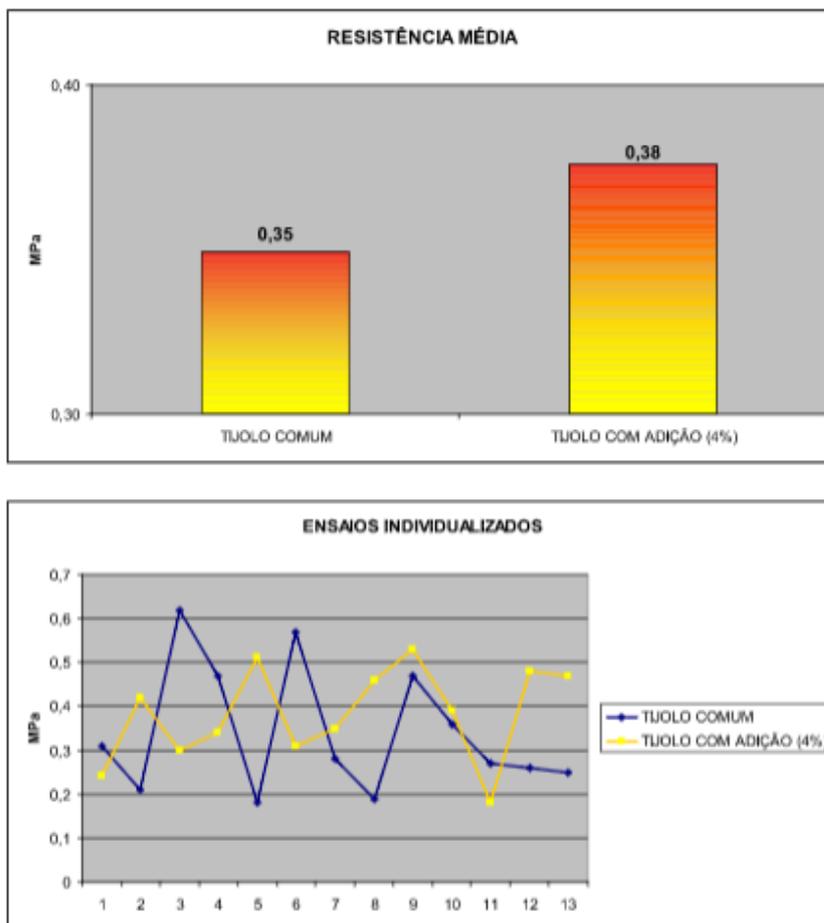
Para esse resíduo, existem processos de lavagem que possibilita sua reutilização. Porém, o resultado que o material reciclado traz ao óleo não é o mesmo que o material virgem, ou seja, a qualidade apresentada pelo produto final não é a esperada ao final do processo produtivo, prejudicando a sua reutilização no processo de refino de óleo.

Com isso, é preciso investigar outras possibilidades de utilização desse material em outros processos produtivos. Argila é amplamente utilizada em processos de produção de tijolos, lajotas, telhas e etc., sendo assim, abre um caminho para que esse material seja utilizado como matéria-prima em olarias da região para a fabricação desses tipos de cerâmicas.

Mas esse material não pode ser alocado diretamente para as olarias assim que é retirado do processo de produção de óleo. Por ser um resíduo classificado pela NBR 10004 como Resíduo Classe I por causa do seu alto grau de inflamabilidade, assim que o óleo é filtrado e a argila é retirada, ao ser alocada no pátio da empresa, a mesma entra em combustão por si só.

Após a queima total desse material, a argila pode ser utilizada como matéria-prima na produção de cerâmicas nas olarias. A Argila Clarificada não substitui totalmente a argila empregada na produção dos tijolos, ela entra como um complemento que aumenta a resistência do material, conforme dados apresentados pelo tecnólogo ambiental Maycon Rodrigues Gozer na Figura 10 – Resistencia de Tijolos com Argila comum e clarificante:

**Gráfico 4 - Resistencia de Tijolos com Argila comum e clarificante**



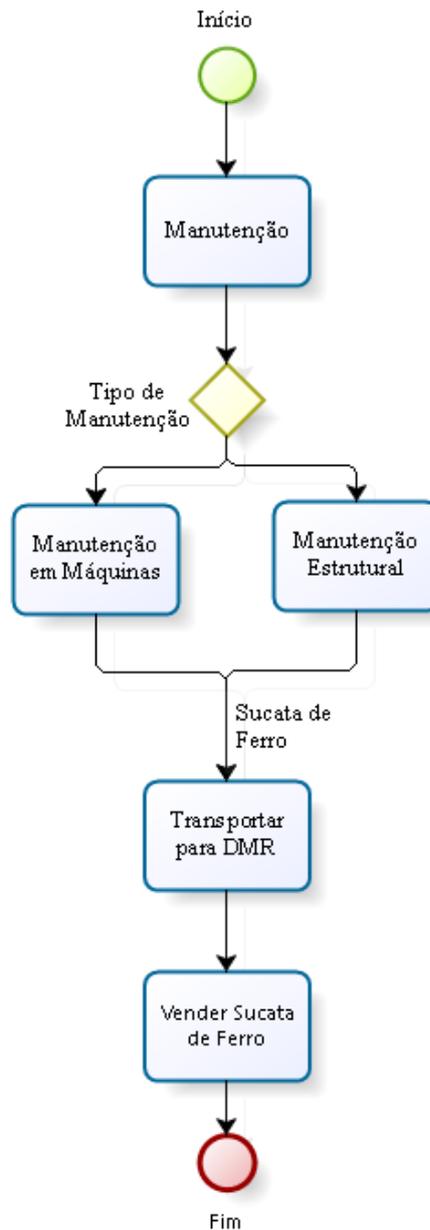
Fonte: Maycon Rodrigues Gozer (2015)

Isso mostra que além de evitar os gastos com a compostagem da Argila Clarificada em aterros de Resíduos de Classe I, esse material ainda ajuda a aumentar a resistência de cerâmicas que utilizam esse material em sua composição. Sendo assim, se a empresa estudada começar a disponibilizar esse tipo de material gratuitamente para as olarias da região e apenas teria despesas com o transporte, isso representaria uma economia de R\$87.500,00 reais por ano.

- **Ferro**

Sucata de ferro é um material muito visado por catadores e ferro velhos, pois esse material pode ser reaproveitado de várias formas, como chapas, cantoneiras, vigas e etc. A empresa possui um comércio desse material muito bem estabelecido, conforme Figura 10 com ferros velhos. Porém, os ferros velhos funcionam como compradores intermediários, separando o que eles podem aproveitar e vendem o que não utilizam para siderúrgicas.

**Figura 10 - Atual processo de venda de Ferro**



Fonte: Autoria própria (2016)

Isso funciona como uma reciclagem, mas esse tipo de negócio derruba o preço da sucata, fazendo com que a empresa não consiga ao menos recuperar o valor que foi gasto no quilograma do ferro novo. Assim, uma alternativa para que a empresa consiga aplicar Simbiose Industrial seria fazer as negociações diretamente com as siderúrgicas e entregar esse material como base de troca para a compra de material novo.

No caso da empresa estudada, como o setor de Compras é responsável diretamente por gerenciar a venda da sucata de ferro através do DMR, dando uma maior liberdade para que o setor consiga negociar uma melhor forma de se tirar proveito desse resíduo.

- **Papel e Papelão**

Em toda sua maioria constituída por caixas de papelão com capacidade de cerca de 1000L e muito resistentes e praticamente novas. Segundo informações da empresa, em fevereiro desse ano, a empresa foi consultada sobre esse insumo e realizou a venda de algumas dessas caixas usadas por um valor de R\$20,00/unidade, ou seja, cem vezes mais que valor que esse material é vendido por quilograma.

**Figura 11 - Atual processo de destinação de Papel e Papelão**



Fonte: Autoria própria (2016)

Isso mostra que esse tipo de material ainda pode ser reutilizado como caixa e ainda ter um retorno financeiro maior que a venda desse material como reciclável. Com isso, podemos elencar três possibilidades de transformar esse resíduo em insumo produtivo: a primeira é

vender esse material como caixa novamente para empresas que trabalham com a produção de pré-forma na região, assim agregando valor ao resíduo e aumentando a receita com a venda de recicláveis.

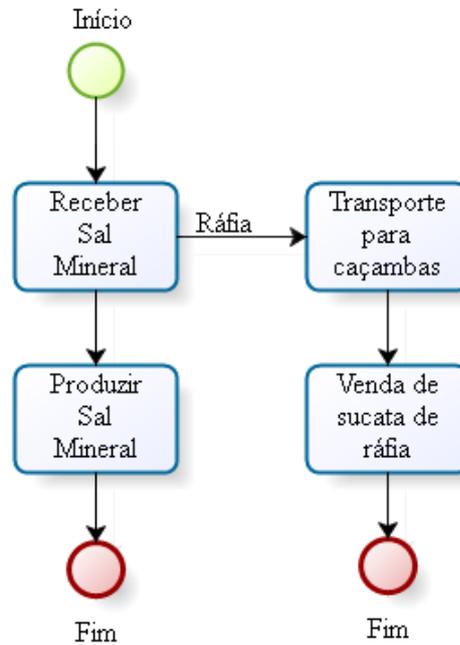
Caso essa primeira estratégia não consiga ser implementada, a segunda estratégia é oferecer esse material para produtores de bobinas de papel reciclável da região. Da mesma forma como descrito com a sucata de ferro, as empresas que trabalham com a reciclagem desse tipo de material compram esse material para vender as aparas de papelão para indústrias de beneficiamento de papel reciclável. A venda direta gera um ganho de cerca de R\$0,40/Kg, além do ganho com a venda direta, a empresa ainda consegue alguns benefícios na compra de caixas de papelão, por exemplo.

Outra estratégia seria a empresa voltar com o fornecedor das pré-formas e reenviar as caixas para que o fornecedor reutilize essas caixas para encher com seus produtos. Como o valor da caixa de R\$32,00 é cobrado da empresa, a cada 500 caixas reutilizada por mês, representa uma economia de R\$16.000,00 mensais.

- **Ráfia**

A ráfia encontrada nas embalagens *Big Bags* é um material muito resistente que é utilizado para transportar minerais para a produção de sal na empresa. Esse tipo de material não é reaproveitado no processo de fabricação e é descartado logo após o seu uso. Uma alternativa para reutilizar esse material seria dentro da própria empresa, sendo utilizados no transporte de materiais a granel como por exemplo a argila classificada para as olarias.

**Figura 12 - Atual processo de destinação de Ráfia**



Fonte: Aatoria própria (2016)

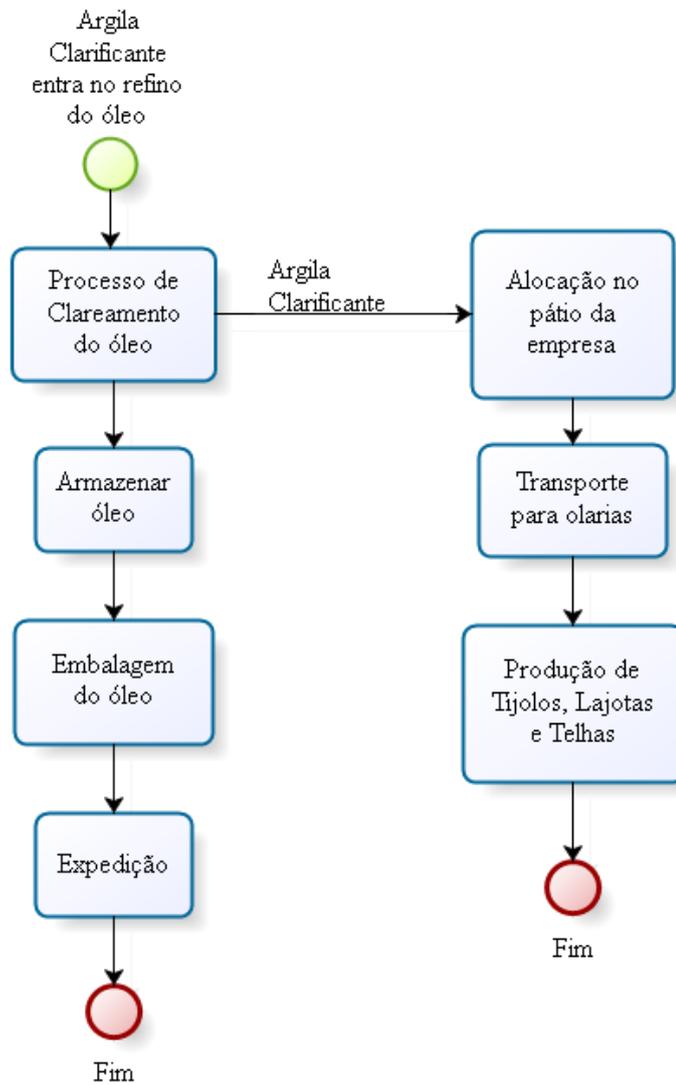
#### **4.5 Reorganização dos processos de destinação final dos materiais**

Após serem identificadas as oportunidades de melhoria dos processos de destinação final, com o suporte do software *Bizagi*®, foram confeccionados fluxogramas que apresentam propostas para a implementação das técnicas de Simbiose Industrial em seu processo de destinação final de resíduos da empresa.

Os fluxogramas contendo as modificações nos processos citados anteriormente no tópico 4.5 podem ser vistos a seguir:

A Figura 13 mostra o caminho que o resíduo de Argila Clarificante pode percorrer para mitigar os gastos com a destinação final, ou até mesmo gerar receita para a empresa estudada.

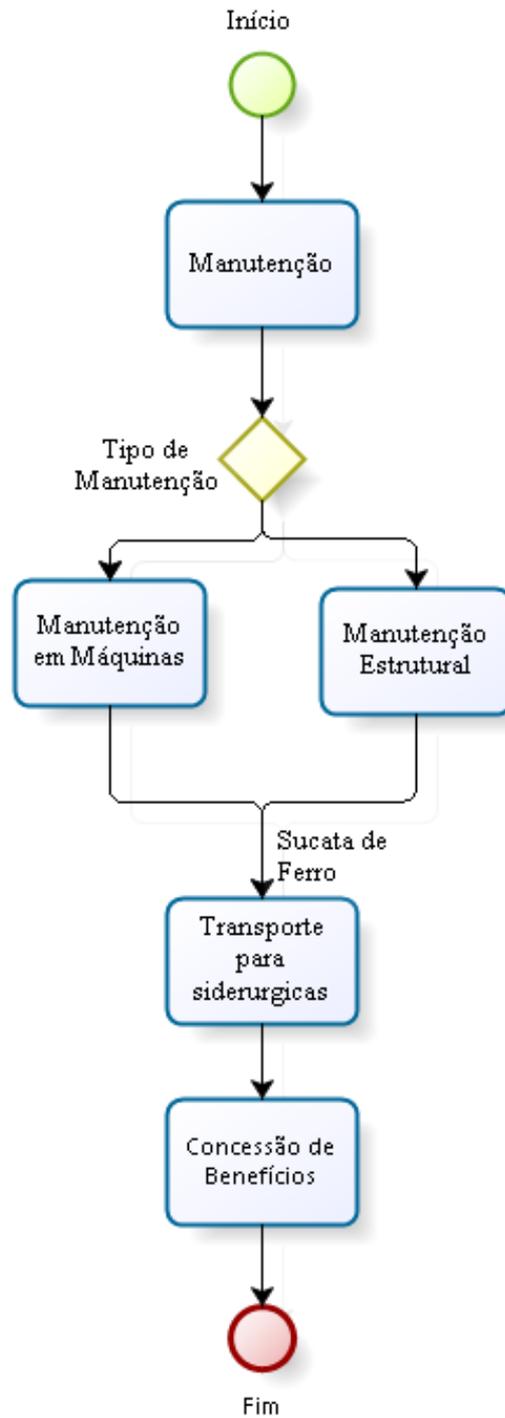
**Figura 13 - Proposta de Simbiose com Argila Clarificante**



Fonte: Autoria própria (2016)

A Figura 14 – Proposta de Simbiose com o Ferro traz o possível caminho para que a sucata de ferro possa trazer vantagens para a empresa na obtenção de recursos novos para serem usados no processo de manutenção.

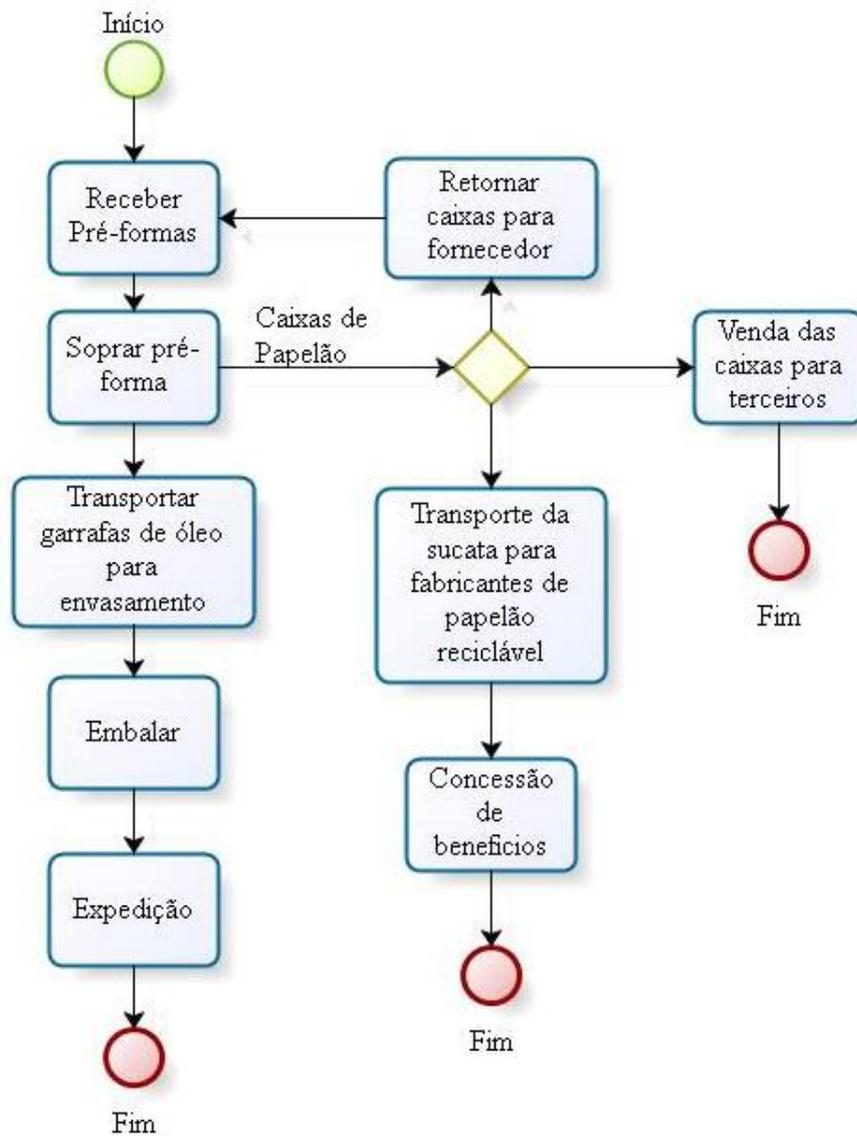
**Figura 14 - Proposta de Simbiose com o Ferro**



Fonte: Autoria própria (2016)

A Figura 15 – Proposta de Simbiose com o Papelão ilustra os caminhos que a empresa pode utilizar para que o resíduo traga uma maior receita e/ou vantagens competitivas para a empresa. Das três, a que maior apresenta ganho para a empresa é a reutilização do material junto com o fornecedor.

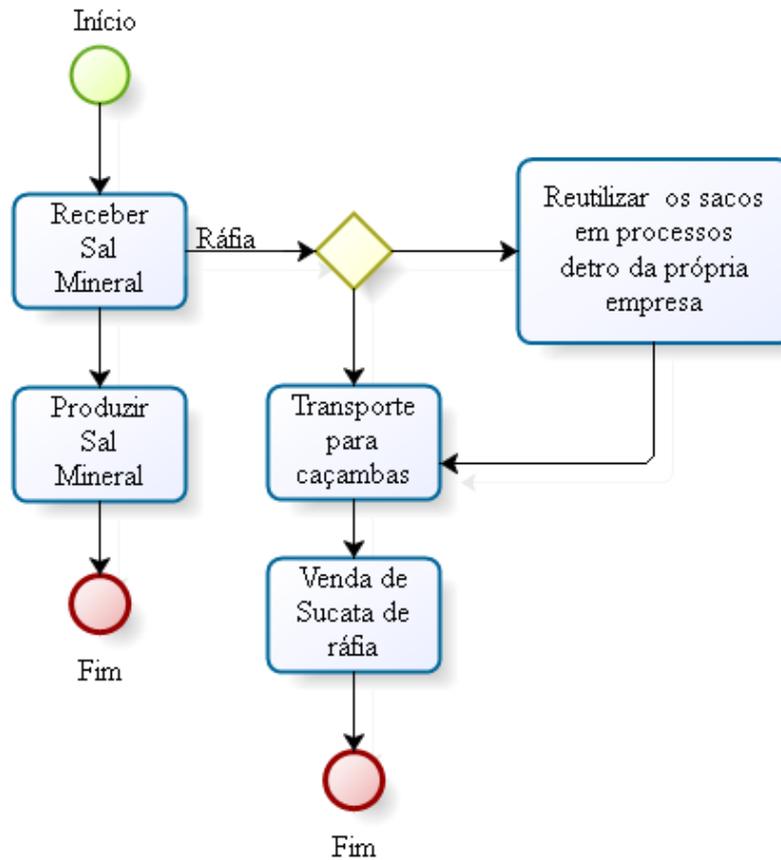
**Figura 15 - Proposta de Simbiose com Papelão**



Fonte: Autoria própria (2016)

A Figura 16 – Proposta de Simbiose com a Ráfia mostra a reutilização do material como apoio a outros processos que ocorrem na empresa, como a limpeza, transporte de matérias e etc.

**Figura 16 - Proposta de Simbiose com a Ráfia**



Fonte: Autoria própria (2016)

#### 4.6 Discussão dos resultados

Para melhor visualização das propostas de Simbiose Industrial, foi elaborada a Tabela 5 – Comparação de cenários que traz o cenário praticado pela empresa e as propostas presente nesse trabalho. É possível verificar que dentre os quatro resíduos que foram utilizados para trazer propostas o mais economicamente impactante é a Argila Clarificante. Isso pode ser explicado devido ao fato da argila possuir uma despesa muito alta para sua destinação final, além de conseguirmos utiliza-la como matéria prima em outro processo de fabricação, agregando valor a esse resíduo e possibilitando a venda do mesmo.

**Tabela 5 - Comparação de cenários**

<b>Resíduos</b>	<b>Antes</b>	<b>Depois</b>
<b>Argila Clarificante</b>	O descarte terceirizado com a despesa anual de R\$212.500,00	Redução de R\$87.500,00 com a disponibilização gratuita da argila
<b>Ferro</b>	Lucro com a venda como sucata de R\$35.392,80	Redução do preço de compra de Ferro novo utilizando a sucata como produto de troca
<b>Papelão</b>	Lucro com a venda do Papelão como sucata de R\$91.886,40 anuais	Reutilização gerando redução de R\$96.000,00 anuais e parcerias de reciclagem para gerar benefícios
<b>Ráfia</b>	Lucro de R\$2.608,00	Reutilização em transporte dentro da empresa e reciclagem

Fonte: Autoria própria (2016)

Materiais como o Ferro tem uma alta taxa de reciclagem, com isso, a empresa consegue estabelecer um comércio desse tipo de material. Porém, é visto que o valor que essa venda gera não consegue pagar os custos da destinação final dos outros materiais na empresa e tão pouco arcar com o prejuízo da compra do material novo. Com isso acordos com siderúrgicas é algo totalmente rentável, pois a empresa consegue uma redução mais significativa no valor da compra de material novo, além de descartar o material que não é mais utilizado na empresa.

Papelão e Ráfia entrariam no mesmo caminho do Ferro, porém, com algumas diferenças no suporte que esses materiais dariam no transporte, por exemplo, da empresa. Conforme dito anteriormente, as caixas de papelão são usadas para comportar pré-formas PET que são usadas para realizar o sopro de garrafas de óleo, após o seu esvaziamento, essas caixas são jogadas fora. Essas caixas são cobradas da empresa no momento em que ela realiza a compra dessas caixas com um valor de aproximadamente R\$32,00.

O papelão que é utilizado nessas caixas é um material muito resistente, fazendo que com o final do esvaziamento das mesmas, elas ainda estejam em condições de uso novamente. Sendo assim,

a parceria com a empresa produtora de pré-formas consiste na devolução das caixas para serem enchidas de novo com pré-formas.

Esse processo reduziria o preço da carga, pois não seria necessário pagar as caixas novamente e quando a caixa estiver sem condições de uso, ela seria vendida para empresas de reciclagens de aparas de papelão. Assim o novo mapa da destinação final dos resíduos de acordo com a proposta apresentada está presente na Figura 5. Com isso, a Tabela 3 e Tabela 4 ficaria da seguinte forma:

**Tabela 6 - Ganho com a Proposta**

<b>Ganho com a Proposta</b>			
<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor</b>	<b>Total</b>
Embalagens Longa Vida	41.280 Kg	R\$0,15/Kg	R\$ 6.192,00
Ferro	176.964 Kg	R\$0,20/Kg	R\$ 35.392,80
Informática	5.160 Kg	R\$0,10/Kg	R\$ 516,00
Paletes	396.260 Kg	R\$0,02/Kg	R\$ 7.925,20
Papel e Papelão(Reutilização)	3.000 Unidades	R\$32,00/Unidade	R\$ 96.000,00
Papel e Papelão(Venda)	229.716 Kg	R\$0,20/Kg	R\$ 45.943,20
Plástico	50.780 Kg	R\$0,60/Kg	R\$ 30.468,00
Ráfia	26.080 Kg	R\$0,10/Kg	R\$ 2.608,00
Tambores 60L	4.286 Kg	R\$5,00/Uni	R\$ 21.430,00
<b>Total arrecadado com Recicláveis</b>			<b>R\$ 246.475,20</b>

Fonte: Autoria própria (2016)

**Tabela 7 - Gasto com a destinação final de Resíduos de acordo com a Proposta**

<b>Gasto com a destinação final de Resíduos de acordo com a Proposta</b>				
<b>Material</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor de Transporte</b>	<b>Valor de Destinação</b>	<b>Total</b>
Argila Clarificante	2.500.000 Kg	R\$50,00/tonelada	R\$ 0,00	R\$ 125.000,00
Construção Civil	300 m <sup>3</sup>	R\$10,00/m <sup>3</sup>	R\$9,74/m <sup>3</sup>	R\$ 5.922,00
Lodo	150.000 Kg	R\$50,00/tonelada	R\$35,00/tonelada	R\$ 12.750,00
Rejeitos	1.020.000 Kg	R\$50,00/tonelada	R\$86,34/tonelada	R\$ 139.066,80
<b>Total de despesas com Resíduos</b>				<b>R\$ 282.738,80</b>

Fonte: Autoria própria (2016)

É possível observar que as alterações propostas trariam um aumento de cerca de R\$50.056,80 com os ganhos com os materiais reutilizáveis, de acordo com a Tabela 6 – Ganho com a Proposta. Esse aumento é graças a economia que as caixas de papelão, que traz um ganho de R\$96.000,00 anuais a empresa. É possível notar também que as despesas totais reduziram cerca

de R\$87.500,00 reais anuais na Tabela 7 – Gasto com a destinação final de Resíduos de acordo com a Proposta, que vem do novo tratamento dado a Argila Clarificante.

## 5 CONCLUSÃO

No presente trabalho, discutimos os conceitos de Ecologia Industrial e expusemos com maior foco os métodos e ferramentas de Simbiose Industrial. Em parceria com a Agroindústria estudada, foi possível entender melhor como os processos de destinação final acontecem quando o foco não é em Simbiose Industrial, mas sim na eliminação do resíduo de acordo com a característica apresentada por cada um.

Juntamente com os dados obtidos pela empresa, foi possível estudar melhor as especificidades de cada processo de destinação final, como processos de geração, quantidade gerada de cada resíduo, características de cada resíduo, preço de transporte, preço para eliminação e preço de venda. Após realizar toda a pesquisa sobre o processo dos resíduos agroindustriais gerados, foi possível caracteriza-los de acordo com a NBR 10004.

Assim, após a caracterização, foi realizada a estratificação dos resíduos de acordo com as possibilidades de inserção dos mesmos em processos produtivos distintos, de outras empresas situadas na cidade ou região da Agroindústria estudada, como matéria-prima para a produção de novos produtos.

Realizado o estudo, verificou-se que alguns resíduos vendidos como matérias recicláveis geram receita para que a destinação final de outros resíduos seja viabilizada. Vale destacar também quem as propostas realizadas de acordo com os métodos de Simbiose Industrial, representam uma economia de cerca de R\$150.000,00 por ano com a mudança da forma de destinação da Argila Clarificante e Papelão. É importante destacar que a inserção desses dois subprodutos em uma cadeia simbiótica gera uma redução de 40% nos custos de eliminação dos resíduos gerados pela agroindustrial.

Ao considerarmos que apenas dois subprodutos são responsáveis por tal impacto, confirmamos a importância que a Simbiose Industrial pode trazer ao processo de destinação final e ao processo produtivo de empresas que adotem tais princípios, além disso, asseguram que os três pilares da sustentabilidade sejam incorporados na cultura das empresas.

Vemos também que foi possível atingir os objetivos traçados para a realização desse trabalho, sendo possibilitado o estudo de subprodutos da empresa em questão sem nenhum tipo de

entrave ao acesso às informações, foi possível observar semelhanças dos subprodutos observados com outros processos fabris. Não foi possível propor alianças concretas, pois à necessidade de se realizar um estudo de viabilidade para tal proposta, sendo assim, foi abordado apenas a oportunidade de galgar essas alianças.

Esse trabalho possibilita que futuramente as propostas desenvolvidas possam ser implementadas de maneira efetiva nos processos de destinação final da agroindústria estudada, além de possibilitar novos estudos com os resíduos que não foram reintegrados a outros ciclos produtivos. Possibilita também que sejam desenvolvidos outros trabalhos como estruturar uma melhor forma de se reaproveitar o Ferro, pois atualmente o mesmo é vendido à R\$0,20/Kg e comprado por um valor em média de R\$16,25/Kg, realizar também a análise de alianças para fazer a melhor integração das empresas que serão atuantes na Simbiose Industrial.

## 6 REFERÊNCIAS

ABETRE – Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos. Disponível em: <<http://www.abetre.org.br/>>. Acesso em: 10 set. 2016.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10004:2004 – Resíduos Sólidos: Classificação. Rio de Janeiro. ABNT, 2004.

ANTONOV. P.; SELLITTO. M. A. Environmental Performance Assessment: A Case Study In The Paper Industry. *Produção Online*, Santa Catarina, v.11, n. 4, p. 1059-1085, out./dez. 2011. Disponível em: <<https://www.producaoonline.org.br/rpo>>. Acesso em: 20 de mai. 2016.

ARAÚJO, CIDALIA et al. Estudo de Caso. *Métodos de Investigação em Educação*. Instituto de Educação e Psicologia, Universidade do Minho, 2008.

BAAS, L. Planning and Uncovering Industrial Symbiosis: Comparing the Rotterdam and Östergötland regions. *Business Strategy and the Environment*, v. 20, p. 428-440, 2011.

BOONS, Frank; JANSSEN, Marco A. Stimulating eco-industrial parks in Netherlands: A critical analyses of current policies. In: Seminário inaugural da International Society for Industrial Ecology, 2001. Leiden – Holanda.

CASTRO. P. A.; CARVALHO. C. R. Gerenciamento de resíduos em uma fábrica de colchões localizada na cidade São Luis (MA). In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 34., 2014. Curitiba. *Anais...* São Luis, 19 p.

CAXITO, F. Logística: um enfoque prático. Fabiano Caxito (coord.). São Paulo: Saraiva, 2011.

CHERTOW, M. R. Industrial symbiosis: literature and taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, v. 25, n. 1, p. 313-337, 2000.

CHERTOW, M. R.; EHRENFELD, J. Organizing Self-Organizing Systems: Toward a Theory of Industrial Symbiosis in *Journal of Industrial Ecology*, v. 16, n. 1, 2012.

CHERTOW, M. R; ASHTON, W. S.; ESPINOSA, J. C. Industrial Symbiosis in Puerto Rico: Environmentally Related Agglomeration Economies. *Regional Studies*, v. 42, n. 10, p. 1299-1312, 2008.

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

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB. Manual para Implementação de um Programa de Prevenção à Poluição, 4ª ed. São Paulo, 2002.

Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável – Rio+20. Disponível em: <<http://www.rio20.gov.br/>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável – Rio+20. Disponível em: <<http://www.rio20.gov.br/>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

DA MOTTA, J. P. S. P.; CARIJO, R.S. Simbiose Industrial: Um Estudo De Caso Para A Indústria De Cosméticos Do Município Do Rio De Janeiro. Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2013.

DE OLIVEIRA, L. D. A Geopolítica do Desenvolvimento Sustentável na CNUMAD-1992 (ECO-92): entre o local e o global, a tensão e a celebração. *Revista de Geopolítica*, v. 2, n. 1, p. 43-56, 2016.

DE OLIVEIRA, Lucas Rebello, et al. Sustentabilidade: da evolução dos conceitos à implementação como estratégia nas organizações. *Produção*, Niterói v. 22, n. 1, p. 70-82, 2012.

DIAS, R. Gestão Ambiental – Responsabilidade Social e Sustentabilidade. Editora Atlas, 2006. 196 p.

EHRENFELD, J., 2004, Industrial ecology: a new field or only a metaphor. *Journal of Cleaner Production*, n. 12, pp. 825-831.

ERKMAN, S.; RAMASWAMY, R. Industrial Ecology: a New Cleaner Production strategy. *UNEP Industry and Environment*. p. 64-67, jun.2001.

FRAGOMENI A. L. M. “Parques Industriais Ecológicos” Como Instrumento De Planejamento E Gestão Ambiental Cooperativa. 2005. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE. Rio de Janeiro, 2005.

FROSC R.A, GALLOPOULOS, N.E. “Strategies for manufacturing”, *Scientific American*, 26, 1989.

GAMEIRO. J.; SILVA M. L. P. Aplicação do Conceito de Ecologia Industrial ao Sistema de Gestão Integrada: Vantagens e Melhorias Ambientais Associadas. In INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 2., 2009. São Paulo. *Anais*. São Paulo. 10 p.

GARCIA, M. L.; DIRAJAIA E. P. O Caminho para o Conceito de Sustentabilidade. In: ENCONTRO DE INTERNACIONALIZAÇÃO DO CONPEDI, 3, 2016. Madrid. *Anais...* Madrid, p. 54-78.

GOZER. R. M. *Incorporação da Argila Ativada da Coamo Agroindustrial Cooperativa em Tijolos*. Campo Mourão. 2014.

HEERES, R. R. et al., 2004, “Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands: first lessons”. *Journal of Cleaner Production*, n. 12, p. 985-995.

HIROSE, M. Produção Mais Limpa. *Fundação de Apoio à Tecnologia – Ano II*, n. 3, p. 38-40, jun./jul./ago. 2005.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Disponível em: <<http://ibge.gov.br/cidadesat/painel/economia.php?lang=&codmun=411520&search=parana|maringa|infograficos:-despesas-e-receitas-orcamentarias-e-pib>>. Acesso em: 8 set. 2016.

LAGO, A.; PÁDUA, J.A., 1984, *O que é Ecologia*. São Paulo, Brasiliense.

LATORRE, A. P. La simbiosis industrial en Kalundborg, Dinamarca. In: *DEARQ: Revista de Arquitectura de la Universidad de los Andes*, n. 4, p. 155-161, 2009.

LIFSET, R.; GRAEDEL, T. E. *Industrial ecology: goals and definitions*. In: Ayres, R. U.; Ayres, L. W. *A handbook of industrial ecology*. Northhampton: Edward Elgar Publishing, 2002.

LOWE, Ernest. *Eco-industrial Park Handbook for Asian Developing Countries*. 2001.

MAGRINI, A.; Veiga, L.B.E. *Industrial Ecology: Developing Countries Experiences*. In: ISWA WORLD SOLID WASTE CONGRESS, 2012.

MARINHO, M. B. *Novas relações sistema produtivo / meio ambiente - do controle a prevenção da poluição*. 2001. 198 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana) – Escola Politécnica – Universidade Federal da Bahia.

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. 2001

MARTIN, S. A. Eco-industrial parks: a case study and analysis os economic, environmental, technical, and regulatory issues. 1996.

MARTINS, C. H. B. et al. Da Rio-92 à Rio+ 20: avanços e retrocessos da agenda 21 no Brasil. *Indicadores Econômicos FEE*, v. 42, n. 3, p. 97-108, 2015.

Ministério do Meio Ambiente – MMA. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21>>. Acessado em: 10 jul. 2016.

O Protocolo de Kyoto. Greenpeace. Disponível em: <[http://greenpeace.org.br/clima/pdf/protocolo\\_kyoto.pdf](http://greenpeace.org.br/clima/pdf/protocolo_kyoto.pdf)>. Acessado em: 10 jul.2016.

Prefeitura Municipal de Maringá. Disponível em: <<http://www2.maringa.pr.gov.br/site/index.php?sessao=000046d25b1x00&id=14>>. Acesso em: 9 set. 2016.

SANTOS, A. O; SILVA, F. B.; SOUZA, S. Contabilidade Ambiental: Um estudo sobre sua aplicabilidade em empresas brasileiras. *Revista Meio Ambiente Industrial*, v. 2, n. 3, p. 71-75. 2002.

SCHERRER. R.; OLIVEIRA. C. G. Avaliação da Implantação da logística reversa em uma Empresa de Fabricação de Componentes Eletrônicos, Eletromecânicos e Mecatrônicos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 34., 2014. Curitiba. *Anais*. São Paulo, 15 p.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação. – 4. ed. rev. atual. – Florianópolis: UFSC, 2005. 138p.

Sistema Integrado de Bolsa de Resíduos - SIBR. Disponível em: <[www.sibr.com.br](http://www.sibr.com.br)>. Acesso em: 9 de jul. 2016

TANIMOTO. A. H. *Proposta De Simbiose Industrial Para Minimizar Os Resíduos Sólidos No Pólo Petroquímico De Camaçari*. 2004. 169 f. Dissertação (Mestrado profissional em Gerenciamento e Tecnologias ambientais no Processo Produtivo) – Universidade Federal da Bahia, Escola Politécnica. Bahia, 2004.

TERRA, L. A. A.; PASSADOR, J. L. *Symbiotic Dynamic: The Strategic Problem from the Perspective of Complexity*. Systems Research and Behavioral Science, 2015.

United Nation Environmental Program - UNEP. Disponível em: <[http://www.unepie.org/pc/cp/understanding\\_cp/home.htm](http://www.unepie.org/pc/cp/understanding_cp/home.htm)>. Acesso em: 9 de jul. 2016.

VEIGA, L. B. E. *Diretrizes Para A Implantação De Um Parque Industrial Ecológico: Uma Proposta Para O Pie De Paracambi*. Tese (Ciências em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2007.

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Departamento de Engenharia de Produção**  
**Av. Colombo 5790, Maringá-PR CEP 87020-900**  
**Tel: (044) 3011-4196/3011-5833 Fax: (044) 3011-4196**