



PROPOSTA DE TRANSFORMAÇÃO DE UM DISTRITO INDUSTRIAL EM
PARQUE INDUSTRIAL ECOLÓGICO: UM ESTUDO DE CASO EM MINAS
GERAIS

Cibelle Pereira Trama

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Planejamento Energético.

Orientadora: Alessandra Magrini

Rio de Janeiro

Abril de 2016

PROPOSTA DE TRANSFORMAÇÃO DE UM DISTRITO INDUSTRIAL EM
PARQUE INDUSTRIAL ECOLÓGICO: UM ESTUDO DE CASO EM MINAS
GERAIS

Cibelle Pereira Trama

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA
(COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM CIÊNCIAS EM PLANEJAMENTO ENERGÉTICO.

Examinada por:

Prof^a. Alessandra Magrini, D.Sc.

Prof. Amaro Olímpio Pereira Jr, D.Sc.

Prof^a. Elen Beatriz Acordi Vasques Pacheco, D.Sc.

Prof^a. Lilian Bechara Elabras Veiga, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

ABRIL DE 2016

Trama, Cibelle Pereira

Proposta de transformação de um Distrito Industrial em Parque Industrial Ecológico: um estudo de caso em Minas Gerais/ Cibelle Pereira Trama. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2016.

XV, 163 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadora: Alessandra Magrini

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético, 2016.

Referências Bibliográficas: p. 131-142.

1. Ecologia Industrial. 2. Distrito industrial. 3. Parque Industrial Ecológico. I. Magrini, Alessandra. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Planejamento Energético. III. Título.

À minha família: meus pais, Anielo e Sônia, e minha irmã, Giselle.

Agradecimentos,

Termina mais uma etapa da minha vida e, sem sombra de dúvidas, foram os dois anos mais intensos e repletos de desafios e de conquistas. Chegar aqui só foi possível porque recebi o apoio de pessoas especiais, que me incentivaram a não desistir quando o cansaço parecia me abater.

Agradeço ao meu anjo e maior tesouro, minha mãe Sônia, pelo amor, dedicação e por sempre acreditar que eu conseguiria. Vencemos!

Ao meu pai Anielo, por apoiar a minha escolha.

A minha irmã Giselle, pelo carinho e amizade.

A todos os familiares, pela torcida e pelo carinho nas mensagens enviadas, em especial a Idi e a tia Marina.

A minha amiga da vida Samantha, pela força e pelas risadas nos momentos mais difíceis.

À Professora Auxiliadora, pelo grande incentivo em minha vida acadêmica.

À Dani e à Anália, não apenas pelo apoio e pelos conselhos durante a realização desta dissertação, mas também pelos passeios e momentos divertidos no Rio. Vocês são especiais!

À Flávia e à Bruna, amigas do PPE, que me apresentaram a vida carioca e pela qual me apaixonei.

À Dona Ema, por me acolher em sua casa quando precisei.

À minha orientadora Alessandra, pelo apoio, criatividade, inspiração e valiosos ensinamentos. Muito obrigada Professora!

Aos funcionários do PPE, em especial ao Paulo e à Sandrinha, por me socorrerem nos “apertos” acadêmicos.

Ao CNPq, pela bolsa concedida.

À Deus, pela bênção da vida, saúde e coragem durante esta caminhada.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

PROPOSTA DE TRANSFORMAÇÃO DE UM DISTRITO INDUSTRIAL EM
PARQUE INDUSTRIAL ECOLÓGICO: UM ESTUDO DE CASO EM MINAS
GERAIS

Cibelle Pereira Trama

Abril/2016

Orientadora: Alessandra Magrini

Programa: Planejamento Energético

Este estudo tem por objetivo central propor uma metodologia para a adaptação e transformação de um distrito industrial em operação em Parque Industrial Ecológico (PIE), no âmbito da Ecologia Industrial (EI). Apresenta-se uma revisão da literatura acerca dos distritos industriais, assim como os princípios da Ecologia Industrial e algumas de suas ferramentas – a Simbiose Industrial (SI) e o Parque Industrial Ecológico. A partir da metodologia elaborada por Veiga (2007) e de outros estudos científicos acerca de PIE e SI, desenvolveu-se uma proposta metodológica para a conversão de distritos industriais, em operação, em PIEs, analisando-se a existência de indícios da cultura de EI nos empreendimentos do distrito industrial e construindo cenários adequados à conversão do distrito em PIE. Aplicou-se esta metodologia proposta, à título de exemplificação, ao Distrito Industrial José Vieira de Mendonça, no Município de Vespasiano, localizado na Região Metropolitana de Belo Horizonte, em Minas Gerais. Os resultados obtidos indicaram que o distrito industrial de Vespasiano apresenta um potencial regular para ser adaptado e transformado em um PIE, conforme a metodologia proposta neste estudo.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

PROPOSAL FOR THE TRANSFORMATION OF A INDUSTRIAL DISTRICT INTO
AN ECOLOGICAL INDUSTRIAL PARK: A CASE STUDY IN THE STATE OF
MINAS GERAIS

Cibelle Pereira Trama

April/2016

Advisor: Alessandra Magrini

Department: Energy Planning

This study has the main objective to propose a methodology for the adaptation and transformation of an industrial district in operation in Ecological Industrial Park (EIP) in the context of Industrial Ecology (IE). It presents a literature review regarding industrial districts and its features as well as the principles of Industrial Ecology and some of its tools – Industrial Symbiosis (IS) and the Ecological Industrial Park. According to the methodology developed by Veiga (2007) and other scientific studies about EIP and IS, a methodological proposal was developed for the conversion of industrial districts in operation in EIPs, taking into account the existence of the IE culture evidence in the industrial district enterprises and creating proper scenarios to the district conversion into EIP. This methodology proposal was then applied to the José Vieira de Mendonça Industrial District as an example. The results indicate that the industrial district of Vespasiano has a regular potential to be adapted and transformed in EIP, according to the methodology proposed in this study.

Sumário

| | |
|--|-------------|
| Lista de Figuras | xi |
| Lista de Tabelas | xii |
| Lista de Símbolos | xiii |
| 1 Introdução | 1 |
| 2 Distritos Industriais e Ecologia Industrial | 7 |
| 2.1 Algumas considerações sobre Distritos Industriais e Geografia Industrial | 7 |
| 2.1.1 O conceito de Distrito Industrial | 7 |
| 2.1.2 Algumas experiências internacionais de distritos industriais | 11 |
| 2.1.3 Algumas experiências de distritos industriais no Brasil | 12 |
| 2.1.4 Os Distritos Industriais e seus impactos socioambientais | 16 |
| 2.2 A Ecologia Industrial | 21 |
| 2.2.1 Princípios e ferramentas da Ecologia Industrial | 21 |
| 2.2.2 Algumas experiências de Simbiose Industrial e Parque Industrial Ecológico | 28 |
| 2.2.3 A Ecologia Industrial e a minimização de resíduos sólidos em Distritos Industriais | 37 |
| 2.2.4 A implantação de um PIE: a Metodologia de Veiga (2007) | 44 |
| 2.2.4.1 Etapa de Planejamento | 44 |
| a) Identificação dos fatores de localização do PIE | 44 |
| b) Articulação dos atores envolvidos | 45 |
| c) Seleção do mix de indústrias | 45 |
| d) Definição das fontes de financiamento | 46 |
| 2.2.4.2 Etapa de Projeto | 46 |
| a) Projeto urbano | 46 |
| b) Projeto de infraestrutura | 47 |
| c) Elementos das partes e serviços comuns | 47 |
| 2.2.4.3 Etapa de Construção e de Operação | 48 |
| a) Elementos da arquitetura e construção sustentáveis | 48 |
| b) Ocupação e gestão do PIE | 49 |
| 3 Proposição metodológica para implantação de PIEs | 52 |
| 3.1 Transformação de um Distrito Industrial em PIE: uma proposta metodológica | 52 |

| | |
|---|-----------|
| 3.1.1 Etapa 1:Potencial de um Distrito Industrial para ser transformado em PIE. | 54 |
| a) Seleção de critérios | 56 |
| b) Aplicação dos critérios e cálculo do grau de transformação (g) | 62 |
| c) Determinação da importância dos critérios | 64 |
| d) Cálculo dos pesos relativos | 75 |
| e) Cálculo do <i>potencial máximo</i> “P _{max} ” de um Distrito Industrial | 76 |
| f) Cálculo do <i>potencial real</i> “P _{real} ” de um Distrito Industrial | 77 |
| g) Cálculo do <i>grau de potencialidade</i> “s” de um Distrito Industrial..... | 78 |
| 3.1.2 Etapa 2: Proposição de cenários para a transformação de um Distrito Industrial em PIE | 80 |
| a) Cenário 1: Cenário Teórico | 80 |
| b) Cenário 2: Cenário Real | 82 |
| c) Cenário 3: Expansão da Simbiose Industrial para o município..... | 85 |
| d) Cenário 4: Inclusão de novas indústrias no Distrito Industrial | 86 |
| 4 Estudo de caso: a conversão de um Distrito Industrial no Município de Vespasiano (MG) em Parque Industrial Ecológico | 89 |
| 4.1 Caracterização do Município..... | 89 |
| 4.1.1 Breve histórico..... | 89 |
| 4.1.2 Características geográficas e socioeconômicas | 91 |
| 4.1.3 As áreas industriais..... | 99 |
| 4.2 A aplicação da proposta metodológica no Distrito Industrial José Vieira de Mendonça | 101 |
| 4.2.1 Etapa 1: Potencial do DI José Vieira de Mendonça para ser transformado em PIE | 101 |
| a) Aplicação dos critérios aos empreendimentos do DI José Vieira de Mendonça e cálculo do grau de transformação (g)..... | 101 |
| b) Cálculo do <i>potencial máximo</i> “P _{max} ” do DI José Vieira de Mendonça..... | 111 |
| c) Cálculo do <i>potencial real</i> “P _{real} ” do DI José Vieira de Mendonça..... | 111 |
| d) Cálculo do <i>grau de potencialidade</i> “s” do DI José Vieira de Mendonça .. | 112 |
| 4.2.2 Etapa 2: Proposição dos cenários | 113 |
| a) Cenário 1: Cenário Teórico | 113 |
| b) Cenário 2: Cenário Real | 116 |
| c) Cenário 3: Expansão da Simbiose Industrial para o Município de Vespasiano..... | 119 |

| | |
|--|------------|
| 4.3 Análise dos resultados e proposições | 122 |
| 5 Conclusões e recomendações | 125 |
| Referências bibliográficas | 131 |
| Anexos..... | 143 |
| Anexo 1: Modelo de questionário aplicado aos empreendimentos do DI José Vieira de Mendonça, no Município de Vespasiano (MG)..... | 143 |
| Anexo 2: Fotos de algumas áreas industriais do Município de Vespasiano..... | 146 |
| Anexo 3: Caracterização dos empreendimentos do DI José Vieira de Mendonça.... | 149 |
| Anexo 4: Caracterização dos resíduos sólidos gerados nos processos industriais dos empreendimentos do DI José Vieira de Mendonça..... | 156 |
| Anexo 5: Caracterização dos empreendimentos Cimentos Liz, SEM Equipamentos elétricos e mecânicos e Topfilme | 160 |
| Anexo 6: Caracterização dos resíduos sólidos gerados nos processos industriais dos empreendimentos Cimentos Liz, SEM Equipamentos elétricos e mecânicos e Topfilme | 162 |

Lista de Figuras

| | |
|---|-----|
| Figura 1: Áreas de abrangência da Ecologia Industrial..... | 24 |
| Figura 2: Simbiose Industrial | 25 |
| Figura 3: Cenários de Simbiose Industrial no PIE de Abruzzo, Itália..... | 34 |
| Figura 4: Simbiose Industrial no Parque Guigang, China..... | 36 |
| Figura 5: Possibilidades para minimização de resíduos industriais | 42 |
| Figura 6: Fluxograma das etapas de implementação de um PIE..... | 51 |
| Figura 7: Etapas 1 e 2 da metodologia proposta para a conversão de distritos industriais em PIEs..... | 53 |
| Figura 8: Atividades da Etapa 1 da metodologia proposta para a conversão de distritos industriais em PIEs | 55 |
| Figura 9: Fluxograma para a conversão de um distrito industrial em PIE | 88 |
| Figura 10: Região Metropolitana de Belo Horizonte e Colar Metropolitano..... | 92 |
| Figura 11: Vias de acesso ao município de Vespasiano – MG | 93 |
| Figura 12: Cobertura Vegetal do Município de Vespasiano | 95 |
| Figura 13: Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas..... | 96 |
| Figura 14: Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e Sub-bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mata..... | 97 |
| Figura 15: Distrito Industrial José Vieira de Mendonça e condomínios residenciais, no Município de Vespasiano (MG)..... | 102 |
| Figura 16: Parque Norte em Vespasiano (MG)..... | 103 |
| Figura 17: Bairro Nova Granja no Município de Vespasiano (MG)..... | 104 |
| Figura 18: Bairro Célia no Município de Vespasiano (MG)..... | 105 |
| Figura 19: Bairro Nova Pampulha no Município de Vespasiano (MG)..... | 106 |

Lista de Tabelas

| | |
|---|-----|
| Tabela 1: Indicadores grau de importância “h” e peso relativo “r” dos critérios analisados na transformação de um DI em PIE..... | 75 |
| Tabela 2: Grau de potencialidade “s” e o potencial para transformar um distrito industrial em Parque Industrial Ecológico..... | 79 |
| Tabela 3: Quadro síntese dos produtores de resíduos da ZEI Campo Grande e potenciais utilizadores na própria ZEI | 82 |
| Tabela 4: Empreendimentos no Município de Vespasiano (MG) | 100 |
| Tabela 5: Documentos dos processos de licenciamento ambiental dos empreendimentos do DI José Vieira de Mendonça | 107 |
| Tabela 6: Indicadores grau de transformação real (“g _{real} ”) dos empreendimentos do DI José Vieira de Mendonça..... | 109 |
| Tabela 7: Potencial real de cada empreendimento e potencial real do conjunto de empreendimentos do DI José Vieira de Mendonça | 112 |
| Tabela 8: Grau de potencialidade “s” do DI José Vieira de Mendonça | 113 |
| Tabela 9: Matriz Teórica de Sinergia para o Distrito Industrial José Vieira de Mendonça, em Vespasiano (MG)..... | 115 |
| Tabela 10: Matriz Real de Sinergia para alguns empreendimentos do Distrito Industrial José Vieira de Mendonça, em Vespasiano (MG) | 117 |
| Tabela 11: Matriz Teórica de Sinergia para a expansão da Simbiose Industrial entre o Distrito Industrial José Vieira de Mendonça e outros empreendimentos de Vespasiano | 120 |

Lista de Símbolos

AAF – Autorização Ambiental de Funcionamento
AMBIOTEC – Associação Mineira de Empresas de Biotecnologia e Ciências da Vida
BCS – Bussi Chemical Site
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CDI-MG – Companhia de Distritos Industriais de Minas Gerais
CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais
CGI – Central de Gestão de Informações
CISV – Centro Integrado de Sustentabilidade de Vespasiano
CMRR – Centro Mineiro de Referência em Resíduos
CODIN – Companhia de Distritos Industriais
COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais
COPEG – Companhia Progresso Industrial da Guanabara
CSN – Companhia Siderúrgica Nacional
DI – Distrito Industrial
EEEs – Estações Elevatórias de Esgoto
EI – Ecologia Industrial
EIA – Estudo de Impacto Ambiental
EPI – Equipamento de Proteção Individual
ES – Espírito Santo
ETA – Estação de Tratamento de Água e Esgoto
ETE – Estação de Tratamento de Efluentes
EUA – Estados Unidos da América
FCA – Ferrovia Centro-Atlântica
FCEI – Formulário de Caracterização de Empreendimento
FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente
FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente
FIEA – Federação das Indústrias do Estado de Alagoas
FIEMG – Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais
FIERGS – Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul
FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos
FUNDES – Fundo de Desenvolvimento Econômico e Social

GASMIG – Companhia de Gás de Minas Gerais
GNV – Gás Natural Veicular
IBAMA – Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
ISO – International Organization for Standardization
MG – Minas Gerais
NBR – Norma Brasileira
NISP – Nacional Industrial Symbiosis Programme
PALME – Programme d’Actions de Labelise pour la maitrise de L’environnement
PBSI – Programa Brasileiro de Simbiose Industrial
PCA – Plano de Controle Ambiental
PIE – Parque Industrial Ecológico
PMSI – Programa Mineiro de Simbiose Industrial
PND – Plano Nacional de Desenvolvimento
PNDU – Plano Nacional de Desenvolvimento Urbano
PNRS – Política Nacional dos Resíduos Sólidos
PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PPP – Parceria entre o setor público e o setor privado
PT – Parecer Técnico
RADA – Relatório de Desempenho Ambiental
RCA – Relatório de Controle Ambiental
RIMA – Relatório de Impacto Ambiental
RMBH – Região Metropolitana de Belo Horizonte
RMRJ – Região Metropolitana do Rio de Janeiro
SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SEMAD – Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais
SEPA – State Environmental Protection Administration
SGA – Sistema de Gestão Ambiental
SI – Simbiose Industrial
SND – Suzhou National New& Hi-Tech Industrial Development Zone
UFLA – Universidade Federal de Lavras
UFOP – Universidade Federal de Ouro Preto

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

US-EPA – United States Environmental Protection Agency

VSD – Variable Speed Drive Compressor

ZEI – Zoneamento Estritamente Industrial

ZERI – Iniciativa de Pesquisa em Emissões Zero

ZI – Zoneamento Industrial

ZUD – Zoneamento de Uso Diversificado

ZUPI – Zoneamento de Uso Predominantemente Industrial

1. Introdução

O conceito de distrito industrial foi desenvolvido no final do século XIX por Alfred Marschall, no contexto da economia britânica da época (DAMAS, 2008). Historicamente, diversas modalidades de distritos industriais se conformaram em termos de localização, estrutura e tipos de produtos.

De modo geral, um distrito industrial consiste em uma rede de indústrias concentradas em determinado local, onde se materializam as relações industriais, utilizando-se mão-de-obra e insumos, originando produtos e obtendo economias de escala¹ locais.

Mais recentemente, diversos espaços industriais caracterizados como distritos industriais passam por um processo de desagregação ou de reconfiguração produtiva, dando origem às redes de empresas, conectadas através de fluxos de bens, serviços e informação com o objetivo de fabricar um produto, e às cadeias produtivas, compostas pelas empresas produtoras e outros agentes como varejistas e organizações financeiras (HAYTER, 1998).

No entanto, os distritos industriais ainda permanecem como arranjos produtivos predominantes especialmente nos países em desenvolvimento, como o Brasil (MAGRINI e MASSON, 2005). A lógica de implantação destes distritos industriais está historicamente pautada em fatores locacionais relacionados à disponibilidade de infraestrutura, mão de obra, dentre outros. Nesse contexto, os aspectos ambientais nem sempre estão presentes na definição da localização industrial.

O conceito de Ecologia Industrial não é recente, pois começou a se desenvolver em meados da década de 1970 e tornou-se mundialmente conhecido no início dos anos 1990, após a publicação do artigo “*Strategies for Manufacturing*”, de Robert Frosch e Nicholas Gallopoulos, na revista *Scientific American*, em 1989 (GIANNETTI e ALMEIDA, 2006).

Porém, hoje a EI ganha uma particular importância devido ao contexto do desenvolvimento sustentável e, também, por estar relacionada à Economia Circular, que busca substituir o modelo linear de produção de bens, caracterizado pela extração de

¹ A economia de escala pode ocorrer tanto na perspectiva de custo quanto de produção. Sob a ótica do custo, há economia de escala quando o custo médio decresce à medida que a produção aumenta e, sob a perspectiva da produção, há economia de escala quando o produto se eleva de modo mais que proporcional ao uso de insumos (VARIAN, 2006).

recursos, fabricação, uso e descarte de produtos, por um modelo circular de produção, onde os materiais retornam ao ciclo produtivo, reduzindo o consumo de recursos naturais, a poluição e a degradação do meio ambiente (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2016).

Para se alcançar o modelo da economia circular, disseminado pelo mundo através de instituições como *Ellen MacArthur Foundation* (www.ellenmacarthurfoundation.org) e *Cradle to Cradle Products Innovation Institute* (www.c2ccertified.org), com base em publicações sobre o tema dos autores Michael Braungart e William McDonough (ver MCDONOUGH e BRAUNGART, 2013), e combater o aumento e a instabilidade dos preços de matérias primas e energia, o desperdício de resíduos e danos ao meio ambiente, podem ser utilizados diversos instrumentos, como, por exemplo, a logística reversa e o *ecodesign*.

A EI apresenta uma visão sistêmica que implica em mudanças na forma de planejar, de construir e de gerenciar os sistemas industriais, visto que as atividades produtivas podem ser conectadas, como em uma rede que busca minimizar a quantidade total de rejeitos².

Os dois instrumentos da EI que mais se desenvolveram nos últimos anos foram os Parques Industriais Ecológicos (PIEs) e a Simbiose Industrial (SI) (MAGRINI e VEIGA, 2012). Um parque eco industrial consiste em um conjunto de empresas de serviços e indústrias localizadas numa propriedade comum, na qual buscam melhores desempenhos ambiental, econômico e social por meio da gestão colaborativa de recursos e das questões ambientais (INDIGO DEVELOPMENT, 2005).

A simbiose industrial é definida como a gestão dos subprodutos industriais para o seu reaproveitamento em outro processo produtivo, com o objetivo de otimizar o uso dos recursos naturais e minimizar a produção de resíduos finais (NASCIMENTO *et al.*, 2006).

Com a crescente competitividade que as indústrias devem gerenciar, para poderem sobreviver no mercado, percebe-se, atualmente, uma maior discussão acerca das questões relacionadas com a inovação e tecnologia, nos ambientes empresariais,

² Rejeito consiste no resíduo sólido destinado à disposição final ambientalmente adequada, após esgotar todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis (BRASIL, 2010).

acadêmicos e públicos (NASCIMENTO *et al.*, 2006). Diversas pesquisas relacionam a inovação tecnológica como um fator importante para impulsionar o desenvolvimento regional sustentável. Neste sentido, os principais instrumentos da Ecologia Industrial – PIE e SI – surgem como uma solução de arranjo produtivo para as comunidades sustentáveis.

No entanto, a análise dos parques industriais brasileiros resulta na conclusão de que o modelo de desenvolvimento adotado ainda é o tradicional, representado por um sistema aberto, o qual depende de um suprimento contínuo e inesgotável de matéria e energia que, depois de utilizada, é devolvida ao meio ambiente (BRAGA *et al.*, 2002). Soma-se a esse fato a necessidade das indústrias nacionais elaborarem estudos prospectivos na área ambiental, referentes à reciclagem e reutilização de subprodutos em parques industriais.

BRAGA *et al.* (2002) afirma que, para se atingir um modelo de desenvolvimento considerado “sustentável”, o mesmo deve ser representado por um sistema fechado, ou seja, um sistema onde os impactos oriundos das atividades produtivas retornam ou são recuperados, por meio de ações restauradoras que os minimizem. Assim, teoricamente um sistema fechado não geraria saídas nem devolveria resíduos ao meio ambiente.

Segundo NASCIMENTO *et al.* (2006), alguns autores enfatizam que as organizações podem causar diversos tipos de impactos ambientais e ecológicos no meio ambiente. Entre as organizações industriais, comerciais e prestadoras de serviço, as organizações que mais impactam o meio ambiente são do ramo industrial, uma vez que possuem a característica de converter insumos produtivos em produtos finais.

Diante do exposto, a maior justificativa da escolha deste tema é o conhecimento de que os PIEs possuem os elementos e o potencial necessários para introduzir mudanças e melhorias na atual estrutura industrial de uma região, contribuindo por meio de uma gestão ambiental cooperativa para o desenvolvimento sustentável.

O objetivo deste estudo consiste, dessa forma, em propor uma metodologia para converter distritos industriais em operação em Parques Industriais Ecológicos (PIEs), como resultado da aplicação de princípios de EI a sistemas de produção industrial.

Para validar a proposta metodológica desta dissertação realiza-se um estudo de caso no Distrito Industrial José Vieira de Mendonça, situado no Município de Vespasiano, no Estado de Minas Gerais. O estado mineiro foi selecionado por ser o

pioneiro na implantação de distritos industriais no Brasil, e a escolha do Município de Vespasiano deveu-se ao fato de este município apresentar um significativo parque industrial, além de ser essencial ao crescimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte devido ao seu elevado potencial econômico.

Para o desenvolvimento do presente estudo são realizadas cinco etapas:

- i. Revisão bibliográfica sobre distritos industriais e Ecologia Industrial.
- ii. Descrição da metodologia proposta por Veiga (2007) para a implantação de Parques Industriais Ecológicos em áreas *greenfield*.
- iii. Desenvolvimento da metodologia para a transformação de distritos industriais, em funcionamento, em Parques Industriais Ecológicos.
- iv. Aplicação da metodologia proposta no Distrito Industrial José Vieira de Mendonça, localizado em Vespasiano, Minas Gerais.
- v. Análise dos resultados, conclusões, recomendações e sugestões de trabalhos futuros.

Neste sentido, para alcançar o objetivo desta dissertação, torna-se necessário, inicialmente, obter um conhecimento acerca de distritos industriais, assim como as suas tipologias, exemplos e impactos ocasionados pelas atividades industriais à sociedade e ao meio ambiente. Neste contexto, foram utilizados artigos, relatórios, teses e dissertações, sendo as principais referências desta etapa os trabalhos de OLIVEIRA (1976), DAMAS (2008) e MAGRINI e MASSON (2005).

De forma análoga aos distritos industriais, recorreu-se à literatura nacional e internacional com o intuito de levantar o conceito, os principais fundamentos e ferramentas da Ecologia Industrial, assim como experiências de SI e de PIE em municípios ou parques industriais, implantados no mundo e no Brasil. Nesta etapa, o trabalho de doutoramento de VEIGA (2007) e o manual de LOWE (2001) consistiram em significativas fontes de dados, além de artigos científicos internacionais que ressaltam o desenvolvimento de atividades de SI e/ ou a criação de PIEs em países da América do Norte, da Europa e da Ásia, além do Brasil.

O estudo da metodologia de VEIGA (2007) forneceu critérios e diretrizes importantes para a proposição de uma metodologia que busca converter um distrito industrial em PIE. A proposta metodológica desta dissertação também foi elaborada com base na ideia de hierarquização de critérios proposta por TRAMA (2014) e em

análises e informações obtidas através de artigos científicos, teses e dissertações acerca de PIE e SI.

O Município de Vespasiano foi caracterizado conforme dados e informações disponibilizados pela Prefeitura Municipal, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) e pela Assembléia Legislativa de Minas Gerais (ALMG).

O mecanismo empregado para a obtenção dos dados e informações essenciais à aplicação da metodologia proposta neste trabalho, no distrito industrial do Município de Vespasiano, consistiu na consulta dos documentos constantes nos processos de licenciamento ambiental das indústrias investigadas, disponibilizados pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD). O setor privado também foi consultado através de questionários aplicados aos empreendimentos do Distrito Industrial José Vieira de Mendonça.

A estrutura desta dissertação é composta por cinco capítulos, a saber:

- Capítulo 1: apresenta a contextualização do tema, assim como a justificativa da sua escolha, os objetivos deste trabalho, os aspectos metodológicos e a estrutura da dissertação.
- Capítulo 2: contém a revisão bibliográfica acerca dos distritos industriais e suas características, origens e alguns exemplos. Este capítulo apresenta, também, a revisão da literatura acerca do conceito, dos princípios e de algumas ferramentas da Ecologia Industrial, além de algumas experiências de Simbiose Industrial e Parque Industrial Ecológico, finalizando com a possível aplicação da Ecologia Industrial para a minimização de resíduos sólidos em distritos industriais.
- Capítulo 3: apresenta, de forma sumária, a metodologia de VEIGA (2007) e descreve a proposta metodológica desta dissertação para a transformação de distritos industriais em Parques Industriais Ecológicos.
- Capítulo 4: compreende a validação da aplicação da metodologia proposta neste trabalho, para a conversão de um distrito industrial em PIE, através de um estudo de caso realizado no distrito industrial do Município de Vespasiano (MG).

- Capítulo 5: trata-se das conclusões e recomendações acerca da proposta metodológica e sua validação neste estudo, além de sugestões para trabalhos futuros.

2. Distritos Industriais e Ecologia Industrial

Este capítulo destaca, inicialmente, alguns aspectos referentes à Geografia Industrial e aos distritos industriais, ressaltando o conceito de distrito industrial, assim como um breve histórico do seu surgimento, algumas experiências internacionais e alguns distritos industriais no Brasil, além de impactos socioambientais decorrentes da implantação de distritos industriais. Em seguida, são apresentados os princípios da Ecologia Industrial (EI), sua área de abrangência e duas ferramentas utilizadas para sua operacionalização: a Simbiose Industrial (SI) e o Parque Industrial Ecológico (PIE). São destacadas, também, algumas experiências de SI e PIE e o importante papel da EI como instrumento capaz de minimizar o volume de resíduos sólidos industriais descartados no meio ambiente.

2.1 Algumas considerações sobre Distritos industriais e Geografia Industrial

2.1.1 O conceito de Distrito Industrial

De acordo com MAGRINI e MASSON (2005), o processo de industrialização e o desenvolvimento econômico de um país estão associados às dinâmicas de inserção das atividades industriais no território. As implicações da localização industrial para o desenvolvimento local são estudadas pela Geografia Industrial, desenvolvida na década de 1950 como uma subdisciplina da geografia humana, na Inglaterra (HAYTER, 1998).

A Geografia Industrial, difundida em vários países e incentivada por políticas regionais que consideram as indústrias importantes atores na geração de emprego e renda, direciona-se ao estudo de espaços industriais, como os sistemas geograficamente concentrados em densas aglomerações. Neste contexto, encontram-se os distritos industriais.

Segundo OLIVEIRA (1976), os distritos industriais surgiram no início do século XX, principalmente a partir de 1930, quando o governo britânico buscava solucionar problemas decorrentes da depressão econômica e do desemprego em determinados locais. Ao obter sucesso com tal iniciativa, os distritos industriais passaram a ser implantados em outros países, como EUA, Canadá, Itália, Alemanha e, atualmente, são encontrados em diversas regiões do mundo.

Para MELO (2005), os distritos industriais têm sido discutidos no âmbito de políticas públicas e investigações científicas, não apenas pela importância que estes apresentam no processo realizado para descentralizar indústrias concentradas em grandes cidades, mas também por estimularem a industrialização de áreas, viabilizando a geração de emprego e renda, adquirindo, desse modo, um papel estratégico no desenvolvimento econômico local.

O termo *distrito industrial* surgiu no final do século XIX e início do século XX, através dos estudos desenvolvidos por Alfred Marshall, a partir de 1890, que criou a ideia do Distrito Industrial Marshalliano ao analisar o contexto da economia industrial britânica da época em que vivia (DAMAS, 2008).

Os distritos marshallianos surgem espontaneamente e consistem em cidades que se desenvolvem em função da produção de determinada mercadoria ou setor. Assim sendo, esses distritos evoluem de modo semelhante a qualquer aglomeração que cresce impulsionada pela atividade fabril.

Entretanto, além do distrito industrial marshalliano, há o conceito de distrito industrial planejado, isto é, os criadores do empreendimento determinam as especificações do mesmo, como a localização, o tamanho da área e das empresas, entre outros. Neste sentido, OLIVEIRA (1976) afirma que o distrito industrial (DI) consiste em uma área industrial onde o planejamento promove a implantação da infraestrutura necessária ao desenvolvimento industrial, sendo, portanto, um elemento de ordenação espacial e social, desenvolvimento industrial e intervenção do estado na organização do espaço.

A autora destaca que a simplicidade do conceito de distrito industrial desencadeou o surgimento de distritos industriais distintos em relação à função, à área, ao tipo e ao tamanho das indústrias. Desse modo, torna-se necessário, primeiramente, definir os objetivos que levam a criação de um distrito industrial.

Como exemplo, OLIVEIRA (1976) menciona a Companhia de Distritos Industriais do Estado de Minas Gerais, que apresenta alguns objetivos para a implantação de distritos industriais, como: estimular a instalação de novos empreendimentos em áreas que possuem tradição industrial e mão de obra qualificada, mas desempregada no momento; promover o desenvolvimento socioeconômico em regiões pobres; e realocar fábricas que operam em áreas já saturadas.

A autora discute, ainda, três parâmetros empregados na classificação de um distrito industrial: função, localização e tipos de facilidades oferecidas.

Quanto à função, um distrito industrial pode ser especializado ou não. Os distritos não especializados são compostos por empreendimentos de diferentes setores, relacionados ao grau de desenvolvimento do país. Entretanto, alguns distritos apresentam aspectos específicos que os caracterizam como distritos de adestramento, de pesquisa ou sócio integrado.

Os distritos industriais de adestramento possuem instalações fabris pré-construídas para empreendimentos de pequeno porte e disponibilizam treinamento de mão de obra e assistência técnica. Assim, a empresa ocupa essa instalação até alcançar condições de construir sua própria instalação, caso contrário, é obrigada a abandonar o distrito.

Os distritos industriais de pesquisa são estabelecidos em áreas próximas aos centros de pesquisa e universidades que se destacam na área tecnológica, permitindo o uso de técnicos qualificados dessas instituições.

Os distritos industriais sócio integrados apresentam uma visão social e não apenas econômica, uma vez que consistem em aglomerados industriais compostos, também, por serviços sociais como saúde, educação, lazer e moradia, disponibilizados aos funcionários das indústrias.

Os distritos industriais especializados são classificados em: monoprodutor, funcional ou auxiliar.

O distrito industrial monoprodutor é composto por empreendimentos que fabricam o mesmo produto, enquanto que o distrito industrial funcional engloba indústrias do mesmo setor, porém cada uma é responsável por realizar uma atividade da cadeia produtiva de um único produto. O distrito industrial auxiliar abriga pequenas indústrias que fornecem os insumos necessários aos empreendimentos de grande porte.

Quanto à área de localização do distrito industrial, esta pode ser uma região metropolitana, cidades médias, municípios pequenos ou até mesmo zonas rurais, onde são denominados distritos agroindustriais, uma vez que buscam integrar produtores agrícolas e indústrias de processamento (OLIVEIRA, 1976). No entanto, alguns fatores direcionam a escolha da área para implantar um DI, como a proximidade ao mercado

consumidor, a tipologia industrial, as condições viárias de transporte, a disponibilidade de água, energia, mão de obra, assim como questões burocráticas e institucionais.

Outra forma de classificar um distrito industrial consiste em analisar as facilidades oferecidas no local, ou seja, serviços básicos e necessários ao funcionamento adequado de qualquer processo industrial, como infraestrutura de água, energia, gás, transporte, entre outros. OLIVEIRA (1976) enfatiza, ainda, que alguns distritos industriais oferecem outros tipos de serviços, conforme o nível de desenvolvimento dos países. Neste caso, os países de industrialização antiga (países desenvolvidos) disponibilizam bibliotecas e salas de conferência no DI, enquanto os países de industrialização recente (países subdesenvolvidos) oferecem centros de treinamento de mão de obra e laboratórios destinados à realização de testes de controle de qualidade.

Diante do exposto acima, pode-se dizer que o distrito industrial consiste, portanto, em um mecanismo da materialização do processo de industrialização e das relações industriais. Entretanto, é importante salientar que as questões abordadas relacionam-se não apenas aos objetivos de cada distrito industrial, mas também aos recursos e às políticas de industrialização regionais e nacionais.

Vale salientar, ainda, que os sistemas produtivos têm sido estudados nos últimos anos e apontam novas concepções de localização industrial, especialmente nas principais regiões metropolitanas dos países desenvolvidos, frequentemente direcionadas para um processo de desindustrialização e/ou de reconfiguração produtiva, originando sistemas produtivos dispersos geograficamente (HAYTER, 1998). Tais sistemas configuram redes de empresas interligadas por meio de fluxos de bens, serviços e informação com o intuito de fabricar um determinado produto. Há, ainda, o conceito de cadeias produtivas ou cadeias de valor agregado, ou seja, redes de firmas compostas pelas empresas produtoras e outros agentes como varejistas, atacadistas e organizações financeiras.

Desse modo, no novo paradigma técnico-econômico, baseado nas tecnologias de informação e comunicação, a globalização é acompanhada de um processo crescente de dispersão da produção e fragmentação de economias regionais (MAGRINI e MASSON, 2005). Contudo, os distritos industriais permanecem como arranjos produtivos ainda dominantes, principalmente em países em desenvolvimento. Neste sentido, reforça-se a

necessidade do gerenciamento dos aspectos socioambientais das regiões industrializadas.

2.1.2 Algumas experiências internacionais de distritos industriais

Segundo MAGRINI e MASSON (2005), historicamente, constituíram-se tipologias de distritos industriais que se diferem em termos de estrutura, localização e porte das empresas, além de distritos baseados em uma empresa dominante articulada a uma espécie de produto. Assim sendo, as autoras citam alguns exemplos de distritos industriais no Japão, na Alemanha, na Itália e nos Estados Unidos.

No Japão, existem os distritos industriais de Toyota Town, que produz automóveis, constituído por grandes empresas dominantes e diversas pequenas e médias empresas, e de Nagano e Tsubame, que produzem instrumentos de controle e talheres, respectivamente, caracterizados por indústrias de pequeno e médio porte. Destaca-se, ainda, que a região metropolitana de Tokyo é caracterizada, historicamente, como o centro industrial dominante do país e passou a abrigar, desde a década de 1970, um elevado número de distritos industriais. Entretanto, atualmente, alguns fatores como os altos custos da terra e da mão de obra, associados aos avanços tecnológicos, levam empresas a diversificarem a produção, além de transferirem grandes fábricas para países com maiores economias de escala, dando lugar a processos produtivos voltados para altas tecnologias e bens de consumo.

Na Alemanha, destacam-se os distritos industriais de Baden-Württemberg, que produz ferramentas, e de Solingen, que fabrica talheres. No norte da Itália, há distritos industriais que produzem sapatos e malharia. Todos esses distritos são constituídos por pequenas e médias empresas.

Nos Estados Unidos, há distritos industriais de semicondutores em Silicon Valley e o da indústria aeroespacial em Los Angeles, compostos por indústrias de pequeno, médio e grande porte. Desde a década de 1970, verifica-se um processo de desconcentração industrial com uma queda crescente dos empregos industriais em algumas cidades como New York e Miami. Atualmente, observa-se a constituição de distritos industriais de produção e de serviços (móveis, publicidade, diversão, entre outros) em regiões metropolitanas como a de Los Angeles.

MAGRINI e MASSON (2005) ainda ressaltam a disseminação, nos Estados Unidos e em outros países, dos “Parques Tecnológicos”, compostos por centros de pesquisa, tecnologia de ponta e incubadoras de empresas.

2.1.3 Algumas experiências de distritos industriais no Brasil

Segundo DAMAS (2008), os primeiros distritos industriais brasileiros surgiram através de iniciativas isoladas ao nível regional, como, por exemplo, o distrito industrial Coronel Juventino Dias, localizado no município de Contagem, em Minas Gerais. Esse distrito foi implantado na década de 1940 devido à necessidade de promover o desenvolvimento industrial da região após a transferência da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) para o município de Volta Redonda, no Estado do Rio de Janeiro.

Desse modo, o Estado de Minas Gerais foi o pioneiro na implementação de distritos industriais, recebendo também o apoio do governo federal devido à situação das cidades mineiras, até então carentes de um parque industrial, energia elétrica e infraestrutura industrial adequada.

Para OLIVEIRA (1976), a construção do distrito industrial em Contagem trouxe alguns serviços essenciais às atividades fabris, como rede de água, sistema de esgoto, vias de acesso e rede telefônica. A escassez de energia elétrica foi solucionada por meio da construção da Usina Hidrelétrica de Gafanhoto, que impulsionou, posteriormente, a construção das usinas hidrelétricas de Furnas, Três Marias e Santo Antônio. A autora destaca, também, que o DI Coronel Juventino Dias tinha a finalidade de evitar, no município de Belo Horizonte, a ocorrência dos problemas causados devido ao crescimento rápido da população de modo semelhante ao que aconteceu nas cidades do Rio de Janeiro e São Paulo, uma vez que o município de Contagem está localizado a cerca de oito quilômetros da capital mineira.

Apesar da falta de coordenação político-administrativa entre as cidades de Belo Horizonte e Contagem, que permitiu a ocupação desordenada de algumas áreas sem a instalação de alguns serviços, como as redes de água e esgoto, a iniciativa mineira conseguiu estimular o desenvolvimento industrial, influenciando outras unidades federativas a criarem empresas e órgãos específicos para a implantação e administração de distritos industriais em seus territórios, assim como o governo de Minas Gerais, que fundou a Companhia de Distritos Industriais de Minas Gerais (CDI-MG).

Até o início da década de 1970, as iniciativas de implantação de distritos industriais eram estaduais ou municipais, assim, não havia uma política regional ou nacional para esse fim. Dessa forma, OLIVEIRA (1976) divide a experiência de criação de distritos industriais em fases, sendo que a primeira refere-se ao período compreendido entre a criação do distrito industrial em Contagem até a primeira metade da década de 70. Nessa fase, a política de implantação de distritos industriais buscava: realocar e reorientar a expansão das indústrias no município do Rio de Janeiro; evitar que os problemas da capital fluminense ocorressem em outras cidades, como Belo Horizonte, Recife e Curitiba; e estimular o desenvolvimento socioeconômico das áreas atrasadas. O sucesso dessa fase estaria vinculado à integração de aspectos econômicos e urbanos.

A segunda fase dessa política teve início em 1974, no governo do General Ernesto Geisel, quando foi divulgado o II Plano Nacional de Desenvolvimento (PND), no qual o governo federal definiu algumas diretrizes relacionadas à grande concentração de indústrias no Brasil, pois as três regiões metropolitanas juntas – São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte – produziam, no início da década de 70, mais de 60% da produção nacional e 95% da produção da região Sudeste, fazendo desta área a mais industrializada do país.

Para DAMAS (2008), a industrialização nacional foi acompanhada pelo processo de urbanização concentrada, devido à chegada de milhares de trabalhadores de todas as regiões brasileiras no Sudeste, em busca de uma melhor qualidade de vida. No entanto, a concentração da população e das atividades econômicas em áreas específicas do país, como Rio de Janeiro e São Paulo, ocasionou diversos problemas tanto de natureza econômica, como os congestionamentos e o esgotamento das plantas industriais, quanto de natureza social, como os problemas de saúde causados pelos elevados índices de poluição, o desemprego, o crescimento da violência e a piora das condições de vida das pessoas.

Dessa forma, a metrópole deixou de ser vista como um local de boa qualidade de vida e desenvolvimento econômico, passando a ser caracterizada pela pobreza e pela desigualdade social. O governo buscou, então, medidas para promover a desconcentração da indústria brasileira, principalmente na região metropolitana paulista, apesar de o II PND visar, também, a continuidade do processo de industrialização no

país, uma vez que estimulava a maior participação do setor de bens de produção para substituir importações e aumentar as taxas de crescimento econômico.

O II PND previa, também, a exploração de jazidas minerais, a construção de novas hidrelétricas, a expansão da atividade agropecuária nas regiões Norte e Centro-Oeste, além de uma política de zoneamento industrial com o intuito de solucionar os problemas causados pela concentração industrial, regularizando a ocupação das fábricas e ordenando que aquelas mais poluentes fossem deslocadas para áreas distantes dos núcleos urbanos.

Segundo CIPOLLETA (2007), o II PND forneceu as diretrizes básicas para a formulação, em 1979, do Plano Nacional de Desenvolvimento Urbano (PNDU), cujos objetivos principais consistiam na melhoria da qualidade de vida urbana e na distribuição espacial adequada da população e das atividades produtivas, deixando clara a relação entre a localização industrial e o crescimento equilibrado dos municípios brasileiros.

Para MANNARINO (1983), o II PND e outras medidas criadas na época, como o Decreto-Lei 1.413 de 1975, referente ao controle da poluição provocada pelas atividades fabris, impulsionaram a desconcentração industrial e tornaram o distrito industrial um instrumento importante dessa política.

Em 1976, o Projeto de Lei nº 3.048 elaborado pelo deputado Nelson Marchezan (Arena, RS) estabeleceu as diretrizes para a desconcentração industrial através da implantação de distritos industriais, instalados a cargo dos Estados por meio das Companhias de Distritos Industriais.

Na segunda metade da década de 1970, MANNARINO (1983) ressalta que a concentração das estruturas produtivas nacionais e dos espaços metropolitanos ganhou importância devido aos problemas gerados, citados anteriormente. Neste sentido, a implantação de distritos industriais configurou-se como uma estratégia de âmbito nacional, resultado dos incentivos dos governos federal, estadual e municipal, através das companhias constituídas para gerenciar tais distritos industriais.

Assim, após a experiência mineira da implantação do distrito industrial em Contagem, surgiram 44 distritos industriais espalhados em 14 estados da federação, concentrados em Minas Gerais, Rio de Janeiro, Bahia, Santa Catarina, Pernambuco e São Paulo (DAMAS, 2008). Vale destacar os Estados do Rio de Janeiro e de São Paulo,

que regulamentaram o zoneamento industrial das respectivas regiões metropolitanas no final da década de 1970 e início da década de 1980.

Segundo DAMAS (2008), o início da criação das zonas industriais cariocas remonta à década de 1960, quando o governo do Estado do Rio de Janeiro resolveu investir na zona oeste da cidade e implantar as zonas industriais de Jacarepaguá e Santa Cruz, com o intuito de buscar novas áreas para instalações industriais e evitar a transferência de indústrias para fora do Estado. Assim, criou-se a Companhia Progresso Industrial da Guanabara (COPEG), em 1961, para fomentar o desenvolvimento industrial do antigo estado da Guanabara.

Para induzir o crescimento e a localização das unidades fabris no Rio de Janeiro, a COPEG decidiu criar distritos industriais e iniciar a política de implantação dos mesmos na cidade. Em 1967, realizou-se um estudo para a implantação do distrito industrial de Santa Cruz, que só começou a funcionar em 1973. Na década de 1970, a COPEG administrava o distrito industrial Fazenda Botafogo, implantado na Zona Norte, e foram criados os distritos industriais de Palmares, Paciência e Campo Grande, na Zona Oeste do Rio de Janeiro,

Em 1975, quando ocorreu a fusão do Estado da Guanabara e do antigo Estado do Rio de Janeiro, a Companhia de Distritos Industriais (CODIN) passou a administrar os distritos industriais já existentes e estudar a implantação de novos distritos. Ainda nesse período, a poluição ambiental reafirmou ações visando o estabelecimento do zoneamento industrial (DAMAS, 2008).

O zoneamento industrial da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ) foi estabelecido em 1976 e regulamentado através da instituição da Lei Estadual Nº 466, de 21 de outubro de 1981. O objetivo dessa lei era regular a localização das atividades industriais na RMRJ, instituindo e delimitando zonas de uso industrial, classificadas em três categorias – Zona de Uso Estritamente Industrial (ZEI), Zona de Uso Predominantemente Industrial (ZUPI) e Zona de Uso Diversificado (ZUD) – detalhadas na próxima seção deste capítulo. (ALERJ, 2015).

O Estado de São Paulo regulamentou o zoneamento industrial da Região Metropolitana da Grande São Paulo através da instituição da Lei Estadual Nº 1.817, de 27 de outubro de 1978, que estabelece os objetivos e as diretrizes para o desenvolvimento industrial metropolitano e disciplina o zoneamento industrial, a

localização, a classificação e o licenciamento de estabelecimentos industriais na Região Metropolitana da Grande São Paulo (CETESB, 2015).

De acordo com DENIZO (1989), a Lei Nº 1.817/78 também considerou as diretrizes de crescimento urbano estabelecidas no I Plano Metropolitano de Desenvolvimento Integrado de São Paulo (1970), o qual buscava: estimular a descentralização industrial para fora da Grande São Paulo; observar os vetores preferenciais de expansão urbana, conforme as características físicas da região e a infraestrutura de transporte; incentivar a concentração de áreas existentes de uso predominantemente industrial, com o intuito de ordenar o tecido urbano e aumentar a eficiência operacional; e restringir a instalação de indústrias poluidoras nos núcleos urbanos. O Artigo 1º da referida lei coloca, ainda, que o zoneamento industrial não caracteriza um obstáculo ao desenvolvimento da metrópole, mas consiste em um instrumento que tem por finalidade disciplinar esse desenvolvimento e impedir que se acentuem os seus efeitos negativos, como a poluição.

2.1.4 Os Distritos Industriais e seus impactos socioambientais

Para ALMEIDA *et al.* (2014), o setor econômico é movido pela atividade industrial, considerada a responsável pela geração de emprego e renda, pelo estímulo ao desenvolvimento tecnológico, social e econômico do espaço onde está localizada, inclusive nos municípios de pequeno porte. Assim sendo, a instalação de um distrito industrial na cidade significa um atrativo à instalação de indústrias.

Apesar da implantação de distritos industriais consistir, para muitos gestores, em uma estratégia de desenvolvimento econômico local, à medida que busca intensificar a produtividade de segmentos que impulsionam a economia de uma região e até mesmo do país, esses núcleos industriais são responsáveis por inúmeros impactos ocasionados, principalmente, à sociedade e aos sistemas naturais nos quais estão inseridos.

Nesse contexto, os autores enfatizam que *“os distritos industriais constituem uma estratégia de desenvolvimento que utiliza diretamente os recursos ambientais, tendo como objetivo estruturar o sistema produtivo local, aumentar o número de empregos e melhorar a qualidade de vida da população. Em vista disso, gera-se uma cadeia de impactos que afeta não só o meio natural, mas também o meio social, cultural e econômico.”*

Os impactos ocasionados por empreendimentos instalados em distritos industriais podem ser de natureza positiva ou negativa, envolvendo o meio físico, o meio biótico e o meio antrópico. Impactos positivos, como a criação de emprego e renda, o fortalecimento da economia, entre outros, são importantes, mas, devido ao contexto no qual se insere este estudo, são mencionados a seguir alguns impactos socioambientais negativos resultantes da operação de distritos industriais, com o intuito de enfatizar a necessidade do planejamento e do funcionamento adequado desses distritos, minimizando tais impactos.

No estudo realizado por ALMEIDA, *et al.* (2014), foram identificados os impactos ambientais resultantes da futura implantação de um distrito industrial no Município de Pombal, localizado no Estado da Paraíba. Neste sentido, foram descritas as principais ações de projeto a serem desenvolvidas no distrito, além do diagnóstico ambiental simplificado da área projetada.

Considerando o contexto deste trabalho, vale a pena salientar que, entre um total de 62 impactos socioambientais identificados no Distrito Industrial de Pombal, 38,7% decorrem da fase de operação do DI, a saber: alterações microclimáticas, mudanças na qualidade do ar, poluição sonora, acidentes de trabalho, aumento de incertezas da população local, risco de poluição dos corpos hídricos, afugentamento da fauna, possível contaminação do solo, alteração na qualidade da água superficial, geração de resíduos sólidos, alteração da paisagem urbana, pressão sobre a oferta de serviços públicos e infraestrutura, sobrecarga nas vias de acesso, aumento dos riscos sociais, incrementos nos preços de aluguéis e imóveis.

Um estudo realizado por NUNES (2012) destaca a existência de um conflito socioambiental devido à poluição industrial na Bacia do Rio Gramame, onde está situada a comunidade de Mumbaba de Baixo, na região sudoeste do Município de João Pessoa, no Estado da Paraíba. A situação de poluição na Bacia do Rio Gramame teve início com a operação do distrito industrial de João Pessoa, na década de 1960, no qual 83 fábricas estavam em funcionamento.

Segundo NUNES (2012), o distrito industrial de João Pessoa abriga indústrias tradicionais, como as de construção civil, metalúrgicas, têxteis, minerais não metálicos, produtos alimentícios, entre outros. Além disso, a área do distrito industrial é cortada pelo Riacho Mussuré, o qual funciona como um depósito de efluentes líquidos e

resíduos sólidos lançados pelos empreendimentos do DI nas redes de drenagem que, por sua vez, chegam aos cursos d'água da bacia. Grande parte dos dejetos descartados no riacho é composta por elementos químicos, como metais pesados, que não apenas degrada o ecossistema local, como também leva doenças à população ribeirinha. A conduta inadequada das indústrias tornou-se a origem do conflito existente na região a partir de 1984, através de denúncias públicas sobre o agravamento da poluição da bacia hidrográfica do Rio Gramame, principal reserva de abastecimento de água de João Pessoa.

LOPES *et al.* (2003) realizaram uma pesquisa de campo no Distrito Industrial do Município de São José dos Pinhais, situado na Região Metropolitana de Curitiba, no Estado do Paraná. A escolha por esse distrito industrial deu-se pelo fato de o mesmo abrigar o Complexo Industrial Automotivo Ayrton Senna, composto por diversas indústrias entre elas a Renault, Audi, Volvo e Scania, montadoras que promovem o crescimento econômico da região, mas trazem junto impactos ambientais, uma vez que caracterizam processos produtivos potencialmente poluidores.

Para a realização da pesquisa, os autores utilizaram documentos dos processos de licenciamento ambiental dos empreendimentos, como o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o seu respectivo relatório, o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), para a análise de possíveis impactos ambientais no local, assim como entrevistas com moradores do município após a implantação do distrito industrial.

Assim, a análise dos resultados permitiu identificar a ocorrência de alguns impactos ambientais no entorno do DI, como: a redução da área de preservação ambiental; a poluição dos rios Pequeno e Itaqui, causando transtornos aos moradores da região, bem como às nascentes, aos rios e córregos; a poluição dos aquíferos subterrâneos devido à contaminação do lençol freático com resíduos sólidos, líquidos e gasosos, gerados pelas fábricas do DI; e os alagamentos de algumas áreas.

Um estudo realizado pela AGB (2011) sobre os possíveis impactos socioambientais decorrentes da operação do Complexo Industrial Portuário do Açú, prevista para ser a maior obra portuária das Américas, destaca os impactos resultantes da operação do distrito industrial implantado no Município de São João da Barra, no Estado do Rio de Janeiro. Os impactos previstos na operação do distrito industrial envolvem emissões atmosféricas (poeira e gases) resultantes da atividade industrial no

DI, assim como impactos sobre o modo de vida e economia local como o rompimento de relações de vizinhança e comunitária existentes, a desestruturação de relações simbólicas da população com o lugar, a desestabilização da estrutura agrária local pela mudança dos padrões de apropriação da terra, a interrupção de práticas locais de produção e de subsistência. O autor ressalta que nas áreas marítimas os impactos incluirão a retirada de material do fundo marinho para a realização de aterros, além do despejo de efluentes por meio de um emissário submarino.

Por meio dos exemplos citados, observa-se a diversidade de impactos à sociedade, à economia e ao meio ambiente das regiões onde operam os distritos industriais. Neste sentido, torna-se essencial buscar ferramentas capazes de evitar ou minimizar impactos ambientais em áreas industrializadas como, por exemplo, a aplicação da Ecologia Industrial.

Vale ressaltar, no contexto da implantação de áreas industriais no Brasil e possíveis impactos ambientais, a instituição da Lei Nº 6.803, de 02 de julho de 1980, que dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição (BRASIL, 1980). Para MACHADO (2014), a referida lei representa a primeira vez que o Congresso Nacional foi chamado a formular seus pontos de vista e votar em problema ambiental, dando origem à primeira lei importante em matéria ambiental.

A Lei Nº 6.803 estabelece, em seu art. 1º, que, nas áreas críticas de poluição, “*as zonas destinadas à instalação de indústrias serão definidas em esquema de zoneamento urbano, aprovado por lei, que compatibilize as atividades industriais com a proteção ambiental*”.

Neste sentido, o Zoneamento Industrial (ZI) divide-se em três categorias:

- Zoneamento Estritamente Industrial (ZEI), composto por áreas destinadas preferencialmente à localização de estabelecimentos industriais cujos resíduos sólidos, líquidos e gasosos, ruídos, vibrações, emanações e radiações possam causar perigo à saúde, ao bem-estar e à segurança das populações, mesmo depois da aplicação de métodos adequados de controle e tratamento de efluentes, nos termos da legislação vigente.
- Zoneamento de Uso Predominantemente Industrial (ZUPI), composto por áreas destinadas preferencialmente à instalação de indústrias cujos processos, submetidos a métodos adequados de controle e tratamento de efluentes, não

causam incômodos sensíveis às demais atividades urbanas e nem perturbam o repouso noturno das populações.

- Zoneamento de Uso Diversificado (ZUD), onde as atividades industriais não necessitam do uso de métodos especiais de controle da poluição, pois os processos produtivos complementam as atividades do meio urbano ou rural que se situam, e com elas se compatibilizam, não ocasionando inconvenientes à saúde, ao bem-estar e à segurança das populações vizinhas.

No entanto, a Lei Nº 6.803 ainda determina que, independente da sua categoria, as zonas de uso industrial devem ser classificadas em saturadas, não saturadas ou em vias de saturação, sendo o grau de saturação aferido e fixado conforme a área disponível para uso industrial da infraestrutura e os padrões e normas ambientais fixadas pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) e pelo Estado e Município, no limite das respectivas competências.

No art. 10º, fica determinado que caberá aos Governos Estaduais: aprovar a delimitação, a classificação e a implantação de zonas de uso estritamente industrial e predominantemente industrial; definir, com base nesta Lei e nas normas baixadas pelo IBAMA, os tipos de estabelecimentos industriais que poderão ser implantados em cada uma das categorias de zonas industriais; instalar e manter nas zonas serviços permanentes de segurança e prevenção de acidentes danosos ao meio ambiente; fiscalizar, nas zonas de uso estritamente industrial e predominantemente industrial, o cumprimento dos padrões e normas de proteção ambiental; e administrar as zonas industriais de sua responsabilidade direta ou quando esta responsabilidade decorrer de convênios com a União.

Destaca-se, ainda, que a Lei de Zoneamento Industrial acolheu parcialmente o Estudo de Impacto no art. 10º ao estabelecer que caberá exclusivamente à União, ouvidos os Governos Estadual e Municipal interessados, aprovar a delimitação e autorizar a implantação de zonas de uso estritamente industrial que se destinem à localização de pólos petroquímicos, cloroquímicos, carboquímicos, instalações nucleares e outras definidas em lei, exigindo-se, além dos estudos normalmente requeridos para o estabelecimento do zoneamento urbano, estudos especiais de alternativas e de avaliação de impacto, que permitam estabelecer a confiabilidade da solução a ser adotada.

2.2 A Ecologia Industrial

2.2.1 Princípios e ferramentas da Ecologia Industrial

Em 1866, o biólogo alemão Ernest Haeckel definiu o termo Ecologia para nomear uma disciplina científica cujo objetivo era estudar as relações de um organismo com seu ambiente orgânico e inorgânico (MARCONDES, 1998). Entretanto, o pensamento ecológico evoluiu e transformou-se desde aquela época e, hoje, o conceito de Ecologia abrange não apenas aspectos biológicos, mas também fatores políticos e sociais (LAGO e PÁDUA, 1984).

Segundo ERKMAN (1997), o conceito de Ecologia Industrial tem seus estágios iniciais de desenvolvimento em meados da década de 1970, no contexto da agitação da atividade intelectual que marcou os primeiros anos do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), criado na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, em 1972, em Estocolmo.

A Ecologia Industrial explora a hipótese de que o sistema industrial pode ser visto como um ecossistema, uma vez que o sistema industrial, tal como os ecossistemas naturais, pode ser descrito como uma determinada distribuição de materiais, de energia e fluxos de informação. Além disso, todo o sistema industrial baseia-se em recursos e serviços prestados pela biosfera, da qual não pode ser dissociado (ERKMAN, 1997).

Em 1989, surgiu o conceito de “metabolismo industrial”, desenvolvido por Robert U. Ayres. O metabolismo industrial abrange os fluxos de materiais e de energia que atravessam o sistema industrial, através de uma abordagem analítica e descritiva, buscando compreender a circulação de materiais e de energia, desde a sua extração do meio ambiente até a sua reintegração aos ciclos biogeoquímicos (ERKMAN, 1997).

O conceito de EI tornou-se mundialmente conhecido no início dos anos 1990, devido à publicação do artigo de Robert Frosch e Nicholas Gallopoulos, na revista *Scientific American*, intitulado “*Strategies for Manufacturing*”, em 1989. Os autores desenvolveram o conceito de “ecossistema industrial”, isto é, um conjunto de indústrias localizadas em uma mesma região que substituem os processos isolados, típicos do modelo tradicional de atividade industrial, por sistemas integrados, otimizando o consumo de matéria e de energia, minimizando os resíduos dispostos, pois os resíduos de um processo produtivo podem ser utilizados como matéria prima em outro processo (GIANNETTI e ALMEIDA, 2006).

Para ERKMAN (2001), o conceito de Ecologia Industrial diverge da ideia de metabolismo industrial, uma vez que este analisa apenas o funcionamento dos sistemas industriais, enquanto que a EI propõe a reestruturação do ecossistema industrial, compatível com os ecossistemas naturais, considerando a ótica da sustentabilidade.

Neste sentido, a EI busca analisar, através da aplicação dos balanços de materiais, como um ecossistema industrial pode se “fechar”. Nesse contexto, um dos princípios básicos da EI consiste no uso eficiente dos recursos materiais, a fim de otimizar o ciclo total de materiais, onde os resíduos gerados em um processo podem ser utilizados como insumos em outro processo, eliminando o conceito de resíduo (FRAGOMENI, 2005). A sociedade econômica atual deve buscar a sustentabilidade ao promover ações sinérgicas entre as indústrias e ao aprimorar a eficiência do uso dos recursos naturais por cada atividade industrial.

Segundo COSTA (2002), na Ecologia Industrial, as unidades de produção (indústrias e processos) são sistemas integrados, onde as conexões entre as atividades produtivas constituem uma rede que busca minimizar a quantidade total de rejeitos que deverá ser disposta no meio ambiente.

Para VEIGA (2007), os fundamentos da EI são:

- Integração entre a indústria e o ecossistema industrial, por meio de mecanismos de reuso e reciclagem de materiais, redução do consumo de energia, de água e de matéria prima, além da minimização dos resíduos provenientes da atividade industrial;
- Reengenharia da produção, através da substituição de tecnologias tradicionais por novas tecnologias;
- Fazer mais com menos, ou seja, promover a desmaterialização;
- Planejamento dos sistemas industriais considerando as necessidades econômicas e sociais da comunidade, como novas oportunidades de emprego, melhores condições de trabalho e redução dos impactos decorrentes da atividade industrial no meio-ambiente.

A implantação da cultura da EI resulta em benefícios ambientais e econômicos (VEIGA, 2007). Para o meio ambiente, alguns benefícios são: redução do consumo de recursos naturais (matéria prima, energia, água); redução da poluição (ar, água, solo); aumento da eficiência energética; redução do volume de resíduos (contaminação do

solo, rios, aquíferos e população); e a precificação dos resíduos, que passam a ter uso e valor de mercado.

Na esfera econômica, algumas vantagens obtidas são a redução dos gastos com matéria-prima e energia, gerenciamento de resíduos e cumprimento da legislação ambiental, além de melhorar a imagem da indústria no mercado (VEIGA, 2007).

Os fundamentos da Ecologia Industrial, se implantados corretamente nas empresas, podem contribuir para mudanças significativas nos processos industriais. Os problemas de poluição e escassez de recursos não terminarão de modo definitivo, mas tais fundamentos são essenciais para uma nova organização das atividades produtivas no contexto de uma perspectiva sustentável (COSTA, 2002).

De modo geral, VEIGA (2007) afirma que o maior benefício é caminhar rumo ao desenvolvimento sustentável ao alcançar padrões sustentáveis de produção e consumo e diminuir os impactos ambientais resultantes da atividade industrial, tornando o sistema industrial compatível com as noções de sustentabilidade.

No entanto, embora a aplicação dos princípios da EI proporcione vantagens, é necessário ressaltar os obstáculos e os riscos encontrados. De acordo com (VEIGA, 2007), alguns autores destacam situações ocasionadas pela implantação da EI, como:

- Dificuldades para desenvolver novas tecnologias: as indústrias não têm incentivos para investir em novas tecnologias de minimização de resíduos e permanecem utilizando tecnologias que poluem o meio ambiente, devido às vantagens econômicas obtidas através do intercâmbio de resíduos.
- Dependência permanente por materiais perigosos: as indústrias não serão incentivadas a substituir as substâncias responsáveis pela geração dos resíduos por substâncias não tóxicas, devido às vantagens financeiras obtidas por meio da permuta e/ou comercialização de resíduos perigosos ou não.
- Criação de dependência entre as indústrias: quanto maior o grau de cooperação e parceria desenvolvidas, maior a interdependência e conseqüentemente, maiores os riscos advindos desta dependência. As indústrias que usam ou fornecem resíduos podem perder o fornecedor ou o mercado caso alguma planta venha a fechar, devendo buscar no mercado nova fonte de obtenção de matéria prima.
- Custo e prazo maiores necessários à implantação do empreendimento – conforme a natureza deste – e, conseqüentemente maior período para obter o

retorno do investimento (*pay back period*): planejamento, urbanização do terreno, instalação da infraestrutura, processo construtivo, arquitetura das unidades industriais e operacionalização.

Segundo CHERTOW (2000) *apud* TANIMOTO (2004), a EI possibilita o desenvolvimento de programas em diferentes níveis de atuação: interno, entre empresas, com abrangência local, regional e global, como pode ser observado na Figura 1.

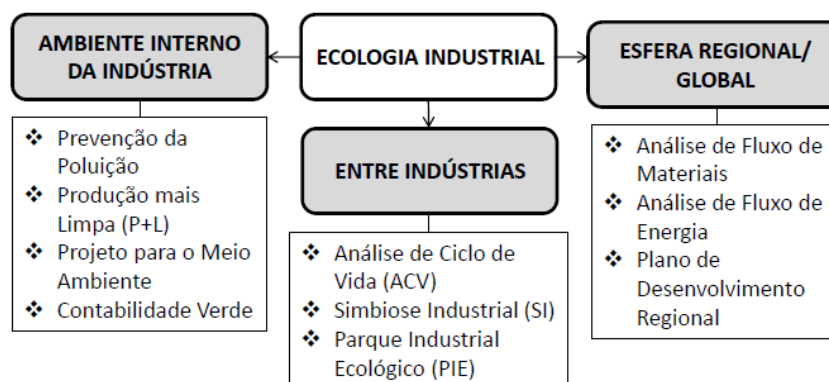


Figura 1: Áreas de abrangência da Ecologia Industrial

Fonte: Adaptado de Chertow (2000) e Lowe (2001) *apud* Tanimoto (2004)

Dado o escopo desta dissertação, são descritas, a seguir, duas ferramentas da Ecologia Industrial – a Simbiose Industrial (SI) e o Parque Industrial Ecológico (PIE) – que, segundo CÔTÉ e HALL (1995), buscam inserir os princípios da EI no sistema produtivo.

Para STARLANDER (2003), o conceito de Simbiose Industrial é baseado em uma analogia biológica. O termo "simbiose" refere-se às relações biológicas entre espécies da natureza que atuam de modo independente e passam a permutar materiais, energia ou informação de uma forma mutuamente benéfica, aproveitando as vantagens resultantes dessas sinergias.

CHERTOW (2000) apresenta a seguinte definição para o conceito de SI:

“Simbiose industrial, como parte do campo emergente da ecologia industrial, demanda atenção para o fluxo de materiais e energia através de economias locais e regionais. Simbiose industrial engaja indústrias tradicionalmente separadas em uma abordagem coletiva para vantagens competitivas envolvendo troca física de materiais, energia, água, e/ ou subprodutos. As

chaves para a simbiose industrial são a colaboração e as possibilidades sinérgicas oferecidas pela proximidade geográfica.”.

Segundo LAMBERT e BOONS (2002), sob o ponto vista técnico, três aspectos associados aos fluxos físicos dentro de um complexo industrial devem ser analisados: definição coletiva dos benefícios a serem obtidos, processamento coletivo de fluxos de resíduos e o intercâmbio de materiais e de energia. Além destes, podem ser verificadas duas opções de SI relacionadas com o intercâmbio externo de resíduos, através do uso de produtos residuais de indústrias externas ao complexo industrial, assim como o envio de resíduos a essas indústrias. Esses aspectos podem ser visualizados na Figura 2.

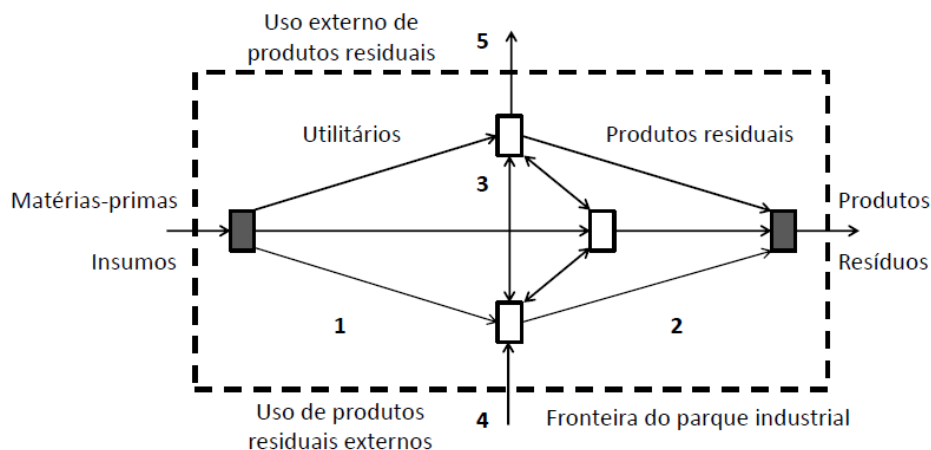


Figura 2: Simbiose Industrial
Fonte: Adaptado de Lambert e Boons (2002)

As duas dimensões principais da SI são benefícios econômicos para os atores envolvidos e uma melhoria do seu desempenho ambiental global. Como uma tentativa de atingir os objetivos operacionais da EI em um nível local ou regional, o objetivo final da SI pode ser considerada a constituição de uma comunidade local sustentável. Assim, embora seja associada à cooperação entre as indústrias, a SI pode e deve envolver, também, a comunidade local, por exemplo, através da integração dos municípios nas trocas simbióticas (STARLANDER, 2003).

Para VEIGA (2007), a SI vem sendo adotada em diversos países como um instrumento de gestão ambiental para promover o desenvolvimento sustentável, que tem por objetivo integrar a atividade econômica ao meio-ambiente e ao bem estar da comunidade, uma vez que busca, por meio do intercâmbio de matéria-prima, de

resíduos, de água e de energia, diminuir os danos causados ao meio-ambiente e à comunidade, resultantes dos processos industriais, além de reduzir os custos operacionais das indústrias envolvidas.

O conceito de Parque Industrial Ecológico (PIE) foi introduzido em 1992 e utilizado oficialmente em 1993, pela primeira vez, em nível internacional, por uma equipe de especialistas denominada Indigo Development, da Universidade de Dalhousie, no Canadá, e da Universidade de Cornell, nos EUA. O conceito passou a ser difundido a partir de uma parceria estabelecida com a *US Environmental Protection Agency* (USEPA), agência de controle ambiental americana, e com o *Research Triangle Institute* (LOWE, 2001). Segundo o INDIGO DEVELOPMENT (2005), um Parque Industrial Ecológico pode ser definido como:

“(...) uma comunidade de indústrias e serviços localizados em uma propriedade comum. Seus membros buscam melhorar o desempenho ambiental, econômico e social através da colaboração no gerenciamento ambiental e de recursos naturais. Ao trabalhar em conjunto, a comunidade de indústrias busca um benefício coletivo, que é maior do que a soma dos benefícios individuais que cada empresa iria obter caso otimizasse apenas o seu próprio desempenho.

O objetivo de uma PIE é melhorar o desempenho econômico das empresas participantes, minimizando seus impactos ambientais. Componentes dessa abordagem incluem design verde da infra-estrutura do parque e das instalações (novas ou adaptadas); produção mais limpa, prevenção da poluição; eficiência energética; e parceria entre as empresas.”.

Neste sentido, o PIE consiste em uma comunidade de indústrias que opera como um ecossistema industrial, buscando o fechamento do ciclo de materiais, a otimização do uso da água e da energia, a cooperação entre as indústrias e o desenvolvimento de parcerias entre elas e a comunidade, viabilizando ganhos de produtividade, o aumento de lucros devido à redução de gastos com transporte, aquisição de matéria prima substituída por resíduos e sua disposição, assim como a diminuição dos impactos ao meio ambiente e à saúde da comunidade, visto que a quantidade de resíduos dispostos no ambiente é reduzida (FRAGOMENI, 2005).

De acordo com MAGRINI e VEIGA (2012), um PIE consiste em um instrumento de gestão ambiental que procura atingir o desenvolvimento sustentável ao integrar em uma única ferramenta seus três pilares: econômico, social e ambiental.

Para VEIGA (2007), o foco central do PIE está na gestão ambiental cooperativa entre as indústrias, os gestores, a comunidade e demais atores envolvidos, e não apenas no intercâmbio de resíduos, característica essencial da Simbiose Industrial. Por esses motivos, a autora considera o conceito de PIE mais abrangente do que o conceito de SI.

A utilização de resíduos de uma indústria como matéria prima por outra indústria, a adoção de práticas que viabilizem maior eficiência energética dos recursos, o reuso de água e os serviços comuns compartilhados, o uso de tecnologias mais limpas, além da integração entre as indústrias e destas com a comunidade e com o setor público são alguns elementos de um PIE, cuja estrutura não é rígida, pois é influenciada por aspectos sociais, econômicos e culturais específicos de cada região (VEIGA, 2007). A autora, por sua vez, destaca o grau de cooperação e parceria com o setor público, definido pelas agências governamentais, com o setor privado, que engloba as empresas, indústrias e tomadores de decisão, e com a comunidade, como um fator de extrema relevância para o desenvolvimento de um PIE.

O aumento no desempenho econômico e ambiental da indústria resulta em maior vantagem competitiva e maior retorno financeiro, motivações que levam as indústrias a integrarem um PIE, conforme afirmam os autores CÔTÉ e ROSENTHAL (1998), segundo os quais *“o sucesso de um parque eco-industrial não será simplesmente uma função do seu desempenho ambiental, mas a sua capacidade de competir no mercado”*.

O PIE demonstra, em um mundo real, a aplicação dos princípios do desenvolvimento sustentável. Abordagens inovadoras sobre eficiência energética, recuperação de recursos, desmontagem de produtos e outras tecnologias de gestão ambiental podem ser criadas. Desse modo, cada PIE caracteriza um modelo de trabalho para futuros eco-parques e outros meios de funcionamento das indústrias mais favoráveis ao meio ambiente (VEIGA, 2007).

No campo social, o PIE fornece aos governos um laboratório para a criação de políticas mais eficazes para o trato das questões ambientais e menos onerosos às indústrias. As comunidades beneficiam-se com a criação de empregos em plantas

industriais mais limpas e os eco parques tornam-se fontes de desenvolvimento econômico e social (VEIGA, 2007).

Vale salientar que existem diferentes tipologias de PIEs, de acordo com a literatura internacional. LOWE (2001) distingue os *PIEs virtuais* e os *PIEs co-localizados*. No *PIE virtual*, as sinergias podem ocorrer entre indústrias independentes, que operam de forma isolada, entre indústrias localizadas em distritos industriais ou mesmo entre indústrias localizadas em PIEs. Neste sentido, o PIE virtual oferece grande possibilidade de sinergias entre as indústrias, uma vez que a área de abrangência é extensa e há diversos atores envolvidos (STARLANDER, 2003).

O *PIE co-localizado* é caracterizado por indústrias localizadas em “clusters” industriais. Logo, a maior proximidade entre as indústrias facilita o desenvolvimento de sinergias e aumenta as chances de integração e a cooperação entre os atores envolvidos (STARLANDER, 2003). Esse tipo de PIE pode ser desenvolvido em *brownfield*, ou seja, em um distrito industrial abandonado, ou mesmo, em um distrito industrial em funcionamento, onde as indústrias estão em operação e algum tipo de relação já existe entre elas; ou ser planejado em um *greenfield*, área onde não existe qualquer intervenção econômica e, por isso, o PIE é implementado do zero (LOWE, 2001).

Segundo GERTLER (1995) *apud* VEIGA (2007), o PIE implementado em *brownfield* apresenta a vantagem de utilizar uma área já degradada, denominada “área marrom”, utilizando uma infraestrutura pré-existente que pode ser adaptada às necessidades de novas indústrias e facilitar a integração entre estas. Por outro lado, quando o PIE é planejado em um *greenfield*, as indústrias integrantes estão cientes dos princípios a serem seguidos e dispostas a desenvolver parcerias umas com as outras.

2.2.2 Algumas experiências de Simbiose Industrial e Parque Industrial Ecológico

Atualmente, existem iniciativas de SI e PIE em diversos países, como Estados Unidos, Canadá, Reino Unido, Alemanha, Holanda, Suécia, Áustria, Itália, Austrália, França, Japão, Indonésia, Finlândia e Filipinas (TREVISAN, 2013). Porém, esses países exploram a sustentabilidade industrial de formas distintas devido ao contexto econômico, político e ambiental, específico de cada local (TRAMA e MAGRINI, 2015). De acordo com MAGRINI e VEIGA (2012), os projetos de SI e PIE foram

impulsionados após o sucesso da implantação da SI na cidade de Kalundborg, na Dinamarca.

Reconhecido como um dos ecossistemas industriais mais antigos e considerado, também, um exemplo clássico de SI, Kalundborg começou a se desenvolver em 1970 quando cinco indústrias fizeram uma parceria com o governo municipal com o objetivo de reduzir os custos operacionais, atender a legislação ambiental, gerenciar os resíduos industriais e obter melhor aproveitamento de água (MARQUEZ JR, 2014). Em 2000, este PIE contava com seis indústrias centrais: a Termoelétrica de Asnaes, maior usina termoelétrica do país, a base de carvão mineral; a Statoil, uma refinaria de petróleo; a Novo Nordik, fabricante de insulina; a Gyproc, indústria de placas de gesso; o município de Kalundborg, cujo sistema de aquecimento residencial é abastecido com o auxílio da energia proveniente de Asnaes; e a A-S Bioteknisk Jordrens, indústria do setor de bio-remediação do solo (FRAGOMENI, 2005). Atualmente, a simbiose de Kalundborg é composta por oito empresas (públicas e privadas) e há mais de trinta fluxos de recursos entre as indústrias envolvidas (KALUNDBORG SYMBIOSIS, 2016).

O governo da Dinamarca apresenta um importante papel no contexto da SI, uma vez que incentiva e fortalece as sinergias de resíduos entre as indústrias. Um plano de estratégia nacional de resíduos é elaborado a cada quatro anos, especificando ações e instrumentos econômicos para atender as políticas da União Européia. Os municípios também desenvolvem planos de gestão de resíduos para períodos de curto e longo prazo, estabelecendo regulamentos para o tratamento de resíduos e, o produtor de resíduos, responsável pelo gerenciamento dos mesmos, deve cumprir essas regras (COSTA *et al.*, 2010).

Em 2003, o setor privado do Reino Unido, coordenado por Peter Laybourn, criou o Programa Nacional de Simbiose Industrial (sigla em inglês – NISP), devido ao sucesso obtido em projetos-piloto realizados na Escócia. O NISP consiste em um instrumento voluntário que auxilia as indústrias a redirecionar seus resíduos, encontrando parceiros que usem os subprodutos como matéria-prima de outros produtos, obtendo benefícios econômicos e ambientais. Em 2005, o governo britânico tornou-se parceiro do NISP, caracterizando uma parceria público privada, e o programa alcançou o nível nacional (LAYBOURN e MORRISSEY, 2009). Em 2009, cerca de dez mil indústrias integravam a rede, fazendo do NISP uma referência para a União

Européia na questão do gerenciamento de resíduos (COSTA *et al.*, 2010). Hoje, o NISP conta com a participação de quinze mil indústrias de diferentes setores (IS, 2015).

Especificamente no Brasil, verificam-se estudos de SI no Pólo Petroquímico de Camaçari, no Estado da Bahia (TANIMOTO, 2004), e iniciativas promovidas pela Federação das Indústrias do Estado de Alagoas (FIEA), pela Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul (FIERGS) e pela Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG) (TREVISAN, 2013).

Destaca-se, também, que a Comissão Européia financiou o desenvolvimento do Programa Brasileiro de Simbiose Industrial (PBSI), através do Programa *Al-Invest*, empregado para o fortalecimento e a internacionalização das pequenas e médias empresas latino-americanas, o intercâmbio de inovação e conhecimento e a promoção de negócios com empresas europeias.

O PBSI foi apresentado como uma versão do projeto britânico *Nacional Industrial Symbiosis Programme* (NISP), e parcerias foram estabelecidas entre o departamento de comércio exterior, as Federações das Indústrias dos Estados de Minas Gerais, Paraná, Rio Grande do Sul, Goiás e o Distrito Federal. Desse modo, o PBSI buscava conectar empresas com o intuito de proporcionar o compartilhamento de recursos através de uma rede de negócios, operada por profissionais das federações participantes devidamente treinados. Ao facilitar os negócios, principalmente na área de aproveitamento de resíduos industriais, o PBSI criou oportunidades para as indústrias e possibilita benefícios ambientais por meio da redução dos dejetos depositados no meio ambiente e do uso mais eficiente de energia (FIEMG, 2016). O PBSI acabou sendo implantado ao nível de estado e, após dois anos de sua implementação, o programa foi descontinuado.

Além de articular o PBSI, a FIEMG implantou, em 2008, o Programa Mineiro de Simbiose Industrial (PMSI), em parceria com o Centro Mineiro de Referência em Resíduos (CMRR) e a Fundação Estadual de Meio Ambiente (FEAM). Primeiramente, o programa foi implementado na região do Vale do Aço, que abriga indústrias mecânicas e siderúrgicas. Em 2011, o PMSI foi implementado nas regiões Sul e do Triângulo Mineiro, cuja economia é baseada na agroindústria de café, cana, soja e na pecuária (MAGRINI e VEIGA, 2012). O PMSI equivale a uma versão do NISP aplicada ao Estado de Minas Gerais, com o objetivo de promover interações lucrativas entre empresas de todos os setores da indústria e estabelecer negócios a partir de

recursos subutilizados que estejam disponíveis, ou seja, energia, água, materiais e resíduos provenientes das indústrias podem ser recuperados, reprocessados e reutilizados. Para viabilizar as trocas simbióticas, a FIEMG realiza workshops para que as indústrias troquem ideias, compartilhem experiências e discutam oportunidades de negócios com base na disponibilidade de recursos e resíduos ofertados ou demandados. São utilizados os benefícios ambientais, sociais e econômicos da SI como atrativos para as indústrias participarem do programa, além do apoio da Universidade Federal de Lavras (UFLA) na identificação das possíveis sinergias entre as indústrias. Assim, é possível obter uma redução significativa de custos e contribuir para a criação de uma marca ambientalmente responsável (FIEMG, 2016a).

Segundo dados da FIEMG (2016a), atualmente existem mais de 280 possíveis sinergias, referentes aos resíduos de madeira, carepa de ferro, fios elétricos, restos de alimentos, ensaios laboratoriais, lodo, tiras de tecido, sucatas de metais e outros. Até o final do ano de 2012, haviam 317 empresas participantes, 140 mil toneladas de resíduos desviados de aterros, 195 mil toneladas de redução no uso de matérias primas virgens, 87 mil toneladas de redução das emissões de carbono, 14 milhões de metros cúbicos de águas reutilizadas e 9 milhões de redução de custos para as empresas.

Em Minas Gerais, outras ações que têm interface com a Ecologia Industrial são desenvolvidas, como o Programa de Gestão de Resíduos Sólidos, que é coordenado pelo Centro Mineiro de Referência em Resíduos (CMRR) e a Bolsa de Resíduos. O Programa disponibiliza informações sobre iniciativas de tratamento, reciclagem, reutilização, reaproveitamento e disposição para diversos resíduos, com o objetivo de demonstrar os benefícios advindos da destinação mais adequada, do ponto de vista ambiental, desses materiais e atua em consonância direta com a diretriz de incentivo à regularização ambiental.

A Bolsa de Resíduos oferece na sua página eletrônica na Internet, a oportunidade de negociação, em tempo real, de diversos resíduos, agregando valor a esses materiais e, ao mesmo tempo, evitando gastos com sua disposição final.

No âmbito do desenvolvimento de PIEs, também vale salientar algumas experiências internacionais. Segundo CÔTÉ e ROSENTHAL (1998), as experiências de elaboração de PIE nos Estados Unidos foram significativas, na década de 1990, devido ao apoio do governo e da Agência de Proteção Ambiental (sigla em inglês - EPA).

Atualmente, o país apresenta centenas de PIEs desenvolvidos ou em fase de desenvolvimento (GNANAPRAGASAM, 2013). A maioria dos PIEs americanos desenvolveram-se em áreas caracterizadas como *brownfield* e são conduzidos por iniciativas dos setores público e privado, além do apoio de universidades e instituições de pesquisa. Entretanto, algumas dificuldades foram encontradas na concretização de sinergias entre as indústrias (VEIGA, 2007).

No Canadá, ao longo da década de 1990, existiam poucos projetos de PIE em comparação aos projetos existentes nos EUA. O país fortaleceu recentemente a ideia de PIE e descobriu cerca de quarenta locais adequados ao desenvolvimento de PIEs. O principal parque canadense é o Parque Industrial *Burnside*, em Nova Escócia, mas há outros PIEs de menor potencial, como: *Sarnia* (Ontario), que realiza sinergias entre refinarias, borracha sintética e indústria petroquímica; o Centro de Energia *Bruce*, (Ontario), estabelecido ao redor da Usina Nuclear de Ontario para o aproveitamento da geração de calor e vapor em processos de destilação e desidratação; e Nova Escócia, constituído por indústrias do setor de papel e papelão (GNANAPRAGASAM, 2013). A maioria dos PIEs canadenses são desenvolvidos em *brownfields*, co-localizados e financiados pelo setor privado em parceria com a agência de proteção ambiental do país (VEIGA, 2007).

Os PIEs desenvolvidos na França operam sob a iniciativa do programa “*Programme d’actions labelise pour la maitrise de l’environnement*” (PALME), uma espécie de selo concedido aos parques industriais que se propõem a exercer seu planejamento e gestão como um PIE, seguindo os princípios da EI (CÔTÉ e ROSENTHAL, 1998).

De acordo com MARQUEZ JR (2014), existem mais de sessenta ecossistemas industriais na Holanda e observa-se uma efetiva preocupação do governo holandês em promover arranjos industriais a partir dos princípios da EI. Entre os PIEs holandeses, destaca-se o complexo industrial Rietvelden, que começou a se desenvolver em 1996, em Den Bosch, em *brownfield* e é composto por aproximadamente 400 indústrias, e o PIE Moerdijk, que começou a se desenvolver em 1998, em *brownfield* e é composto por mais de 200 empreendimentos.

A falta de incentivo à participação ativa da comunidade e de organizações não governamentais no PIE, assim como a ausência de uma indústria âncora em todos os

parques consistem em alguns problemas existentes na implantação dos PIEs holandeses (VEIGA, 2007).

Na Itália, o conceito de PIE foi introduzido em 1997, através da Lei nº 57/1997, que estabeleceu a necessidade de “áreas industriais equipadas ecologicamente”, definidas no Decreto nº 112/1998 como “áreas industriais equipadas com infraestruturas e sistemas capazes de garantir a saúde, a segurança e a proteção do meio ambiente”. Desde então, muitas regiões italianas começaram a estudar a implantação e a gestão de PIEs. Segundo CONTICELLI e TONDELLI (2013), cerca de quinze locais do país buscaram regulamentar os princípios de EI de diferentes maneiras. Cabe destacar, no contexto deste estudo, duas regiões italianas: Emilia-Romagna e Abruzzo.

A região de Emilia-Romagna, onde se localiza a área industrial do Raibano, tem definido e regulamentado os PIEs de acordo com a Lei nº 20/2000, sobre planejamento de cidades. Esta lei regional, considerada uma das leis italianas mais avançadas em termos de integração de princípios de sustentabilidade ao planejamento urbano, concebe o PIE como um instrumento capaz de garantir maior qualidade ambiental por meio da adoção de infraestrutura avançada e ferramentas de gestão dentro de um sistema de qualidade. Assim sendo, o desenvolvimento de novos PIEs e a conversão de zonas industriais existentes em PIE devem obedecer à coerência entre as características do local e os equipamentos utilizados, investindo em instalações tecnologicamente avançadas gerenciadas de forma integrada (CONTICELLI e TONDELLI, 2013).

A região de Abruzzo abriga um dos clusters industriais italianos mais antigos – o *Bussi Chemical Site* (BCS) que, em 2008, era composto por cinco plantas industriais que fabricavam produtos químicos básicos, pesticidas e silicatos, além de geração e distribuição de energia (TADDEO *et al.*, 2012). Após alguns anos, o cluster foi reestruturado e algumas indústrias encerraram as suas atividades devido a inúmeros problemas, como desemprego, excesso de serviços e infraestrutura devido à redução da demanda e perda de competitividade a nível nacional. Com a crise econômica mundial, tornou-se necessário reconfigurar a área industrial conforme princípios sustentáveis, que constituíram um projeto de pesquisa financiado pelo governo local. Nessa pesquisa, estudaram-se vários fatores, como a posição geográfica das indústrias e a disponibilidade de recursos, a heterogeneidade das atividades industriais, o envolvimento da comunidade local e os aspectos regulatórios, destacando um sistema de gestão ambiental comum em conformidade com a Norma ISO14000.

Para tanto, foram propostos dois cenários: A (para sinergias entre as indústrias de BCS) e B (para sinergias entre as indústrias de BCS e clusters industriais vizinhos). A Figura 3 ilustra alguns intercâmbios dos cenários simbióticos entre as indústrias BCS (Cenário A) e as potenciais sinergias com outros clusters (Cenário B).

Devido às diversas trocas de materiais e energia, observa-se que a implantação de um PIE em BCS pode viabilizar o estabelecimento de intercâmbios entre os empreendimentos, envolvendo produtos, subprodutos e resíduos. Além disso, TADDEO *et al.* (2012) destaca que o cluster industrial é o modelo referencial de aglomeração territorial de indústrias e tem-se provado ser um dos melhores modelos de desenvolvimento industrial na Itália, em termos de eficiência e flexibilidade ao explorar, principalmente, a proximidade geográfica dos empreendimentos. No entanto, a questão cultural, que leva à oposição da comunidade devido à falta de conhecimento sobre os benefícios da Ecologia Industrial, bem como a distribuição de clusters por todo o país, dificultam a formação de um PIE italiano.

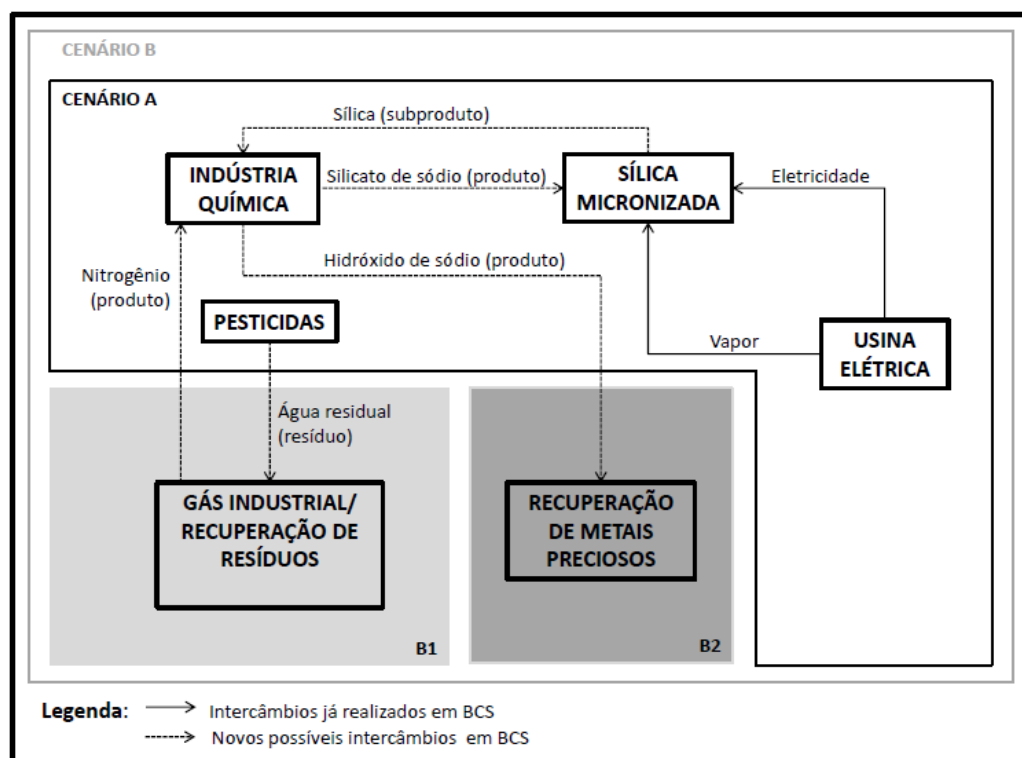


Figura 3: Cenários de Simbiose Industrial no PIE de Abruzzo, Itália
 Fonte: Adaptado de Taddeo *et al.* (2012)

Na Ásia, existem milhares de distritos industriais em operação e, em virtude dessa grande concentração industrial, alguns países estão implementando PIEs, visando melhorar o desempenho econômico, industrial e ambiental. Grande parte dos PIEs do

continente asiático são co-localizados, implementados tanto em *brownfields* quanto em *greenfields* (VEIGA, 2007).

Na China, a *State Environmental Protection Administration* (SEPA) passou a apoiar o desenvolvimento eco industrial em 1999 e, no início de 2005, já havia estimulado treze complexos industriais a se transformarem em PIEs (FANG *et al.*, 2007). A título de ilustração, são apresentadas as principais características de Guigang e Suzhou Hi-Tech.

O Grupo Guigang, fundado em 1954 pelo governo chinês, é a maior indústria de açúcar do país, sendo constituída por cinco plantas: celulose, papel, álcool, cimento e fertilizantes. O funcionamento dessas plantas é baseado no intercâmbio de produtos e subprodutos gerados a partir da produção de açúcar, visto que há duas cadeias principais: açúcar e papel. A cadeia de açúcar inclui o processamento de açúcar, álcool e fertilizante, e a fabricação de papel usa a escória gerada na produção de açúcar, enquanto o moinho da cimenteira usa seu subproduto, a lama, como matéria prima para a produção de cimento, conforme é ilustrado na Figura 4.

A Zona de Desenvolvimento Industrial Suzhou Hi-Tech (SND) fabrica produtos de alta tecnologia destinados à exportação. Para HOLLÄNDER *et al.* (2009), alguns detalhes sobre a construção deste PIE são essenciais ao desenvolvimento do mesmo. No âmbito da atuação governamental, estabeleceu-se um comitê para a construção do PIE, contando com a participação do departamento de proteção ambiental.

No âmbito da atuação das indústrias, estas tentaram realizar a “descarga zero” durante o processo de produção, reduzindo a poluição através do design ecológico e “protegendo” o meio ambiente desde o início da concepção do produto. Além disso, investiu-se no reuso de resíduos, na adoção de equipamentos de tratamento de água para coletar e reutilizar águas residuais. Novas cadeias industriais ecológicas foram estimuladas a se estabelecer na região, como as indústrias de montagem de automóveis.

A dominância do setor público sobre o setor privado nas fases de planejamento e projeto de PIE e os métodos gerenciais ineficientes adotados são grandes obstáculos enfrentados pelos chineses para a implantação de PIEs. Entretanto, 60 PIEs foram implementados no país até 2012, fato que reflete o conflito existente entre o crescimento econômico chinês, a escassez de recursos naturais e a forte poluição (MAGRINI e VEIGA, 2012).

No Japão, VEIGA (2007) destaca o PIE de Fujisawa, implementado pela Corporação EBARA, que adotou como meta a emissão zero de resíduos (ZERI). O projeto é resultado de um esforço integrado entre a empresa e a comunidade, cujo objetivo principal é atingir o nível zero de resíduos e, assim, demonstrar a efetividade de novas tecnologias ambientais.

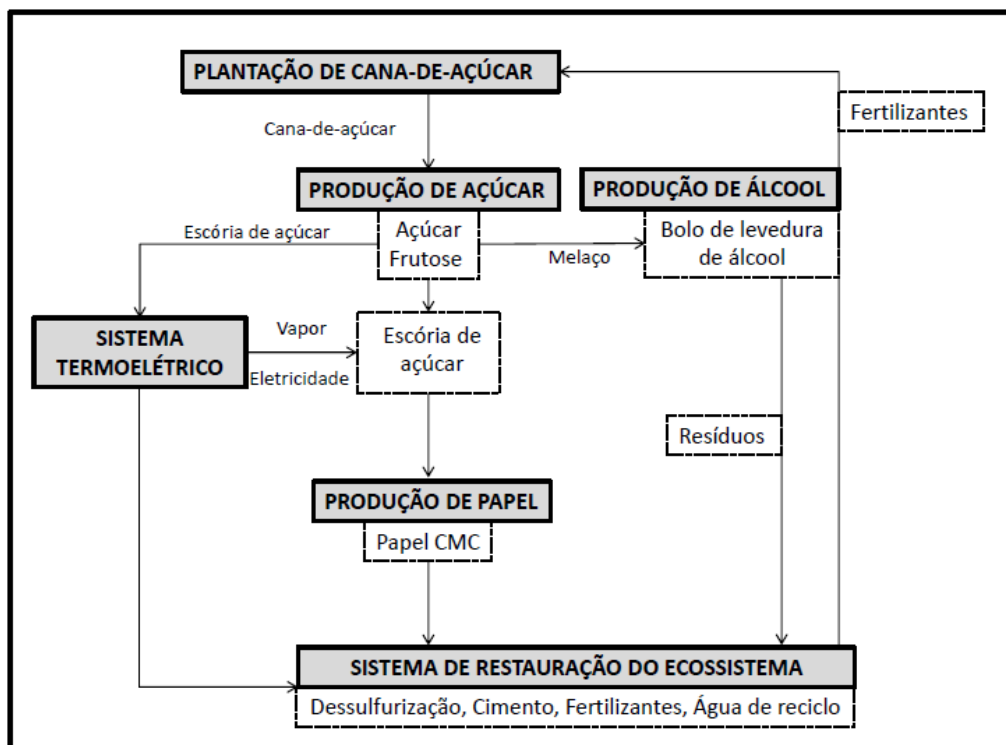


Figura 4: Simbiose Industrial no Parque Guigang, China
 Fonte: Adaptado de Fang *et al.* (2007)

No Brasil, não foram encontrados registros na literatura acerca da existência de PIEs, apenas algumas iniciativas de implementação de PIEs nos Estados do Rio de Janeiro e do Rio Grande do Sul.

No Estado do Rio de Janeiro, um estudo realizado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro relativo à revisão do Zoneamento Industrial da Região Metropolitana do Estado do Rio de Janeiro (MAGRINI e MASSON, 2005) identificou nove distritos industriais com potencial significativo para serem transformados em PIEs. Dois distritos receberam destaque: o distrito industrial de Campo Grande e o distrito industrial no município de Paracambi, este último a ser desenvolvido em uma área verde previamente demarcada.

Em 2002, foi criado o Programa do Estado do Rio de Janeiro denominado Rio-Ecopolo, pela agência ambiental estadual (a antiga FEEMA), definindo todos os requisitos necessários para as indústrias que tivessem interesse em aderir ao Programa Rio-Ecopolo. O Fundo de Desenvolvimento Econômico e Social (FUNDES) foi estabelecido como meio de incentivo econômico, e quatro projetos piloto foram lançados: Santa Cruz, Campos Elíseos, Fazenda Botafogo e Sul Fluminense. Apesar das iniciativas, o Programa Rio-Ecopolo não teve continuidade.

O parque industrial de Triunfo, localizado no Rio Grande do Sul, também implementou um grau de integração intenso entre as suas indústrias, mas não chegou a ser denominado PIE (MAGRINI e VEIGA, 2012).

2.2.3 A Ecologia Industrial e a minimização de resíduos sólidos em Distritos Industriais

Conforme visto, a maior parte da Ecologia Industrial enfatiza a solução de problemas e trocas de “resíduos”, que consistem em materiais remanescentes dos processos e que podem ter valor intrínseco, podendo ser utilizados pelo próprio gerador ou não, com ou sem tratamento (MAZZINI, 2006).

Resíduos sólidos, por sua vez, são definidos pela norma NBR 10.004 (ABNT, 2004) como:

“resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.”.

Os resíduos sólidos também podem ser definidos como materiais, substâncias, objetos ou bens descartados resultantes de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, assim como gases e líquidos cujas particularidades inviabilizam o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou

exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Os resíduos sólidos são classificados em função da sua composição química e da sua origem, para que sejam manuseados, gerenciados e descartados de modo adequado. A primeira edição da NBR 10.004, de 30 de setembro de 1987, agrupava os resíduos sólidos em três classes distintas: Classe 1, Classe 2 e Classe 3. A segunda edição da NBR 10.004, de 31 de maio de 2004, substituiu a edição anterior e agrupou os resíduos sólidos em dois tipos: perigosos, ou pertencentes à Classe 1; e não perigosos, ou pertencentes à Classe 2, que podem ser considerados como resíduos não inertes (Classe 2A) ou resíduos inertes (Classe 2B).

São considerados resíduos perigosos os resíduos ou misturas de resíduos cujas propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas podem acarretar riscos ao meio ambiente e à saúde pública, quando gerenciados de modo inadequado. Os resíduos desta classe apresentam características como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

Os resíduos não inertes consistem em resíduos sólidos ou misturas de resíduos que não se enquadram nas categorias de resíduos perigosos e inertes, nos termos da NBR 10.004, e podem apresentar propriedades como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.

Os resíduos inertes são resíduos sólidos ou misturas de resíduos que não apresentam riscos iminentes ao meio ambiente e à saúde pública. Nesta classe enquadram-se quaisquer resíduos que, quando amostrados de forma representativa e submetidos a contato estático ou dinâmico com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme teste de solubilização, não apresentam nenhum de seus constituintes solubilizados à concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se os padrões de aspecto, cor, turbidez e sabor.

Quanto à origem, os resíduos podem ser classificados como: domiciliares, de limpeza urbana, de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, dos serviços públicos de saneamento básico, industriais, de serviços de saúde, de construção civil, agro-silvo-pastoris, de serviços de transportes, de mineração e sólidos urbanos (MACHADO, 2014).

Considerando o contexto deste trabalho, vale destacar que os resíduos também podem ser definidos como resíduos sólidos industriais, ou seja, os resíduos que resultam das atividades industriais, como aqueles gerados em equipamentos de controle de poluição, lodos do tratamento de efluentes e líquidos cujas características inviabilizam o seu descarte na rede de esgoto ou nos corpos d'água.

O marco legal mais importante na área de resíduos sólidos no Brasil é a Lei Nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), dispondo sobre o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotados pelo governo federal, de forma isolada ou em regime de cooperação com estados, Distrito Federal, municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

No art. 6º da Lei Nº 12.305 são estabelecidos onze princípios da PNRS, sendo válido destacar alguns deles, como os princípios da responsabilidade compartilhada, da cooperação, da visão sistêmica e do desenvolvimento sustentável.

O princípio da responsabilidade compartilhada refere-se ao conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, para reduzir o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, diminuindo os impactos causados à saúde humana e à qualidade do meio ambiente.

O princípio da cooperação está expresso como “*a cooperação entre as diferentes esferas do Poder Público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade*” (BRASIL, 2010). Para MACHADO (2014), o Poder Público, a empresa e a sociedade não devem se distanciar na gestão dos resíduos sólidos, uma vez que a ausência de cooperação conduziria ao fracasso uma política social e ambiental, que, enfim, representa a sobrevivência de todos.

O princípio da visão sistêmica refere-se a uma análise em conjunto de vários fatores e uma avaliação simultânea do meio ambiente, da sociedade, da cultura, da economia, da tecnologia e da saúde pública na gestão dos resíduos sólidos.

O princípio do desenvolvimento sustentável consiste na combinação de diversos elementos ou princípios, como a integração da proteção ambiental e o desenvolvimento

econômico, a necessidade de preservar os recursos naturais para o benefício das gerações futuras, a exploração dos recursos naturais de forma sustentável e o uso equitativo dos recursos (MACHADO, 2014).

A Lei Nº 12.305 (2010) enumera, no art. 7º, quinze objetivos da PNRS. A seguir são listados alguns objetivos interessantes no contexto desta dissertação:

- Proteção da saúde pública e da qualidade ambiental: a produção e o consumo devem atuar de modo que a sanidade dos meios e dos fins esteja presente.
- A não geração de resíduo: uma ordem de prioridade deve ser observada na gestão dos resíduos sólidos. Esta ordem é caracterizada da seguinte forma: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.
- Estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços;
- Redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos;
- Gestão integrada de resíduos sólidos;
- Articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada dos resíduos sólidos;
- Prioridade, nas aquisições e contratações governamentais, para: a) produtos reciclados e recicláveis; b) bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis.
- Incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético.

A Lei Nº 12.305 (2010) também apresenta alguns instrumentos que, se implementados de forma correta, permitem o alcance dos objetivos da PNRS. Alguns instrumentos são:

- Logística reversa: conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento e/ou tratamento, ou, caso seja inviável, para outra destinação final ambientalmente adequada. A forma de operacionalização será estabelecida

em acordos setoriais e termos de compromissos, a serem firmados com o Poder Público.

- Coleta Seletiva: coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição. Os municípios devem implantar a coleta seletiva com a participação de cooperativas ou outras formas de associação de catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis formadas por pessoas físicas de baixa renda. O poder público municipal pode instituir incentivos econômicos aos consumidores que participam do sistema de coleta seletiva.
- Plano de Resíduos Sólidos: deverá ser elaborado pela União, pelos Estados, pelos Municípios e, finalmente, pelas empresas geradoras de resíduos industriais e resíduos que, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público.
- Inventários e o sistema declaratório anual de resíduos sólidos.

Ressalta-se, ainda, que os planos de resíduos sólidos elaborados pelos municípios são denominados “planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos”, entendendo-se “gestão integrada” como o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, considerando as dimensões econômica, política, ambiental, social e cultural, sob a premissa do desenvolvimento sustentável (MACHADO, 2014).

Neste contexto, ao analisar alguns princípios, objetivos e instrumentos da PNRS, e considerando os fundamentos da Ecologia Industrial, verifica-se que as ferramentas da EI tornam-se relevantes para viabilizar o atendimento à PNRS, buscando a redução do volume de resíduos sólidos gerados e descartados de modo inadequado ou desperdiçados quando poderiam ser aproveitados para outra finalidade e/ou em outro processo produtivo nas indústrias que compõem os distritos industriais ou, também, em empreendimentos localizados em áreas externas aos distritos industriais.

Assim sendo, diferentes procedimentos podem ser adotados para minimizar a geração dos resíduos sólidos, principalmente aqueles provenientes das atividades industriais, buscando prevenir a geração de resíduos na fonte geradora, por meio da eliminação ou da diminuição do volume de resíduos produzidos, como também adotando a reutilização e a reciclagem dos resíduos gerados. Esses procedimentos são apresentados na Figura 5 a seguir.

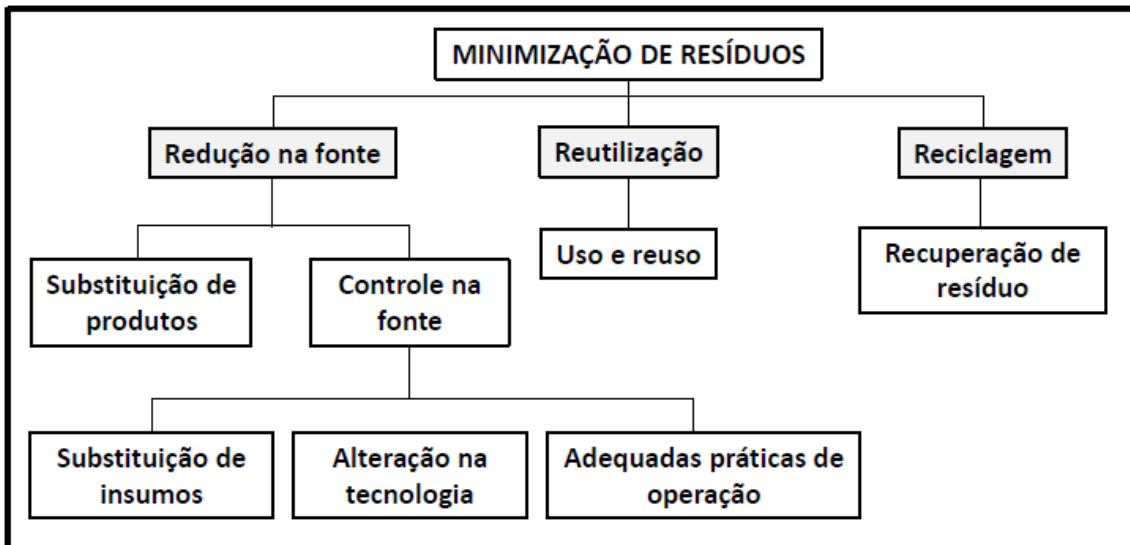


Figura 5: Possibilidades para minimização de resíduos industriais
 Fonte: Elaboração própria a partir de Lora (2000) e Brasil (2010)

Alguns procedimentos destacados na Figura 5 podem ser executados utilizando-se as alternativas tecnológicas existentes, mencionadas abaixo.

- i. Substituição de produtos: substituir produtos fabricados, conservar os produtos ou alterar a composição dos produtos.
- ii. Uso e reuso: aproveitar os resíduos sólidos sem sua transformação biológica, física ou físico-química, em outro processo produtivo.
- iii. Recuperação de resíduo: utilizar o resíduo com o intuito de recuperar recursos (materiais ou energéticos) ou como subproduto.
- iv. Substituição de insumos: utilizar o resíduo para purificar ou substituir um dado material.
- v. Alteração na tecnologia: alterar o processo, o arranjo físico ou as condições operacionais.
- vi. Práticas adequadas de operação: adotar medidas de gestão, segregação de resíduos na fonte e aprimoramento no manuseio desses materiais.

Na EI, estudos sobre os fluxos de massa e de energia entre os empreendimentos integrantes do Parque Industrial Ecológico são utilizados para estabelecer conexões entre as indústrias e, também, reduzir os resíduos sólidos industriais que poderiam ser dispostos no meio ambiente.

A análise dos procedimentos apresentados na Figura 5, que auxiliam a redução do descarte de resíduos no meio ambiente, permite observar a relação existente entre algumas alternativas citadas e os princípios que coordenam o funcionamento de um Parque Industrial Ecológico. Neste sentido, o uso de um resíduo gerado em uma atividade industrial em outro processo produtivo ou para substituir um insumo, o que equivale às alternativas tecnológicas ii e iv apresentadas, respectivamente, são exemplos de ações que atendem aos princípios básicos aplicados na formação de um PIE.

Desse modo, verifica-se que existem métodos possíveis para reduzir o volume de resíduos sólidos resultante de atividades industriais diversas e, no contexto de um PIE, a aplicação de tais métodos pode proporcionar ganhos nas esferas econômica, social e ambiental, a todos os atores envolvidos e interessados.

Ao comparar os resíduos sólidos, os efluentes líquidos industriais e as emissões atmosféricas, resultantes dos processos produtivos industriais, pode-se concluir que os resíduos sólidos são passíveis de uma análise mais detalhada em relação aos efluentes líquidos ou gasosos, visto que estes podem atingir outras regiões (onde forem descartados de forma inadequada) e causar impactos desconhecidos ou não mensuráveis ao ambiente e à sociedade. Além disso, verifica-se que a maioria das iniciativas de Simbiose Industrial ocorre na esfera dos resíduos sólidos. Por esses motivos, foram selecionados os resíduos sólidos como foco da metodologia proposta neste trabalho e, conseqüentemente, da investigação acerca dos empreendimentos considerados no estudo de caso, apresentado no Capítulo 4.

Vale a pena salientar, ainda, como um exemplo de aplicação de princípios da EI em complexos industriais, a preocupação demonstrada pelos chineses em relação aos distritos industriais em seu país, responsáveis por impulsionar a rápida industrialização da China. Na esfera da atuação das indústrias, estas buscam realizar a “descarga zero” durante o processo produtivo, diminuindo a poluição através do *design* ecológico e contribuindo para a proteção do meio ambiente desde o início da concepção do produto. Além disso, as indústrias investem no reuso de resíduos e na adoção de equipamentos de tratamento de água para coletar e reutilizar águas residuais (HOLLÄNDER, 2009).

Logo, considerando a necessidade de minimizar os impactos ambientais negativos nos distritos industriais, principalmente a redução de resíduos no meio ambiente, alguns procedimentos citados não apenas são importantes como também

fomentam princípios de Ecologia Industrial e potencializam a transformação de um DI em um Parque Industrial Ecológico.

2.2.4 A implantação de um PIE: a Metodologia de Veiga (2007)

Segundo VEIGA (2007), o planejamento de um Parque Industrial Ecológico deve considerar as três esferas do desenvolvimento sustentável – ambiental, econômica e social – de forma simultânea e atribuindo o mesmo grau de importância a cada uma delas. Assim, tomando-se como base os princípios da sustentabilidade e iniciativas de PIEs desenvolvidos em outros países, além de estudos desenvolvidos por pesquisadores da área, a autora propôs uma metodologia com as principais etapas para a implantação de um PIE – planejamento, projeto, construção e operação – caracterizando os elementos mínimos essenciais a um PIE e buscando, também, consolidar uma diretriz para auxiliar os atores envolvidos e tomadores de decisão ao longo das etapas de implantação do PIE.

A seguir, são apresentadas as etapas propostas por VEIGA (2007) para a implantação de PIE em *greenfield*, desde a definição da área onde será implementado o PIE até a gestão deste.

2.2.4.1 Etapa de Planejamento

O planejamento de um PIE deve considerar os elementos descritos a seguir.

a) Identificação dos fatores de localização do PIE

Na seleção do sítio (terreno e/ou município) onde será implantado o PIE, alguns fatores de localização devem ser analisados com o intuito de se obter o maior número de vantagens competitivas, desenvolver as áreas no entorno do empreendimento e preservar o meio ambiente. Dentre esses fatores, destacam-se: disponibilidade de água, energia e mão de obra; infraestrutura viária; existência de unidades de conservação; incentivos fiscais à instalação do empreendimento; grau de urbanização do local; qualidade do ar e dos corpos d'água; interferência com as outras atividades econômicas da região.

A autora afirma ainda que, além dos elementos citados acima, a seleção do sítio deve considerar as características dos ecossistemas local e regional, assim como as

restrições ambientais locais, de modo a preservar o ecossistema local e promover o equilíbrio do meio ambiente.

Sob a ótica industrial, fatores como disponibilidade de matéria prima, custo da terra, proximidade do mercado consumidor, possibilidade de integração com as demais indústrias localizadas no entorno do empreendimento, aspectos socioeconômicos, cooperação do setor público e políticas de incentivos públicos e fiscais também se tornam relevantes.

b) Articulação dos atores envolvidos

De modo geral, os principais atores envolvidos no planejamento de um PIE são o setor público, representado pelo governo, pelas agências e instituições públicas e pelos bancos de desenvolvimento, o setor privado, representado pelas indústrias, pelas associações entre as indústrias e pelos bancos privados e a comunidade. Segundo VEIGA (2007), o planejamento correto e eficaz do PIE exige a articulação entre os setores público e privado, uma vez que a cooperação e a parceria entre estes viabilizam ganhos políticos e econômicos aos atores, além de contribuir para a preservação do meio ambiente e promover a participação social.

Para CHIU (2001) e LOWE (2005), o setor público pode fornecer incentivos fiscais e financeiros, suporte no cumprimento da legislação e no processo de licenciamento ambiental, além de subsídios às empresas de pequeno e médio porte. Entretanto, o excesso de burocracia e alterações na liderança política e administrativa, muitas vezes, podem interromper e inviabilizar a implantação do PIE.

No que tange ao setor privado, os autores afirmam que este pode investir em novas tecnologias e compartilhar os riscos do empreendimento, mas a sua visão voltada para o lucro e a dificuldade de acesso ao financiamento público podem prejudicar os aspectos ambientais e o desempenho do PIE.

Outro ator essencial e que deve ser considerado desde o início da implantação do PIE é a comunidade local, alvo das consequências diretas e indiretas do projeto, o qual, por sua vez, necessita do apoio e da participação da mesma.

c) Seleção do mix de indústrias

VEIGA (2007) destaca que o processo de seleção do mix de indústrias deve buscar um equilíbrio entre os objetivos industriais, econômicos, ambientais e sociais.

Ao comparar fatores que atraem indústrias para um determinado local, a autora afirma que, caso o local seja um distrito industrial, estes fatores são: acesso ao mercado e aos fornecedores, mão de obra capacitada, infraestrutura básica e viária, incentivos públicos e fiscais, oferta de energia e de combustíveis, legislação trabalhista e ambiental. Porém, caso o local seja um PIE, há outro conjunto de fatores que também atraem as indústrias, como a redução dos custos operacionais, a economia de recursos devido à troca de resíduos, o treinamento compartilhado e a melhoria da imagem da indústria perante o mercante devido à associação da indústria com o meio ambiente.

Entre os diversos desafios apontados pela autora no planejamento do PIE encontra-se o equilíbrio entre os objetivos ambientais, econômicos e sociais, uma vez que há conflitos de interesse entre as partes envolvidas no projeto. Um exemplo claro é o equilíbrio entre a eficiência energética e os custos de construção das instalações.

d) Definição das fontes de financiamento

A forma encontrada para garantir a implantação de PIEs consiste em estabelecer parcerias entre os setores público e privado (PPP). Assim, as etapas iniciais de implantação do PIE devem contar com a participação do setor público, devido aos riscos relativos de se investir em um novo empreendimento, enquanto que as etapas seguintes podem ser realizadas com o auxílio, em sua maior parte, de investidores privados.

Entretanto, a situação ideal é coordenar as participações dos setores público e dos investidores privados em todas as etapas da implantação do PIE, onde cada ator deve atuar naquilo que possui maior conhecimento e condições financeiras, promovendo benefícios para as indústrias, o meio ambiente e a comunidade.

2.2.4.2 Etapa de Projeto

Para projetar um PIE deve-se considerar os elementos descritos a seguir.

a) Projeto urbano

O projeto urbano é realizado com o intuito de planejar o uso racional do terreno onde será implantado o PIE, de modo a minimizar os impactos sobre o meio ambiente. Neste sentido, o projeto urbano deve considerar, além de elementos paisagísticos e recreacionais, outros elementos como: o ecossistema local, visando a sua preservação e à obtenção de soluções em caso de danos ao ecossistema; a orientação do terreno, a fim

de encontrar alternativas que contribuem para o menor consumo energético; o microclima, visto que a inserção de algumas espécies vegetais pode melhorar as condições de conforto térmico e a eficiência energética; a vegetação, pois um projeto paisagístico adequado pode auxiliar na redução da erosão do solo e na conservação da biodiversidade.

b) Projeto de infraestrutura

O projeto dos elementos de infraestrutura engloba os serviços necessários à operação do PIE, devendo ser adequado às características do local e do empreendimento. A autora apresenta algumas sugestões para os serviços básicos de infraestrutura e que estão inseridos nesta etapa, a saber:

Infraestrutura viária e serviços de transporte: busca-se desenvolver uma infraestrutura de transporte eficaz com o intuito de minimizar os gastos com transporte, o consumo de combustíveis, as emissões atmosféricas, a contaminação do solo e otimizar o fluxo de circulação de pessoas, bens e serviços.

Infraestrutura de energia: o projeto da infraestrutura de energia em um PIE tem como um dos objetivos promover o uso mais eficiente da energia, viabilizando a economia de recursos naturais, a redução dos impactos ambientais e contribuindo para o desenvolvimento sustentável. O aperfeiçoamento dos sistemas de produção consiste em um meio para aumentar a eficiência energética. A aplicação da cogeração de energia, que permite economizar recursos energéticos, pode resultar em menores custos de combustível e de eletricidade, além da melhor confiabilidade do fornecimento de energia, evitando custos de transmissão e distribuição de energia elétrica e diminuindo a emissão de poluentes, devido ao uso reduzido de combustíveis fósseis.

Infraestrutura de abastecimento de água: o projeto de infraestrutura de abastecimento de água do PIE deve ser elaborado de modo a promover a conservação da água, ou seja, diminuir a demanda desse insumo, minimizar o consumo, reduzir os desperdícios, bem como aumentar a eficiência do uso e do reuso da água.

c) Elementos das partes e serviços comuns

Segundo a autora, as partes e os serviços de uso comum a todas as indústrias do PIE possibilitam a integração e a cooperação entre funcionários, gestores e demais atores envolvidos, contribuindo para a gestão ambiental cooperativa, essencial ao funcionamento de um PIE.

A implantação de partes e de serviços de uso comum em um PIE proporciona uma economia financeira para as indústrias nele instaladas, uma vez que não é necessário construir e manter cada instalação individualmente (LOWE, 2001).

Destaca-se, também, que o uso de instalações e de serviços comuns caracteriza uma estratégia de marketing, visto que atrai para o PIE indústrias que buscam melhor qualidade de vida e condições de trabalho para seus funcionários (SCHLARB, 2002).

Tomando-se como base estudos e iniciativas internacionais, VEIGA (2007) sugere algumas instalações e serviços comuns em um PIE, como: central de gestão de informações (CGI), central de armazenamento e distribuição de resíduos (gestão de resíduos), central de armazenamento e distribuição de materiais comuns às indústrias, central de reciclagem e artesanato, central de reciclagem de óleo e lubrificantes, central de reciclagem de solventes, estação de tratamento de efluentes (ETE), auditórios, restaurantes, centro de saúde, áreas de esporte e lazer, biblioteca, creche, centro de emergência e centro administrativo para atender as indústrias.

2.2.4.3 Etapa de Construção e de Operação

A construção e a operação de um PIE devem considerar os elementos descritos a seguir.

a) Elementos da arquitetura e construção sustentáveis

VEIGA (2007) afirma que os projetos arquitetônicos e a construção de todas as instalações do PIE são específicos a cada tipologia industrial e, por isso, devem ser desenvolvidos de acordo com as características do local onde o PIE será implantado e das demandas de cada instalação industrial.

Para BASTOS (2005), na implantação de um PIE, os projetos de arquitetura e construção devem ser sustentáveis nas esferas: econômica, uma vez que o lucro e o crescimento devem ser obtidos por meio do uso eficiente dos recursos humanos e financeiros; social, pois deve atender às demandas de todos os atores envolvidos na construção, como as indústrias, os funcionários e a comunidade local; e ambiental, no sentido de evitar impactos ao meio ambiente por meio do uso controlado dos recursos naturais e da minimização dos resíduos.

Neste sentido, há algumas sugestões para os projetos de arquitetura e construção sustentáveis, a saber: considerar as características peculiares do local na seleção dos materiais e técnicas a serem utilizados na construção das instalações; substituir os materiais não recicláveis por outros que minimizem os impactos negativos sobre o meio ambiente e a saúde humana; construir edificações energeticamente eficientes, com o intuito de reduzir o consumo energético; adotar técnicas de conforto ambiental, como a maximização da iluminação natural, o uso da ventilação cruzada e a seleção de materiais adequados para os revestimentos de fachadas; diminuir o consumo de água através do uso de torneiras e chuveiros com fechamento automático, além de sistemas duplos de tubulação para separar, por exemplo, a água proveniente do esgoto sanitário da água oriunda do processo industrial.

b) Ocupação e gestão do PIE

Após o término da construção de todas as instalações, as indústrias devem ocupar suas próprias instalações e utilizar as partes e serviços comuns a todos os empreendimentos do PIE. Então, é atribuído aos gestores do PIE o papel de desenvolver mecanismos que facilitem e resultem na integração entre indústrias, trabalhadores, gestores e outros atores envolvidos de forma a operacionalizar as parcerias entre estes.

Assim sendo, VEIGA (2007) destaca alguns elementos importantes à gestão do PIE, como:

Convenção do PIE: busca definir regulamentos internos para evitar futuros conflitos entre as indústrias e entre estas e os gestores. Além disso, a convenção do PIE estabelece os procedimentos essenciais para um melhor desempenho ambiental, econômico e social do PIE e dos empreendimentos individualmente. As tipologias industriais que podem integrar o PIE e as medidas a serem adotadas que, por sua vez, estão vinculadas às especificidades de cada PIE, também são definidas nessa ocasião.

Outros aspectos importantes incluídos na convenção são o incentivo a práticas ambientais comuns, o treinamento e a capacitação de pessoal, a definição de metas de desempenho ambiental, o desenvolvimento de ações em prol da comunidade local e a adoção de um sistema de gestão ambiental (LOWE, 2001).

Certificação Ambiental: é importante para que um parque industrial possa ser caracterizado como um PIE, visto que a certificação ambiental com base no Sistema de

Gestão Ambiental (SGA; Norma ISO 14.001) permite concluir que a organização possui e implementa corretamente uma política ambiental.

Operacionalização da Troca de Resíduos: a sinergia de resíduos desenvolvida entre diferentes tipologias industriais, atividades agrícolas e a comunidade possibilita a conversão de resíduos em matéria prima e insumos, contribuindo para o desenvolvimento sustentável, fundamental na implantação de um PIE.

A autora ressalta que, para o sucesso dessa etapa, experiências internacionais apontam a necessidade de instituições sem fins lucrativos, universidades e gestores que promovam a troca de resíduos e facilitem a cooperação entre as indústrias, assim como a elaboração de inventários de resíduos, com o objetivo de auxiliar a identificação de possíveis sinergias, essenciais ao funcionamento do PIE.

A Figura 6 apresenta o fluxograma das etapas propostas na metodologia de VEIGA (2007), descrita acima, para a implementação de um PIE.

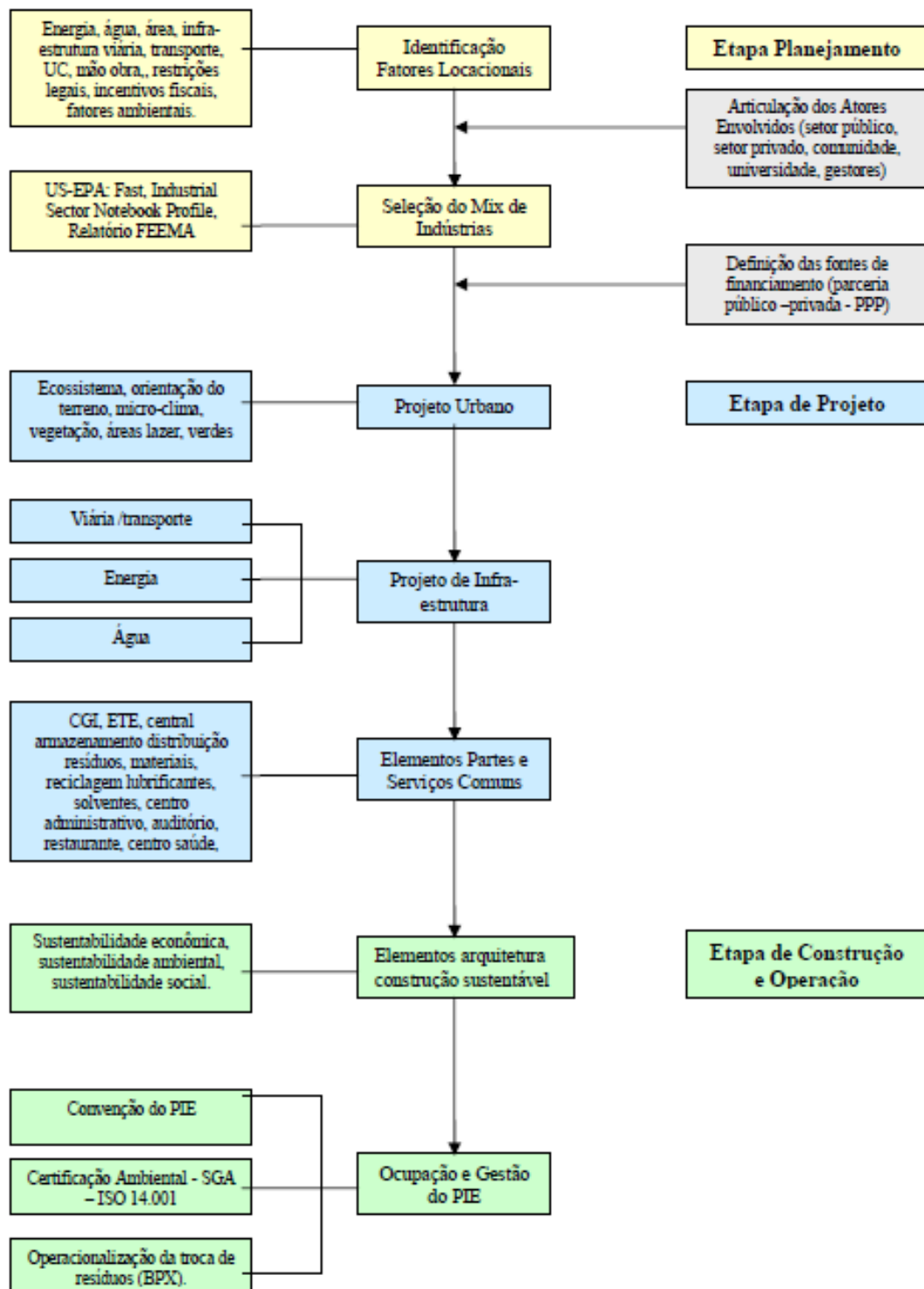


Figura 6: Fluxograma das etapas de implementação de um PIE
 Fonte: Veiga (2007)

3. Proposição metodológica para implantação de PIEs

Como destacado, este estudo tem como objetivo propor uma metodologia para converter distritos industriais em operação em Parques Industriais Ecológicos (PIEs), como resultado da aplicação de princípios de Ecologia Industrial a sistemas de produção industrial. Esta proposta metodológica é fundamentada em princípios da EI, em alguns elementos para a implantação de PIEs apontados por (VEIGA, 2007) e (TRAMA, 2014), em dados dos processos de licenciamento ambiental dos empreendimentos implantados nos distritos industriais existentes nos municípios, além do contato com as indústrias investigadas e informações sobre os municípios e os seus distritos industriais disponibilizados por instituições públicas, como, por exemplo, a Prefeitura Municipal, a Federação das Indústrias do Estado, as concessionárias de água e energia do Estado e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Desse modo, é proposta neste capítulo uma metodologia com o intuito de adaptar e transformar um distrito industrial existente em PIE, discutindo-se todas as considerações realizadas e as atividades necessárias à efetiva aplicação dessa metodologia.

3.1 Transformação de um Distrito Industrial em PIE: uma proposta metodológica

Considerando o objetivo deste estudo, já mencionado, esta seção apresenta uma proposta metodológica para realizar a adaptação e a transformação de um distrito industrial existente em um Parque Industrial Ecológico. Desse modo, são descritas todas as etapas que compõem esta metodologia, assim como suas atividades, análises necessárias, indicadores utilizados e cenários propostos.

A metodologia proposta é constituída pela realização de duas etapas: a primeira etapa ou “Etapa 1”, que busca avaliar o potencial de um DI existente para ser transformado em PIE, com o objetivo de obter o *grau de potencialidade* “s” do DI; e a segunda etapa ou “Etapa 2”, que consiste na proposição de cenários para a transformação do DI em PIE, utilizando-se cenários teóricos e reais, assim como a possível expansão da SI com outras indústrias situadas no município, porém em áreas externas ao DI, e a inclusão de novas indústrias no DI.

A base de dados proposta para a aplicação de toda a metodologia será especificada em cada etapa, mas, de modo geral, há dados provenientes de órgãos públicos, em nível municipal, estadual e federal, bem como informações fornecidas pelo setor privado.

Vale salientar que a transformação de um DI existente em um PIE é específica para cada distrito industrial, conforme as características do município, das indústrias instaladas e de todos os atores envolvidos e interessados no DI. Busca-se, ao propor esta metodologia, apontar elementos essenciais ao funcionamento de um PIE, mas que, na maioria das vezes, não existem ou não estão bem definidos nos empreendimentos dos distritos industriais, comprometendo a adoção e a prática dos princípios da EI nesses locais. Assim sendo, torna-se necessária uma diretriz para auxiliar os tomadores de decisão no que se refere a uma avaliação da situação atual do DI e à elaboração de cenários que promovam a integração dos atores e a efetiva aplicação da cultura da EI no distrito como um todo, convertendo-o em PIE.

A título de exemplificação, a “Etapa 1” e parte da “Etapa 2” serão utilizadas para a transformação do distrito industrial do Município de Vespasiano, Estado de Minas Gerais, em PIE, apresentada no próximo capítulo. A Figura 7, apresentada a seguir, ilustra as duas etapas que compõem a metodologia desenvolvida e detalhada no decorrer deste capítulo.

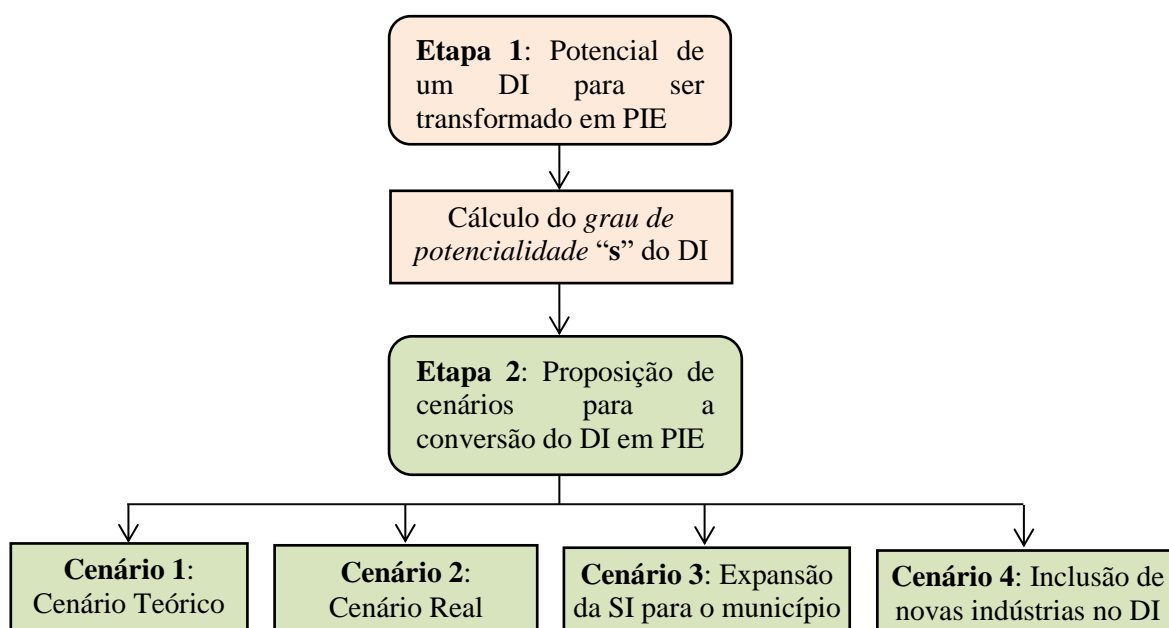


Figura 7: Etapas 1 e 2 da metodologia proposta para a conversão de distritos industriais em PIEs

Fonte: Elaboração própria

3.1.1 Etapa 1: Potencial de um Distrito Industrial para ser transformado em PIE

Primeiramente, é preciso compreender as diferenças básicas existentes entre um DI e um PIE destacadas por alguns autores.

Conforme mencionado, o distrito industrial consiste basicamente em um mecanismo criado para desenvolver processos industriais, através de uma infraestrutura planejada, contribuindo para o desenvolvimento econômico e, em grande parte, ocasionando diversos impactos socioambientais de natureza negativa.

Diferentemente de um distrito industrial, PCSD (1996) afirma que um Parque Industrial Ecológico constitui um distrito industrial onde as sinergias são planejadas e há uma preocupação em reduzir o consumo de matéria-prima e de recursos naturais, assim como a geração e a disposição de resíduos, construindo uma relação sustentável entre os atores envolvidos e permitindo a integração entre os três pilares do desenvolvimento – o econômico, o social e o ambiental.

Segundo LOWE (2001), uma das principais diferenças entre um PIE e um distrito industrial caracteriza-se pelo fato de que o PIE emprega práticas sustentáveis em seu planejamento bem como a gestão ambiental cooperativa, enquanto o DI não.

Para VEIGA (2007), *“diferentemente do que rege a concepção dos distritos industriais, duas novas esferas passam a integrar o processo de implantação de um PIE: os fatores ambientais e fatores sociais, aos quais são atribuídos à mesma importância que os fatores econômicos”*.

Diante do exposto, é possível concluir que há algumas diferenças entre a concepção de distritos industriais e Parques Industriais Ecológicos, principalmente em relação aos aspectos associados ao meio ambiente e ao desenvolvimento sustentável. Tais diferenças precisam ser minimizadas a médio e longo prazo, por meio de diferentes mecanismos existentes e citados adiante, até o momento em que deixem de existir e o distrito industrial seja transformado em um PIE.

Neste sentido, esta etapa inicial da metodologia busca avaliar o DI e determinar o seu *grau de potencialidade “s”*, com o objetivo de classificar o distrito quanto ao seu potencial para ser adaptado e transformado em PIE.

Para realizar esta avaliação e determinar o *grau de potencialidade “s”*, torna-se necessário estabelecer alguns indicadores (*grau de transformação “g”* e *grau de*

importância “h”), utilizados na análise dos empreendimentos que integram o DI, cujos valores são atribuídos, por sua vez, através da análise de alguns critérios considerados relevantes ao funcionamento adequado de um PIE e avaliados em cada indústria do DI. Em seguida, são calculados o *potencial máximo “P_{max}”* e o *potencial real “P_{real}”* do distrito industrial em estudo e, por fim, é obtido o *grau de potencialidade “s”* do DI, viabilizando, então, a elaboração de cenários adequados à situação atual do DI na “Etapa 2” desta metodologia, conforme a existência ou não dos elementos avaliados, indícios da cultura de EI nas indústrias analisadas, o relacionamento entre os atores envolvidos, a importância atribuída ao meio ambiente e à sociedade. Políticas adequadas ao gerenciamento do distrito e de suas atividades e incentivos à integração dos atores podem ser sugeridos em conformidade com a realidade do DI, dos empreendimentos e do município ao qual pertence.

A seguir, são apresentadas todas as atividades que caracterizam a construção da “Etapa 1”, ilustrada na Figura 8. Em seguida, são descritas todas estas atividades.

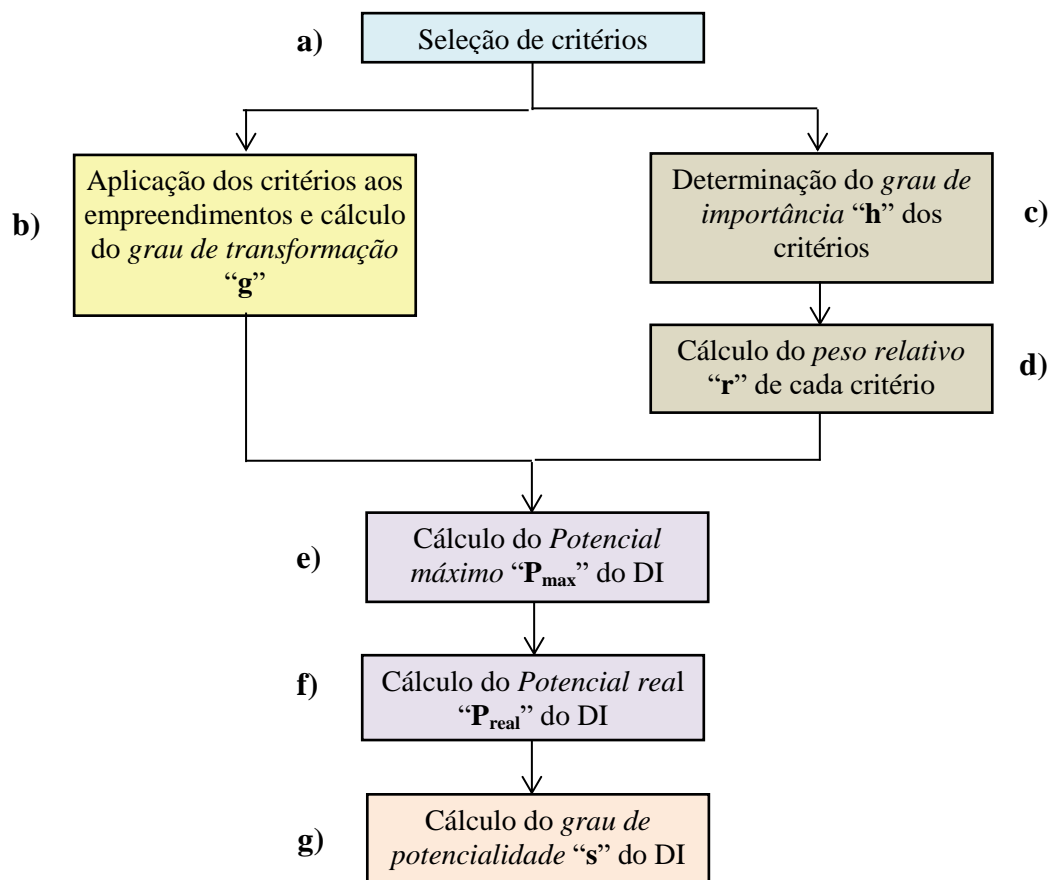


Figura 8: Atividades da Etapa 1 da metodologia proposta para a conversão de distritos industriais em PIEs

Fonte: Elaboração própria

a) Seleção de critérios

Na literatura analisada durante o desenvolvimento desta proposta metodológica, não foi encontrado nenhum mecanismo para adaptar e transformar um distrito industrial em PIE, à exceção do trabalho de TRAMA (2014), que busca hierarquizar todos os critérios citados por VEIGA (2007) a fim de analisar se um distrito industrial pode ser adaptado para PIE. Para isso, a autora avalia a importância de cada critério considerado por VEIGA (2007), que trabalhou a implantação de PIE em *greenfield*, com o intuito de verificar se um distrito industrial pode ser convertido em PIE, utilizando-se apenas alguns indicadores (ver TRAMA, 2014).

Na proposta metodológica desta dissertação, os critérios mencionados por VEIGA (2007), sintetizados no capítulo anterior, consistem no ponto de partida para a identificação e análise de alguns elementos existentes em um DI, em operação, que viabilizam a transformação deste para um PIE.

No entanto, o objetivo do presente estudo considera a transformação de um DI já em operação, em um município, para um PIE, isto é, transformar a área industrial já estabelecida no município em um PIE, diferentemente do caso tratado por VEIGA (2007), no qual a autora estuda a implantação de um PIE em uma região ainda não consolidada como um distrito industrial. Por esse motivo, alguns critérios destacados por VEIGA (2007) como, por exemplo, *fatores de localização*, *seleção do mix de indústrias* e *projeto urbano*, não são considerados nesta proposta metodológica, visto que caracterizam elementos peculiares à implantação de PIE em áreas que não possuem infraestrutura nem processos industriais, o que não é válido para um distrito industrial em funcionamento.

Além de alguns critérios de VEIGA (2007), são considerados outros fatores relevantes ao funcionamento de um PIE, mas que não são frequentemente encontrados em distritos industriais em operação.

Neste sentido, os critérios selecionados caracterizam diversos aspectos de um PIE e, por isso, estão inseridos em três diferentes dimensões no DI: relacionamento, infraestrutura e sustentabilidade.

O conjunto de critérios inseridos na dimensão “relacionamento” em um DI destacam os atores envolvidos e as principais fontes de financiamento das indústrias que integram o distrito, assim como as relações já existentes de venda ou troca de insumos

e/ou resíduos gerados entre esses empreendimentos. Desse modo, os elementos definidos para análise dessa dimensão, em cada indústria do DI, caracterizam os critérios “A” (atores envolvidos), “B” (fontes de financiamento) e “C” (relação de troca e/ou venda).

O conjunto de critérios inseridos na dimensão “infraestrutura” em um DI destacam a infraestrutura viária, os serviços de transporte e os serviços comuns utilizados pelos empreendimentos do distrito. Ao contrário de VEIGA (2007), que insere a infraestrutura de água e energia no projeto de um PIE, a infraestrutura avaliada no DI não inclui a análise de serviços de água e energia, pois as indústrias de um DI em operação já possuem e utilizam esses serviços, sem os quais, provavelmente, não seria possível a realização de atividades industriais. Desse modo, os elementos definidos para análise dessa dimensão, em cada indústria do DI, caracterizam os critérios “D” (infraestrutura viária e serviços de transporte) e “E” (serviços de uso comum).

O conjunto de critérios inseridos na dimensão “sustentabilidade” em um DI avalia o Sistema de Gestão Ambiental das indústrias do distrito, assim como a certificação ambiental, a gestão de resíduos sólidos e de efluentes líquidos industriais, além da eficiência energética, que, apesar de constituírem elementos de um Sistema de Gestão Ambiental, são destacados devido à importância que possuem ao funcionamento adequado de um PIE. Desse modo, os elementos definidos para análise dessa dimensão, em cada indústria do DI, caracterizam os critérios “F” (Sistema de Gestão Ambiental), “G” (certificação ambiental), “H” (gestão de resíduos sólidos), “I” (gestão dos efluentes líquidos industriais) e “J” (eficiência energética).

A seguir, são apresentados todos os critérios selecionados para a análise do potencial de transformação de um distrito industrial em PIE.

A: Atores envolvidos

Este critério refere-se à atuação de segmentos do poder público, do poder privado e da comunidade em cada empreendimento do distrito industrial em estudo. Assim sendo, a questão a ser respondida e analisada aqui é: quais são os atores envolvidos na indústria?

Verifica-se, então, na indústria em análise, a existência da atuação do: poder público, que pode ocorrer através de instituições públicas, dos bancos de desenvolvimento, da Prefeitura Municipal, de audiências públicas, do órgão ambiental,

entre outros; do poder privado, por meio de bancos particulares, instituições privadas ou investimentos realizados de forma conjunta pelas indústrias do DI; e da comunidade, que pode realizar ações na indústria em prol do meio ambiente, contribuindo para a conscientização do setor industrial acerca dos impactos que suas atividades podem ocasionar ao meio ambiente e à saúde do ser humano.

Vale salientar que a forma com que atuam o poder público e/ou o poder privado na indústria é importante, mas o fato de existir a atuação de algum setor público, privado ou da comunidade na indústria é suficiente para responder a este critério.

B: Fontes de financiamento

Conforme mencionado e afirmado por VEIGA (2007), a parceria entre os setores público e privado (PPP) é importante para o funcionamento do PIE, uma vez que cada ator, público ou privado, pode contribuir naquilo que detém maior conhecimento e recursos financeiros.

Assim sendo, este critério possui o objetivo de verificar se, na indústria analisada, há alguma parceria/ cooperação entre os setores público e privado que viabiliza o financiamento de alguma atividade, seja esta de natureza econômica, social ou ambiental.

De forma análoga ao critério anterior, a existência de uma PPP é o suficiente para responder este critério, não sendo, portanto, necessário obter muitos detalhes sobre a atividade financiada, pois uma parceria existente indica uma cooperação já consolidada.

C: Relação de troca e/ou venda

Este critério refere-se à existência de algum relacionamento entre as indústrias que integram o distrito industrial, sob a ótica de troca e/ou venda de insumos, produtos e/ou resíduos gerados nos processos produtivos.

Neste sentido, a questão a ser respondida aqui é: a indústria em análise vende e/ou troca algum insumo/produto/resíduo do seu processo produtivo com outro empreendimento, também instalado no distrito industrial?

Ressalta-se que, neste critério, torna-se relevante não apenas detectar a relação de troca e/ou venda, mas também identificar os insumos, produtos e/ou resíduos trocados e/ou vendidos, pois a caracterização destes irá permitir ou fortalecer a proposição de atividades de SI, apresentadas na “Etapa 2” desta metodologia.

D: Infraestrutura viária e serviços de transporte

Este critério possui o objetivo de analisar a disponibilidade e a qualidade da infraestrutura viária e dos serviços de transporte utilizados por cada empreendimento situado no distrito industrial. Desse modo, são analisadas duas questões, a saber: o sistema viário utilizado pela indústria está em boas condições de uso? A indústria possui algum serviço de transporte disponível para realizar trocas simbióticas?

As respostas obtidas para as questões acima podem auxiliar na análise acerca da possibilidade da indústria realizar fluxos de matéria e energia com outro empreendimento do distrito industrial, desde que utilize bom sistema viário e serviços de transporte adequados.

E: Serviços de uso comum

Para VEIGA (2007), o foco central de um PIE está na gestão ambiental cooperativa entre todos os atores envolvidos e não apenas na sinergia de resíduos. Desse modo, torna-se essencial que, em um DI a ser transformado em PIE, os empreendimentos utilizem serviços comuns.

Assim sendo, este critério busca responder e analisar, para cada indústria do DI, a seguinte questão: a indústria utiliza algum “serviço em comum” no distrito industrial? Em outras palavras, a indústria compartilha algum serviço com outro (s) empreendimento (s) do distrito industrial?

De modo geral, as respostas obtidas permitem identificar a existência, no DI, de alguns serviços de uso comum entre as indústrias, tais como: estação de tratamento de efluentes (ETE), central de gestão de informações (CGI), central de armazenamento e distribuição de insumos/ resíduos/ produtos, central de reciclagem de óleos lubrificantes/ solventes, atividades relacionadas à reciclagem de resíduos e/ ou outras iniciativas de gestão compartilhadas.

F: Sistema de Gestão Ambiental

De acordo com a Norma ISO 14.000, o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é definido como *“a parte do Sistema de Gerenciamento Global que inclui a estrutura organizacional, o planejamento de atividades, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para o desenvolvimento, implementação, alcance, revisão e manutenção da política ambiental”*.

Assim, as indústrias devem trabalhar de forma integrada para implementar um SGA, adotando estratégias que viabilizem a redução do consumo de recursos naturais,

da poluição do ar, da água e do solo, além de minimizar os resíduos gerados e dispostos no processo industrial (MITCHELL, 2002).

Algumas indústrias implementam um SGA em busca de procedimentos gerenciais corretos sob a ótica ambiental VEIGA (2007). No entanto, outros empreendimentos não implementam corretamente um SGA, isto é, seguindo todas as suas etapas, mas adotam medidas com o intuito de reduzir os impactos decorrentes de suas atividades sobre o meio ambiente, caracterizando uma iniciativa essencial para indústrias que pretendem integrar um PIE no futuro.

Neste sentido, o objetivo deste critério consiste em verificar se há aspectos de gestão ambiental nas indústrias que compõem o distrito industrial. Tais aspectos devem estar relacionados à melhoria do meio ambiente e/ou a implantação de alguma política ambiental, voltada para a preservação da qualidade do meio ambiente e uma produção mais limpa.

Assim sendo, este critério busca responder e analisar, para cada indústria do DI, as seguintes questões: a indústria realiza um monitoramento da qualidade do meio ambiente? A indústria adota medidas de melhoria contínua do desempenho ambiental?

As respostas obtidas neste critério irão permitir a análise da importância da gestão do meio ambiente para a indústria do DI.

G: Certificação ambiental

Algumas indústrias, quando implementam um SGA e buscam a certificação, são auditadas e podem receber o certificado pela Norma ISO 14.001, norma internacional de certificação de SGA que apresenta os requisitos necessários, princípios e elementos centrais para a implantação do SGA em organizações.

Desse modo, este critério tem o intuito de verificar se os empreendimentos do distrito industrial possuem a certificação ambiental segundo a norma ISO 14.001:2004 – *Sistemas da gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso*³.

H: Gestão dos resíduos sólidos

³ A Norma ISO 14.001 especifica os requisitos para um SGA que uma organização pode usar para aumentar seu desempenho ambiental. Esta norma é utilizada por organizações que buscam gerenciar suas responsabilidades ambientais de uma forma sistemática, contribuindo para o pilar ambiental da sustentabilidade (ABNT, 2004).

Esta norma foi revisada em 2015, resultando na aprovação da Norma ISO 14.001:2015, tão válida quanto a Norma ISO 14.001:2004 para analisar o critério G, referente à avaliação de certificação de SGA nas indústrias do distrito. Assim, no estudo de caso realizado neste trabalho e apresentado no próximo capítulo, avaliou-se a obtenção da certificação de SGA conforme a Norma ISO 14.001:2004.

As indústrias podem gerenciar os resíduos sólidos decorrentes das suas atividades industriais de diferentes formas. Assim, um resíduo sólido gerado em um processo produtivo pode ter diferentes destinos, dependendo de suas características. Por exemplo, alguns resíduos sólidos podem ser reutilizados no processo industrial, outros são reciclados e enviados para outro empreendimento, e outros são tratados (LORA, 2000).

No caso de um PIE, um de seus elementos consiste na sinergia de resíduos sólidos entre os empreendimentos, isto é, na troca de resíduos, que podem substituir as necessidades de insumos ou de energia de outros processos industriais. Por esse motivo, este critério deve responder, para cada indústria, as seguintes questões: a indústria dispõe de um inventário de todos os resíduos sólidos gerados em seu processo industrial? Há alguma forma de gestão do resíduo sólido, como redução da geração de resíduo na fonte, reutilização, reciclagem, tratamento ou descarte do resíduo sólido?

As respostas obtidas para este critério fornecem, de modo geral, informações acerca da organização e do gerenciamento da indústria em relação aos seus resíduos sólidos.

I: Gestão dos efluentes líquidos industriais

Segundo MAZZINI (2006), efluente líquido industrial consiste no despejo líquido proveniente de atividades industriais, compreendendo emanções do processamento industrial, das águas de refrigeração, das águas pluviais contaminadas e do esgoto doméstico.

Este critério, então, procura responder, para cada indústria, as seguintes questões: a indústria dispõe de um inventário dos efluentes líquidos gerados em seu processo industrial? A indústria adota alguma técnica de minimização de efluentes líquidos?

As respostas obtidas permitem concluir se a indústria preocupa-se com a geração e a redução de efluentes líquidos nos processos produtivos. Ressalta-se, ainda, que os efluentes líquidos industriais são peculiares a cada tipologia industrial, pois depende da matéria prima utilizada no processo, de propriedades físicas, químicas, biológicas, entre outros.

J: Eficiência energética

Segundo a Agência Internacional de Energia (sigla em inglês – IEA, 2015), eficiência energética consiste em uma forma de gerir e restringir o aumento do consumo

de energia. Assim, algo apresenta maior eficiência energética à medida que oferece mais serviços utilizando a mesma quantidade inicial de energia ou, em outras palavras, se algo oferece os mesmos serviços utilizando menor quantidade de energia. Por exemplo, quando uma lâmpada fluorescente compacta utiliza menos energia (um terço a um quinto) do que uma lâmpada incandescente para produzir a mesma quantidade de luz, diz-se que a lâmpada fluorescente compacta é considerada mais eficiente em termos energéticos.

Neste sentido, há duas questões a serem respondidas neste critério, para cada indústria do DI, a saber: a indústria adota alguma medida de eficiência energética em seu processo produtivo? A indústria já implementou alguma medida de eficiência energética em sua instalação predial?

Logo, o objetivo de aplicar este critério nos empreendimentos instalados no distrito industrial consiste em verificar a adoção de medidas de eficiência energética na indústria como um todo, tanto no processo produtivo quanto nas instalações do(s) prédio(s) que utiliza.

A Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG, 2015) destaca que, dentre os projetos de eficiência energética implementados nas indústrias, é possível identificar algumas tendências setoriais rumo à adoção de medidas de eficiência energética, tais como: o uso de inversores de frequência em túnel de resfriamento, a substituição de fornos em padarias e o uso de compressores VSD nas indústrias de alimento e bebidas; a melhoria, em termos energéticos, de filatórios na indústria têxtil; a implantação de projetos de cogeração nas siderúrgicas integradas; o uso de compressores VSD em indústrias metalúrgicas; o bombeamento com inversores e recuperação de calor na indústria de papel e celulose; modificações nos ciclones no processo e o uso de inversores em correias transportadoras das indústrias de mineração de metálicos; a recuperação de calor para outros fins nas indústrias de fundição; entre outras medidas de eficiência energética adotadas em outros segmentos industriais.

b) Aplicação dos critérios e cálculo do grau de transformação (g)

Primeiramente, é necessário buscar dados e informações referentes a cada critério selecionado sobre os empreendimentos que compõem o DI em estudo.

Os dados e as informações acerca das indústrias investigadas podem ser obtidos no setor privado e/ ou no setor público. No caso do setor privado, a obtenção de dados e

informações ocorre através do contato com as indústrias, aplicando questionários aos gestores dos empreendimentos. Um modelo de questionário utilizado encontra-se no Anexo 1.

No setor público, é possível obter os dados e as informações dos empreendimentos instalados em um DI por meio do contato com a Prefeitura Municipal e, também, da consulta aos documentos dos processos de licenciamento ambiental, disponíveis nos órgãos ambientais responsáveis pela concessão das licenças ambientais aos empreendimentos em análise.

No entanto, não se pode deixar de lado a grande dificuldade, comumente encontrada, em obter dados e informações de processos industriais junto às próprias indústrias, devido à hesitação das mesmas, em sua maioria, em fornecer informações referentes à necessidade de insumos e à geração de resíduos em seus processos produtivos. Como exemplo, esse obstáculo foi destacado por GNANAPRAGASAM (2013) durante a busca por oportunidades de EI no Distrito Portland, situado em Toronto. Soma-se a essa dificuldade, a cultura local, visto que muitas indústrias desconhecem os benefícios proporcionados pela adoção dos princípios da EI. Considerando os obstáculos expostos, conclui-se, assim, que o acervo de dados e informações públicos consiste em uma fonte segura e de maior facilidade de acesso para a obtenção das informações requeridas e, conseqüentemente, a realização da análise proposta.

Após a obtenção dos dados e das informações necessários sobre as indústrias do DI, deve-se analisar o atendimento dos critérios selecionados por cada empreendimento, ou seja, quais critérios e de que modo esses critérios foram atendidos por cada indústria.

Neste sentido, com o intuito de avaliar o grau de atendimento dos critérios necessários à adaptação e transformação de um distrito industrial em PIE, para cada um dos empreendimentos, é proposto um indicador *grau de transformação “g”*, atribuindo a ele três valores possíveis, a saber: “1”, no caso da indústria não atender ao respectivo critério; “2”, para a indústria que atender parcialmente o respectivo critério; e “3”, no caso da indústria que atender de modo integral o respectivo critério.

Recomenda-se que, ao finalizar esta atividade, uma síntese dos resultados obtidos seja inserida em uma tabela, relacionando cada empreendimento analisado com os critérios e respectivos graus de transformação “g”.

c) Determinação da importância dos critérios

Após selecionar os critérios na atividade “a” e analisá-los em cada empreendimento de um distrito industrial na atividade “b”, propõe-se o indicador *grau de importância*, “h”, sendo $1 \leq h \leq 10$, de modo a identificar, no conjunto de critérios selecionados, aqueles que são mais importantes no processo de transformação de um distrito industrial em PIE.

Esses indicadores podem assumir valores inteiros pertencentes ao intervalo de 1 a 10, considerando-se o valor “1” como o mais fraco ou menos importante e o valor “10” como o mais forte ou muito importante. Desse modo, quanto mais próximo de “1” o valor dos indicadores, significa que os respectivos critérios não são tão relevantes no processo de adaptação e transformação de um DI em um PIE, e o contrário, para os indicadores que assumem valores mais próximos a “10”.

A atribuição do indicador “h” a cada critério consiste, a princípio, em uma avaliação subjetiva acerca da importância dos critérios selecionados em um processo de transformação de um distrito industrial em Parque Industrial Ecológico, podendo-se usar o conhecimento de especialistas em Ecologia Industrial e experiências internacionais disponíveis na literatura sobre distritos industriais adaptados e transformados em PIEs.

Assim sendo, com base na literatura e nas reuniões de orientação da presente dissertação, foi definido o conjunto das importâncias. Em seguida, foram consultados três especialistas na área de Ecologia Industrial, sendo duas pesquisadoras da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), no Estado do Rio de Janeiro, e uma professora da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), no Estado de Minas Gerais.

Nas reuniões de *brainstorming*⁴ realizadas com os especialistas, apresentou-se a metodologia proposta neste estudo e cada especialista apresentou a sua avaliação sobre a importância de cada critério considerado no processo de transformação de um distrito industrial em PIE. Então, o valor do *grau de importância* “h” atribuído a cada critério resultou de um consenso geral entre os participantes acerca da importância de cada critério no processo de conversão do distrito industrial em PIE.

⁴ *Brainstorming* consiste na reunião de um grupo de pessoas com o objetivo de gerar soluções (ou ideias) para um problema analisado. Assim, *brainstorming* pode ser traduzido para o português como “tempestade de ideias” (FILHO, 2010).

De forma sintética, são apresentados, a seguir, os valores atribuídos aos indicadores “h” associados aos critérios selecionados para a análise das dimensões relacionamento, infraestrutura e sustentabilidade no DI.

A: Atores envolvidos

Segundo VEIGA (2007), “*a parceria e a cooperação entre os atores envolvidos no desenvolvimento de um empreendimento é um conceito em formação no Brasil*”. Não existe uma regra em que os empreendimentos localizados em distritos industriais devem receber a “atuação” de segmentos do poder público e da comunidade. É possível observar que há casos nos quais o setor privado (a indústria) recebe a atuação de órgãos do poder público de alguma forma, assim como pode receber, também, ações da comunidade. Mas existem empreendimentos que não se relacionam nem com o setor público e, principalmente, não possuem contato com a comunidade.

Além disso, a autora afirma que “*o grau de participação de cada um dos atores pode variar de acordo com a vontade e interesse de cada parte*”, o que pode contribuir para que a indústria realize suas atividades de forma isolada e independente.

Por outro lado, LOWE (2001) enfatiza que, na realidade, um PIE representa uma parceria entre a comunidade, empresas de desenvolvimento, as indústrias envolvidas no PIE e possíveis agências nacionais, uma vez que alguns benefícios socioambientais podem resultar da cooperação entre os atores envolvidos, cada um contribuindo com sua experiência, conhecimento e recursos (mão de obra, capital, tecnologia, aspectos legais, entre outros) disponíveis.

GRAEDEL (2006) destaca alguns fatores positivos advindos da cooperação entre os atores envolvidos ao compartilharem suas experiências e conhecimentos, como novas ideias quanto à escolha dos insumos utilizados nos processos produtivos e soluções para o aumento da eficiência energética nas atividades industriais, assim como para a redução dos efluentes líquidos industriais, além de projetos de reciclagem.

Como exemplo da importância da atuação do setor público nas indústrias de um PIE, têm-se as experiências de elaboração de PIE nos Estados Unidos, ao longo dos anos 1990, devido ao apoio do governo e da Agência de Proteção Ambiental (sigla em inglês - EPA), (CÔTÉ e ROSENTHAL, 1998).

No caso particular de Minas Gerais, é comum a realização de Audiências Públicas na implantação de distritos industriais (e de outros empreendimentos), com o

intuito de se discutir os resultados apresentados no Estudo de Impacto Ambiental, permitindo, na maioria das vezes, a participação de diferentes atores interessados no processo, que possuem ou não um grau de conhecimento e compreensão sobre o projeto e suas consequências à sociedade e ao meio ambiente.

Pelo fato de haver indústrias já estabelecidas no DI e a conseqüente necessidade de estudos ambientais sobre a realização das atividades industriais, o setor público atua, de certa forma, nos distritos industriais através do licenciamento e do controle ambiental de tais empreendimentos. Nas diferentes fases dos projetos industriais, o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), o Plano de Controle Ambiental (PCA), o Relatório de Controle Ambiental (RCA), o Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental (RADA) e os relatórios de monitoramento e gerenciamento ambiental auxiliam na detecção de melhorias nas indústrias instaladas.

Segundo LOWE (2001), as empresas privadas de desenvolvimento têm realizado um papel importante na operação de parques industriais nos países asiáticos, principalmente no gerenciamento das atividades do PIE. Além disso, a cooperação entre as indústrias do DI, para criar programas sociais e realizar seminários acerca dos benefícios proporcionados pela adoção dos instrumentos de EI, também representa um fator positivo ao funcionamento de um PIE.

Outro aspecto de grande importância para o sucesso na transformação de um distrito industrial em PIE é a participação da comunidade. A conscientização de todos os atores dos benefícios advindos de tal mudança pode colaborar significativamente para a adaptação do DI.

No entanto, a realidade observada em vários distritos industriais é bastante distinta dos princípios da EI, principalmente em relação à atuação conjunta do setor público, do setor privado e da comunidade. Mas, indústrias que contam com a participação de outros agentes, sejam do setor privado, público ou membros da comunidade, podem desenvolver mais facilmente a cultura da EI.

Diante do exposto, é possível concluir que a identificação dos atores envolvidos em cada indústria do DI é essencial para o processo de transformação deste em PIE. Logo, foi atribuído o valor “10” à importância dos atores envolvidos nos empreendimentos do distrito industrial.

B: Fontes de financiamento

Este critério busca analisar a cooperação entre o setor público e o setor privado estabelecida com o objetivo de financiar alguma atividade nos empreendimentos do distrito industrial. Assim, diferentemente do critério anterior, aqui o foco está na parceria público privada (PPP) sob a ótica financeira.

De acordo com LOWE (2001), o setor privado está presente no distrito industrial por meio da atuação das próprias indústrias, mas é capaz de realizar maiores investimentos, principalmente no que se refere aos elementos tecnológicos. O autor também destaca que muitas oportunidades para melhorar o desempenho ambiental dos empreendimentos pode exigir a partilha dos custos entre os membros do setor privado, resultando em benefícios para a comunidade. Ao operar um PIE, é importante reconhecer a possibilidade de que essas oportunidades podem ser perdidas, a menos que as partes interessadas identifiquem métodos para negociar recursos financeiros e benefícios entre os setores público e privado. Com alguns recursos públicos, as indústrias podem realizar investimentos adicionais para viabilizar melhorias que antes não eram acessíveis.

Como exemplo da importância de uma cooperação entre os setores público e privado, tem-se o ecossistema industrial de Kalundborg, mencionado no capítulo anterior. O início do desenvolvimento de Kalundborg ocorreu devido à parceria entre as indústrias e o governo do município para, dentre outras finalidades, diminuir os custos operacionais dos empreendimentos (MOTTA e CARIJÓ, 2013).

É verdade que, em um DI em operação, as instalações industriais já foram construídas e elementos tecnológicos já existem. Assim, ao transformar esse distrito industrial em PIE, a infraestrutura existente será utilizada e, por isso, as fontes de financiamento analisadas não seriam destinadas a construção de um PIE em um local vazio ou abandonado e, sim, para adaptações e melhorias dos serviços existentes. Por essa razão, este critério não assume o valor máximo de importância.

Por outro lado, raramente existe uma parceria entre as indústrias instaladas no DI, assim como em relação à cooperação entre estas e os entes públicos, prejudicando a aquisição de recursos e incentivos necessários à realização de melhorias nas esferas social e ambiental, bem como a instalação de novos empreendimentos que atendem aos critérios de formação do PIE, potencializem a SI no local e manifestem o interesse de se instalar em lotes ainda não ocupados do DI.

Desse modo, considerando todos os motivos expostos, foi atribuído o valor “8” à importância das fontes de financiamento dos empreendimentos do distrito industrial.

C: Relação de troca e/ou venda

Como destacado nos critérios anteriores, a cooperação entre os empreendimentos do distrito industrial é fundamental à operação de um PIE. O bom relacionamento entre os gestores das indústrias facilita o desenvolvimento e a consolidação de possíveis parcerias entre esses empreendimentos.

Outro elemento de um PIE é a realização de atividades de SI. Por isso, a identificação de fluxos, já existentes, de matéria e energia entre as indústrias do distrito industrial contribuem fortemente para o desenvolvimento da SI e a transformação do DI em PIE.

Este critério, portanto, verifica o relacionamento existente entre os empreendimentos do DI, buscando identificar ações voluntárias entre as indústrias, por meio de trocas de insumos, resíduos ou produtos, assim como relações baseadas em acordos comerciais de venda de insumos, resíduos ou produtos.

Com o intuito de exemplificar a importância de uma integração pré-existente entre as indústrias para a implantação de instrumentos da EI, tem-se, novamente, a experiência dinamarquesa de Kalundborg, cujo desenvolvimento foi fortalecido devido a alguns aspectos locais, como a integração pré-existente entre as indústrias, o interesse em promover o desenvolvimento sustentável, os acordos comerciais e a cooperação voluntária entre os atores (CÔTÉ e ROSENTHAL, 1998).

Assim sendo, no caso de um DI em operação, a identificação de trocas voluntárias, seja de insumos, resíduos ou produtos secundários/ finais, sinalizam uma determinada cooperação entre as indústrias envolvidas. A existência de acordos de venda de insumos, resíduos ou produtos também apontam um relacionamento já estabelecido entre elas. Até mesmo o envio de resíduos do processo produtivo de um empreendimento para outro, sem necessariamente haver uma “troca” de material entre eles, contribui para o desenvolvimento e o fortalecimento da cultura de EI no DI, uma vez que demonstra uma parceria entre as indústrias.

Por essa razão, foi atribuído o valor “10” à importância das relações de troca e/ou venda entre os empreendimentos do distrito industrial.

D: Infraestrutura viária e serviços de transporte

Segundo TANIMOTO (2004), um obstáculo encontrado ao implantar atividades de SI em determinada região, e que deve ser trabalhado pelos atores envolvidos nas trocas simbióticas, refere-se à inexistência de um modal de transporte adequado que facilite, por exemplo, o intercâmbio entre o gerador de resíduos e os potenciais consumidores desses resíduos.

Fluxos de matéria e energia entre os empreendimentos são viabilizados, dentre outros fatores, por meio de um serviço de transporte, adequado ao tipo de material a ser enviado de um local a outro. O uso de um sistema de transporte implica, por sua vez, na necessidade de uma infraestrutura viária.

No entanto, um DI em operação possui uma infraestrutura viária já estabelecida, que permanecerá em uso quando esse distrito for convertido em PIE. De forma análoga, as indústrias localizadas no DI normalmente já dispõem de serviços de transporte que podem ser utilizados no PIE para o transporte de insumos, produtos, resíduos e pessoas. Logo, não se observa, a priori, a necessidade de implantar um novo sistema viário e substituir todos os serviços de transporte disponíveis no local por outros meios de transporte.

Por outro lado, torna-se relevante, neste contexto, avaliar se o sistema viário do DI apresenta boas condições de uso ou se requer melhorias. Além disso, é aconselhável verificar se os atuais serviços de transporte, utilizados pelas indústrias do DI, são capazes de transportar corretamente todo o material necessário à realização dos processos industriais e os resíduos gerados nas indústrias, em outras palavras, se tais serviços estão adequados para consolidar as atividades de SI.

Assim sendo, algumas adaptações no sistema viário e/ou nos serviços de transporte das indústrias podem ser necessárias a fim de possibilitar as trocas simbióticas, caso ainda não existam no DI, ou melhorar os fluxos de energia e materiais já consolidados.

Desse modo, foi atribuído o valor “5” à importância da infraestrutura viária e dos serviços de transporte dos empreendimentos do distrito industrial.

E: Serviços de uso comum

Nos distritos industriais em operação, é possível encontrar alguns serviços de uso comum entre as indústrias, como estação de tratamento de efluentes, depósitos para armazenar insumos ou resíduos, atividades relacionadas à reciclagem de materiais, além de restaurantes e bancos. Entretanto, para o bom funcionamento de um PIE, VEIGA (2007) propõe a implantação de todos os serviços comuns citados em sua metodologia.

Na transformação de um DI em PIE, a implantação de uma CGI pode viabilizar o agrupamento de informações que se encontram dispersas nas indústrias, simplificando a operacionalização do PIE, uma vez que possibilita o acompanhamento e gerenciamento do fluxo de dados e informações comuns, a economia de materiais, a redução de mão de obra, a expansão da capacidade produtiva, o controle das sinergias existentes entre as indústrias e controle e gestão dos serviços e atividades comuns.

Uma ETE coletiva também pode ser implantada no DI, possibilitando o tratamento dos efluentes líquidos gerados no processo produtivo das indústrias e demais instalações do local. A implantação desta ETE exige a verificação da legislação aplicável e das condições do DI, com o intuito de avaliar uma possível minimização de geração de efluentes assim como o reúso da água do efluente. Neste sentido, os estudos ambientais podem auxiliar a implantação de uma ETE coletiva pelo fato de fornecer dados importantes sobre os processos produtivos e o ambiente local.

É comum que, em um DI, a gestão dos resíduos gerados nas atividades industriais seja de competência de cada indústria individualmente, diferentemente do que ocorre em um PIE. Desse modo, torna-se necessária a implantação de uma central para armazenar e distribuir os resíduos, conforme os fluxos que forem estabelecidos entre os empreendimentos. A central de resíduos auxilia a análise e o controle dos fluxos de resíduos gerados e permutados, com o objetivo de atender a demanda das indústrias.

É possível que alguns empreendimentos instalados no DI já realizem atividades relacionadas ao processo de reciclagem de materiais, via coleta seletiva, mas a criação de uma central de reciclagem e artesanato pode auxiliar a troca de resíduos e demais produtos no PIE.

Ressalta-se, ainda, que conforme os segmentos industriais do DI, a implantação de centrais destinadas à reciclagem de óleos lubrificantes e solventes, respectivamente,

pode contribuir para a economia de recursos e a proteção ao meio ambiente, visto que esses resíduos deixam de ser dispostos no mesmo.

Alguns distritos industriais apresentam os serviços citados, que serão utilizados no PIE, a fim de aproveitar a infraestrutura existente e economizar recursos. No entanto, raramente esses serviços são compartilhados por todos os empreendimentos do DI. Logo, as indústrias que compartilham serviços, por sua vez, demonstram uma integração entre si e, portanto, estão mais aptas a integrar um PIE do que aquelas que atuam de forma individual nas atividades que podem ser realizadas em conjunto.

Assim sendo, a análise deste critério permite identificar os serviços compartilhados pelos empreendimentos do DI e, conseqüentemente, trabalhar estratégias para promover o compartilhamento desses serviços por mais indústrias, facilitando o gerenciamento das atividades do PIE, proposta na “Etapa 2” desta metodologia. Além disso, a análise deste critério pode revelar alguma infraestrutura, necessária à operação de PIEs, mas não utilizada pelas indústrias do DI e, por isso, deve ser implementada posteriormente.

Diante do exposto, foi atribuído o valor “9” à importância dos serviços de uso comum entre os empreendimentos do distrito industrial.

F: Sistema de Gestão Ambiental

Algumas experiências internacionais acerca do desenvolvimento de PIEs ressaltam a importância de mecanismos implantados pelas indústrias com o intuito de gerenciar o meio ambiente local e minimizar os danos ocasionados à comunidade devido à operação das fábricas.

DEPPE (2005) destaca o PIE Londonderry, localizado nos Estados Unidos, que foi o PIE pioneiro na implantação de um SGA, com o intuito de organizar os procedimentos ambientais, facilitar a comunicação de objetivos, impactos e soluções, viabilizando a melhor troca de ideias entre as instalações.

Entretanto, conforme mencionado, a análise deste critério busca identificar, nas indústrias do DI, elementos associados à gestão ambiental e não, necessariamente, um SGA implantado completamente, visto que as indústrias que monitoram a qualidade do meio ambiente, investem continuamente na melhoria do desempenho ambiental ou executam alguma política ambiental, sinalizam maior preocupação com as questões ambientais, sendo, portanto, um fator importante para integrar um PIE.

Os estudos ambientais sobre os empreendimentos instalados em um DI fornecem, de modo geral, dados sobre o monitoramento da qualidade do meio ambiente realizado e medidas de melhoria contínua do desempenho ambiental adotadas por tais indústrias. Desse modo, esses documentos abordam aspectos relacionados à gestão ambiental e são elaborados para todos os empreendimentos, uma vez que os estudos ambientais integram o processo de licenciamento ambiental das indústrias. Como consequência, as indústrias de um DI, em sua maioria, apresentam medidas de gestão ambiental, não apenas devido aos estudos ambientais, mas também pelo fato de que “proteger o meio ambiente” consiste em uma boa estratégia de *marketing*.

Diante do exposto, foi atribuído o valor “7” à importância do Sistema de Gestão Ambiental dos empreendimentos do distrito industrial.

G: Certificação ambiental

Conforme mencionado no critério anterior, as indústrias estabelecidas em um DI podem ou não implantar um SGA. Assim, as indústrias que apresentam uma certificação ambiental com base na norma ISO 14.001:2004 executam corretamente uma política ambiental, sinalizando uma importante atuação em relação ao meio ambiente. Por essa razão, foi atribuído o valor “8” à importância da certificação ambiental dos empreendimentos do distrito industrial.

H: Gestão de resíduos sólidos

Segundo NASCIMENTO *et al.* (2006), a organização dos resíduos gerados nos processos produtivos de um DI, em termos de volume e qualidade, é essencial ao desenvolvimento e à consolidação de relações de SI no local, estabelecendo redes cíclicas de reutilização de materiais ao promover o uso do resíduo produzido por uma indústria como matéria-prima em outro processo produtivo, reduzindo o volume de resíduos finais e os custos com transporte de resíduos para um local situado fora do DI.

Neste sentido, a disponibilidade de um inventário qualitativo e quantitativo, contendo todos os resíduos sólidos gerados pelas indústrias, caracterizados conforme a Norma NBR 10.004, as quantidades produzidas e as respectivas taxas de geração (diária, semanal, mensal ou anual), é essencial para estabelecer atividades de SI no DI e impulsionar a transformação desse distrito em PIE.

Para exemplificar a importância de um inventário de resíduos no PIE, destaca-se a experiência canadense de implantar um Centro de Produção Mais Limpa no Parque

Industrial *Burnside*, em Nova Escócia. Uma das dificuldades encontradas em *Burnside* foi a ausência de um inventário de resíduos, o que impossibilitava o intercâmbio de materiais entre as indústrias (GNANAPRAGASAM, 2013).

Desse modo, a análise deste critério permite identificar a organização das indústrias quanto aos seus resíduos sólidos, sendo que as indústrias organizadas são mais aptas a integrar um PIE.

Além da organização industrial, informações acerca da gestão dos resíduos sólidos gerados são essenciais a este estudo, visto que a existência de uma política de gerenciamento de resíduos sólidos pode contribuir para a melhor adaptação da indústria ao PIE.

Vale salientar, ainda, que os resíduos sólidos consistem na base do intercâmbio de materiais entre os empreendimentos do DI, proposto através das matrizes de sinergia apresentadas na “Etapa 2” desta metodologia.

Desse modo, foi atribuído o valor “10” à importância dos resíduos sólidos gerados nas atividades industriais dos empreendimentos localizados no distrito industrial.

I: Gestão dos efluentes líquidos industriais

De acordo com NASCIMENTO *et al.* (2006), o sucesso de um PIE está condicionado a adoção de diversas estratégias que resultem na mudança da forma de planejar, construir e gerenciar os sistemas industriais, em conjunto com o ecossistema, a economia e a sociedade.

Neste sentido, uma das estratégias destacadas pelos autores refere-se à água, um dos insumos mais importantes na realização das atividades industriais. Assim, defende-se a conservação do recurso hídrico utilizado pelas indústrias, por meio do reaproveitamento do fluxo de água de outros processos, reduzindo a deposição final de efluentes líquidos no meio ambiente e, também, despesas com o consumo de água.

Observa-se, portanto, a importância de minimizar a geração de efluentes líquidos no DI, uma vez que resultam de atividades industriais e, portanto, estão presentes no DI, podendo ocasionar danos ao meio ambiente e à saúde do ser humano caso não sejam devidamente tratados e descartados.

Destaca-se, também, que, para a redução dos efluentes líquidos industriais, é necessária a organização das indústrias quanto aos seus efluentes líquidos, disponibilizados através de inventários, sendo que as indústrias organizadas são mais aptas a integrar um PIE.

Assim sendo, a análise deste critério permite averiguar a adoção de medidas de redução de geração de efluentes líquidos nos processos industriais do DI. Logo, a ocorrência dessas medidas nas fábricas do DI pode sinalizar a atuação positiva da indústria em relação aos aspectos ambientais, fortalecendo a cultura da EI no DI e impulsionando a sua conversão em PIE. No entanto, os efluentes líquidos industriais não caracterizam o foco das atividades de SI, estudadas na “Etapa 2”.

Desse modo, foi atribuído o valor “8” à importância dos efluentes líquidos industriais nos empreendimentos do distrito industrial.

J: Eficiência energética

TANIMOTO (2004) afirma que uma medida estratégica para o bom funcionamento de um PIE consiste em projetar e construir unidades e infraestrutura que enfatizem a eficiência energética no local, pois, ao realizar os processos produtivos e manter toda a instalação industrial operando a partir de um menor consumo energético, as indústrias reduzem as emissões dos gases de efeito estufa, que contribuem para a degradação do ar atmosférico.

Para NASCIMENTO *et al.* (2006), uma boa medida a ser adotada a fim de impulsionar o sucesso de um PIE consiste em identificar as fontes energéticas empregadas nas atividades industriais, propondo a maximização da eficiência energética em duas esferas: individual, com o objetivo de diminuir os gastos com energia, de cada indústria, por meio de construções que apresentem eficiência térmica e luminosa, além de melhores equipamentos; e coletiva, através da cogeração – utilização do calor liberado durante a produção de eletricidade – e da utilização em cascata – a energia residual de um processo de fabricação é utilizada como fonte de energia em outro processo.

Desse modo, é possível observar a importância que a eficiência energética apresenta em um PIE.

A ocorrência de medidas que elevam a eficiência no uso de energia nos empreendimentos do DI, indica uma atuação positiva das indústrias em relação à

redução do consumo de energia e da degradação ambiental. Porém, adotar uma medida de eficiência energética não é suficiente para afirmar que a indústria preocupa-se com as questões ambientais, visto que várias empresas “incorporam” a ideia de “consumir menos energia” apenas por questões financeiras individuais, diferentemente do princípio de cooperação que rege o funcionamento de um PIE.

Por todos os motivos expostos, foi atribuído o valor “8” à importância da eficiência energética nos empreendimentos do distrito industrial.

d) Cálculo dos pesos relativos

Após a definição do indicador *grau de importância* “**h**” para todos os critérios, calcula-se o *peso relativo* “**r**” de cada critério que, por sua vez, consiste na normalização da escala, ou seja, o quociente entre o valor atribuído à importância do respectivo critério e o valor total da soma do conjunto de importâncias dos indicadores “**h**”.

Os valores atribuídos ao *grau de importância* “**h**” e *peso relativo* “**r**”, para cada um dos critérios selecionados, estão compilados na Tabela 1 a seguir. Nota-se que **h₁** representa a importância do critério **A** e **r₁** consiste no peso relativo do critério **A**. Logo, o símbolo “**t**” que acompanha as variáveis “**h**” e “**r**” na tabela abaixo varia de 1 a 10 para referir-se, respectivamente, aos critérios A a J, dispostos em ordem alfabética.

Tabela 1: Indicadores grau de importância “**h**” e peso relativo “**r**” dos critérios analisados na transformação de um DI em PIE

| Critérios | Grau de importância (h _t) | Peso relativo (r _t) |
|-----------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| A | h₁ = 10 | r₁: 10/83 = 0,1205 |
| B | h₂ = 8 | r₂: 8/83 = 0,0963 |
| C | h₃ = 10 | r₃: 10/83 = 0,1205 |
| D | h₄ = 5 | r₄: 5/83 = 0,0604 |
| E | h₅ = 9 | r₅: 9/83 = 0,1085 |
| F | h₆ = 7 | r₆: 7/83 = 0,0844 |
| G | h₇ = 8 | r₇: 8/83= 0,0963 |
| H | h₈ = 10 | r₈: 10/83 = 0,1205 |
| I | h₉ = 8 | r₉: 8/83 = 0,0963 |
| J | h₁₀ = 8 | r₁₀: 8/83 = 0,0963 |
| | Total: 83 | Total: 1 |

Fonte: Elaboração própria

Após a seleção dos critérios, a aplicação dos indicadores grau de transformação “g” em cada empreendimento do distrito industrial em estudo e a definição do grau de importância “h” dos critérios e respectivo peso relativo “r”, torna-se necessário realizar uma análise com o intuito de qualificar o nível do conjunto de empreendimentos instalados no distrito industrial.

Considerando o objetivo desta etapa da metodologia – avaliar o potencial de um distrito industrial para ser convertido em PIE – propõe-se a realização das atividades “e”, “f” e “g” (apresentadas na Figura 8), que auxiliam a análise do nível do conjunto de empreendimentos do DI para a adaptação e transformação deste em PIE, uma vez que as atividades “e” e “f” descrevem os cálculos dos potenciais máximo e real de um DI para ser transformado em PIE, e a atividade “g” demonstra o cálculo do *grau de potencialidade* do DI.

e) Cálculo do *potencial máximo* “ P_{max} ” de um Distrito Industrial

Esta atividade tem como objetivo calcular o *potencial máximo* “ P_{max} ” apresentado por um conjunto de empreendimentos de um distrito industrial para ser transformado em PIE.

O potencial máximo de um DI existe quando todas as indústrias atendem a todos os critérios analisados de modo integral para transformar o DI em PIE. Porém, devido às diferenças já mencionadas entre distritos industriais e PIEs, as indústrias raramente irão atender a todos os critérios analisados.

No entanto, caso todas as indústrias do DI atendam perfeitamente aos critérios selecionados, deve-se atribuir o indicador *grau de transformação* “g” igual a “3” para todos os critérios em todos os empreendimentos, ou seja, g_{max} igual a “3”, uma vez que este representa o maior valor para o indicador “g”.

Desse modo, para obter o valor do *potencial máximo* “ P_{max} ” de um distrito industrial, deve-se realizar o somatório do produto entre o grau de transformação “ g_{max} ” e o peso relativo “r” para todos os critérios definidos. O resultado obtido desse somatório deve ser, então, multiplicado pelo número de empreendimentos (n) analisados, pois trata-se do caso em que todas as indústrias atendem perfeitamente a todos os critérios analisados.

Diante do exposto e considerando os dez critérios selecionados nesta metodologia, tem-se que, em termos matemáticos, o *potencial máximo* “ \mathbf{P}_{\max} ” é dado por:

$$\mathbf{P}_{\max} = \left[\sum_{t=1}^{10} (\mathbf{g}_{t\max} \times \mathbf{r}_t) \right] \times \mathbf{n},$$

que implica em:

$$\mathbf{P}_{\max} = [\mathbf{g}_{1\max} \times \mathbf{r}_1 + \mathbf{g}_{2\max} \times \mathbf{r}_2 + \mathbf{g}_{3\max} \times \mathbf{r}_3 + \mathbf{g}_{4\max} \times \mathbf{r}_4 + \mathbf{g}_{5\max} \times \mathbf{r}_5 + \mathbf{g}_{6\max} \times \mathbf{r}_6 + \mathbf{g}_{7\max} \times \mathbf{r}_7 + \mathbf{g}_{8\max} \times \mathbf{r}_8 + \mathbf{g}_{9\max} \times \mathbf{r}_9 + \mathbf{g}_{10\max} \times \mathbf{r}_{10}] \times \mathbf{n}$$

Substituindo os valores de \mathbf{g}_{\max} e \mathbf{r} , tem-se:

$$\mathbf{P}_{\max} = 3 \mathbf{n}$$

Logo, o *potencial máximo* \mathbf{P}_{\max} de um distrito industrial existente, para ser transformado em PIE, é obtido através do uso da expressão matemática “ $\mathbf{P}_{\max} = 3 \mathbf{n}$ ”.

f) Cálculo do *potencial real* “ \mathbf{P}_{real} ” de um Distrito Industrial

Esta atividade tem como objetivo calcular o *potencial real* “ \mathbf{P}_{real} ” apresentado por um conjunto de empreendimentos de um DI para ser transformado em PIE.

Diferentemente do *potencial máximo* do distrito industrial, calculado na atividade anterior, o *potencial real* “ \mathbf{P}_{real} ” de um DI refere-se ao verdadeiro potencial de seus empreendimentos integrarem um PIE, ou seja, consiste no potencial das indústrias de compor um PIE considerando o real *grau de transformação* “ \mathbf{g} ” atribuído a cada critério analisado em todos os empreendimentos, conforme o proposto na atividade “b”.

Assim, para obter o *potencial real* de um distrito industrial, torna-se necessário, primeiramente, calcular o potencial real “ \mathbf{P}_{real} ” de cada indústria (\mathbf{i}), ou seja, “ $\mathbf{P}_{\text{real } i}$ ”, visto que este potencial é obtido de acordo com a situação real em que se encontram os empreendimentos instalados no DI e essa realidade pode ser distinta entre as indústrias avaliadas. Calcula-se, então, para cada indústria do DI, o somatório do produto entre o indicador *grau de transformação* “ \mathbf{g} ” real (“ \mathbf{g}_{real} ”), atribuído aos critérios analisados na atividade “b”, e o respectivo peso relativo “ \mathbf{r} ” dos critérios.

Diante do exposto e considerando os dez critérios selecionados nesta metodologia, tem-se que, em termos matemáticos, o *potencial real* de uma indústria \mathbf{i} integrar um PIE, isto é, de “ $\mathbf{P}_{\text{real } i}$ ”, é dado por:

$$P_{\text{real } i} = \left[\sum_{t=1}^{10} (g_{\text{treal}} \times r_t) \right]$$

que implica em:

$$P_{\text{real } i} = g_{1\text{real}} \times r_1 + g_{2\text{real}} \times r_2 + g_{3\text{real}} \times r_3 + g_{4\text{real}} \times r_4 + g_{5\text{real}} \times r_5 + g_{6\text{real}} \times r_6 + g_{7\text{real}} \times r_7 + \\ g_{8\text{real}} \times r_8 + g_{9\text{real}} \times r_9 + g_{10\text{real}} \times r_{10}$$

O cálculo acima deve ser feito para todas as indústrias e, em seguida, os resultados obtidos para o potencial real dos empreendimentos devem ser somados, obtendo, portanto, o potencial real “ P_{real} ” do conjunto de empreendimentos do distrito industrial, dado por:

$$P_{\text{real}} = \left[\sum_{i=1}^n P_{\text{real } i} \right]$$

g) Cálculo do grau de potencialidade “s” de um Distrito Industrial

Considerando o objetivo desta etapa da metodologia – avaliar o distrito industrial e determinar o seu grau de potencialidade – esta atividade propõe o cálculo deste último indicador, o grau de potencialidade “s”, com o intuito de classificar o distrito industrial quanto ao seu potencial para ser adaptado e transformado gradualmente em PIE, finalizando a “Etapa 1”.

Neste sentido, o grau de potencialidade “s” consiste no quociente entre o potencial real do DI “ P_{real} ” e o potencial máximo do DI “ P_{max} ”, multiplicando o resultado por 100, para que o mesmo possa ser enquadrado em uma das classificações da escala percentual proposta adiante.

Assim sendo, em termos matemáticos, o grau de potencialidade “s” é dado por:

$$s = [P_{\text{real}} / P_{\text{max}}] \times 100$$

O valor obtido através do cálculo acima representa o nível do conjunto de empreendimentos de um distrito industrial para integrar um PIE, com base na avaliação realizada acerca do atendimento das indústrias aos critérios selecionados na adaptação e transformação de DI em PIE, assim como na importância atribuída a esses critérios.

O grau de potencialidade “s” é, então, classificado em uma escala percentual, apresentada na Tabela 2 a seguir, proposta com o intuito de hierarquizar o potencial apresentado por diferentes distritos industriais para serem transformados em PIEs, tomando-se como referência o indicador “s”.

Tabela 2: Grau de potencialidade “s” e o potencial para transformar um distrito industrial em Parque Industrial Ecológico

| Grau de potencialidade (s) | Potencial para transformar DI em PIE |
|----------------------------|--------------------------------------|
| $s < 30\%$ | Inexistente |
| $30\% \leq s < 50\%$ | Pequeno |
| $50\% \leq s < 70\%$ | Regular |
| $70\% \leq s < 90\%$ | Bom |
| $s \geq 90\%$ | Ótimo |

Fonte: Elaboração própria

Desse modo, é possível comparar distritos industriais e identificar aqueles mais aptos a sua transformação para PIE, facilitando a realização da próxima etapa desta metodologia, ou seja, a proposição de cenários que possibilitem a transformação do distrito em PIE. Por outro lado, também é possível detectar os distritos industriais com maiores limitações à adoção dos princípios da Ecologia Industrial, permitindo, assim, a elaboração de cenários adequados às condições desses distritos.

Vale salientar, ainda, algumas considerações acerca das possíveis classificações para o indicador “s” do DI. Se o *grau de potencialidade “s”* for classificado como potencial *inexistente* é provável que o conjunto de empreendimentos do DI não apresente condições de integrar um PIE, mas isso não justifica o abandono da aplicação de Ecologia Industrial no local. O resultado significa que a composição de um PIE é difícil, mas, para uma avaliação conclusiva, é necessário verificar as relações de Simbiose Industrial por meio de um “teste de sinergias”, principalmente nos distritos compostos por diferentes tipologias industriais. Em outras palavras, as possibilidades de trocas simbióticas no DI devem ser analisadas, a priori, com base na literatura existente sobre os segmentos industriais que compõem o distrito. Caso existam sinergias possíveis, propõe-se a implantação dos princípios da EI no distrito, através de seminários acerca de EI e o incentivo à consolidação de parcerias entre as indústrias, a fim de que estas apresentem um melhor atendimento aos critérios selecionados nesta etapa e possam atingir um maior indicador “s” em um segundo cálculo desse indicador, realizado após o fortalecimento da cultura de EI no local. Caso não exista nenhuma possibilidade de troca simbiótica, o DI em estudo deve ser descartado.

Se o *grau de potencialidade “s”* for classificado como potencial *pequeno* ou *regular*, o conjunto de empreendimentos do DI apresenta condições necessárias para integrar um PIE, mas devem ser realizadas adaptações em extensão inversamente proporcional ao valor “s” atingido.

Se o grau de potencialidade “s” for classificado como potencial *bom* ou *ótimo*, o conjunto de empreendimentos do DI apresenta condições suficientes para integrar um PIE, com pequenas alterações.

3.1.2 Etapa 2: Proposição de cenários para a transformação do Distrito Industrial em PIE

Nesta etapa, conforme mencionado, são propostos cenários que contém elementos para criar e fortalecer a adoção dos princípios da EI pelos empreendimentos do DI, viabilizando a transformação desse distrito em PIE.

Apesar de apresentarem algumas características comuns, citadas nos critérios da “Etapa 1”, cada DI possui aspectos peculiares, devido à diversos fatores, entre eles os segmentos industriais dos quais é composto. Neste sentido, os cenários propostos exploram os processos industriais realizados em determinado local e as possibilidades de sinergias entre tais processos, além de apontar mecanismos que direcionem a convenção e a gestão de um PIE.

A seguir são apresentados os cenários a serem elaborados nesta etapa, bem como as atividades necessárias à proposição de cada cenário. Destaca-se que os Cenários “1” e “2” são realizados considerando o distrito industrial como região de estudo, o Cenário “3” é proposto para o município e o Cenário “4”, para o caso de ampliar o número de empreendimentos do distrito industrial.

a) Cenário 1: Cenário Teórico

Este primeiro cenário busca identificar as tipologias industriais existentes no distrito industrial em estudo, assim como as necessidades de matéria e energia dos empreendimentos, com o intuito de verificar se é possível estabelecer atividades de Simbiose Industrial entre eles. Neste sentido, para a proposição deste cenário, torna-se necessária a realização de duas atividades (1 e 2), descritas a seguir, em todos os empreendimentos localizados no distrito industrial.

1) Identificação dos processos industriais

Para obter as necessidades de matérias primas e energia dos empreendimentos do DI, devem ser identificadas as cadeias produtivas do distrito e quantificados os

insumos, produtos e resíduos dos processos produtivos, assim como os fornecedores dos insumos e os consumidores dos produtos e resíduos.

A base de dados utilizada para a realização desta atividade consiste no contato com as indústrias e na consulta aos documentos dos processos de licenciamento ambiental disponibilizados pelos órgãos ambientais responsáveis pela concessão das licenças ambientais aos empreendimentos.

2) Composição da Matriz Teórica de Sinergia

A criação de uma rede para o intercâmbio de matéria e energia consiste em um dos elementos essenciais para a formação de um PIE. Por isso, após o término da atividade “1”, propõe-se a elaboração da Matriz “Teórica” de Sinergia, ou seja, uma matriz desenvolvida para demonstrar as possíveis sinergias entre as indústrias do DI e impulsionar as atividades de SI no mesmo. Neste sentido, a matriz apresenta os produtores e potenciais receptores dos resíduos gerados pelas indústrias do DI que poderiam ser transformados em insumos para outras indústrias localizadas no distrito.

Os processos produtivos de um DI geram uma variedade de resíduos, sendo que alguns destes materiais residuais podem ser reciclados quase imediatamente, incluindo óleos lubrificantes usados. Porém, outros devem ser submetidos a algum processo de transformação física capaz de transformá-los em matéria-prima para outros processos industriais, como garrafas PET e vidro. Ainda há alguns resíduos que exigem um processo de recuperação, tais como solventes diluídos em águas residuais.

À título de exemplificação, cita-se um estudo realizado na Revisão do Zoneamento Industrial da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (MAGRINI e MASSON, 2005), no qual é apresentada uma Matriz Base de Sinergia constituída para a transformação do Distrito Industrial de Campo Grande, localizado na Zona Oeste da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, em um Parque Industrial Ecológico. A Tabela 3 ilustra a referida matriz e revela que dez dos quinze resíduos gerados no Distrito Industrial de Campo Grande poderiam ser utilizados por indústrias localizadas no distrito. Ressalta-se, ainda, que ácidos, óleos lubrificantes, resíduos plásticos em geral e solventes oferecem grande potencial para reutilização. Além disso, a diversidade de resíduos gerados pode ser ampliada, não se devendo limitar a análise apenas aos resíduos ilustrados na tabela abaixo.

Tabela 3: Quadro síntese dos produtores de resíduos da ZEI Campo Grande e potenciais utilizadores na própria ZEI

| Mix Industrial | Resíduos Gerados | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|---|---|---|---|---|---|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Bebidas (levemente gaseificadas) | | | | | | P | | | | | P | | | P | P |
| Mineração | | | | | | | | P | | P | | | | | |
| Transporte de materiais (manutenção de veículos) | | | P | | | | | P | | | | P | | | |
| Mecânicas (fabricação, montagem e reparo de máquinas) | | | R | | | | | P/R | | | | | | | |
| Metalúrgicas (metais não ferrosos) | R | R | | | P | | | | | | | | | R | |
| Produtos plásticos | | | | | | | | R | | | P/R | | P/R | | |
| Produtos minerais não metálicos (concreto e tijolos) | | | R | | | | | P/R | P | R | | R | P/R | | |
| Produtos químicos (Asfalto) | | | | | | | | | | | R | | | | R |
| Produtos químicos (Inorgânicos) | P/R | P | | P | R | | | R | | | P | | | | |
| Produtos químicos (óleos lubrificantes e graxas) | | | | | | | | P | | | | | | P | |
| Produtos químicos (Orgânicos) | R | | | | | | | P | P/R | | | P/R | | P/R | |
| Produtos químicos (Orgânico-inorgânico) | R | | | | | | | P | P/R | | | P/R | | P/R | |
| Têxteis | | | | | | | | R | | | P/R | | | P | |

Legenda: P – Produtor de materiais residuais; R – Possível receptor de resíduo; P/R – Produtor e receptor de resíduo; 1 – Ácidos; 2 – Bases; 3 – Borra de tinta; 4 – Catalisadores; 5 – Escória metálica; 6 – Borra cáustica; 7 – Lodo de estação de tratamento; 8 – Óleos lubrificantes; 9 – Particulados; 10 – Pedras; 11 – Plásticos em geral; 12 – Pneus; 13 – Solventes; 14 – Torta de filtro; 15 – Vidro.

Fonte: Magrini e Masson (2005)

Destaca-se, também, que a composição da Matriz Base de Sinergia demonstra a possibilidade de futuros intercâmbios com indústrias localizadas nas proximidades, visto que alguns resíduos como catalisadores e lamas, que não podem ser utilizados pelas indústrias localizadas no DI, poderiam ser utilizados em outras plantas industriais. Como exemplos, sugere-se as indústrias farmacêutica, moveleira, de cimento, de materiais elétricos e de comunicação.

No Brasil, o setor cimenteiro é um grande receptor de resíduos, principalmente por meio da técnica de co-processamento. Esta indústria é capaz de absorver uma grande variedade de resíduos em seus processos de produção, como fonte de energia ou substituição de matérias primas. A escória da indústria metalúrgica, os resíduos da refinaria de petróleo, o carvão, os pneus, a madeira, os óleos usados, a areia e as misturas de plástico são exemplos de resíduos reutilizados através do co-processamento (MAGRINI e MASSON, 2005).

b) Cenário 2: Cenário Real

Este cenário é elaborado com o intuito de obter a Matriz Real de Sinergia e a efetiva consolidação do distrito industrial em PIE. Para isso, são propostas as atividades “1” e “2”, apresentadas a seguir.

1) Composição da Matriz Real de Sinergia

Uma vez analisado o *potencial real* de cada indústria (*i*) do distrito industrial, ou seja, " $P_{real\ i}$ ", na "Etapa 1", balizado com os resultados da Matriz Teórica de Sinergia do Cenário 1, seleciona-se os empreendimentos que apresentam o maior $P_{real\ i}$, idealmente $P_{real\ i}$ maior ou igual a "2", visto que este consiste em um significativo potencial para integrar um PIE, e que, também, sinaliza indústrias mais aptas a realizar atividades de Simbiose Industrial. Esses empreendimentos constituem, portanto, a Matriz Real de Sinergia que, em outras palavras, consiste em uma matriz de sinergia composta pelos empreendimentos de maior potencialidade para iniciar a adaptação e a transformação do distrito industrial em PIE. Assim, o processo de conversão do DI em PIE deve iniciar com as indústrias da Matriz Real de Sinergia.

2) Convenção e gestão do PIE

Esta atividade inclui todas as medidas necessárias à convenção do Parque Industrial Ecológico, ou seja, a conversão do DI em PIE e a gestão deste.

Para a efetiva transformação do distrito industrial em PIE, é fundamental a conscientização de todos que integram o DI quanto aos benefícios advindos de tal adaptação bem como as ações necessárias ao funcionamento adequado de um PIE. Desse modo, é necessário que os fundamentos da Ecologia Industrial sejam compreendidos por todos os atores envolvidos e por toda a comunidade, assim como os princípios que coordenam a operação e a gestão de um PIE devem integrar os empreendimentos do local.

Segundo TANIMOTO (2004), torna-se imprescindível a criação de um fórum de discussão reunindo as empresas, órgãos governamentais, universidades e outras instituições interessadas, que capitalizem a remoção de barreiras a fim de facilitar a implementação de ações de sinergia. Para o autor, essas barreiras podem ser fiscais, normativas, financeiras ou tecnológicas, com claro envolvimento de instituições de apoio a micros e pequenas empresas.

Na convenção do PIE, LOWE (2001) sugere algumas medidas, tais como:

- Realização de cursos e seminários com a participação dos parceiros e da comunidade;

- Definição de regulamentos internos para evitar futuros conflitos entre as indústrias;
- Consolidação das sinergias;
- Incentivo a práticas ambientais comuns;
- Treinamento e capacitação de pessoal;
- Definição de metas de desempenho ambiental;
- Desenvolvimento de ações em prol da comunidade local;
- Busca de parceria com órgãos públicos, uma vez que consistem em fontes de dados e representam parceiros potenciais na formação de PIE.

Para TANIMOTO (2004), a gestão do PIE envolve:

- Identificação contínua e exploração das sinergias entre as diferentes tipologias industriais;
- Manutenção da aproximação entre as instituições por meio da realização de seminários e encontros regulares com o intuito de fomentar novos parceiros.

Na gestão do PIE, LOWE (2001) propõe a criação de uma associação entre as indústrias para auxiliar o desenvolvimento de sinergias e o monitoramento constante das atividades executadas.

De acordo com LOWE (2005), é essencial a composição de uma equipe para gerir o PIE, formada por membros de cada indústria para participar da administração e das tomadas de decisão no PIE. O autor propõe algumas atribuições a essa equipe, tais como:

- Adoção de mecanismos para facilitar a troca de resíduos, inclusive com o mercado externo;
- Manutenção da cultura e da identidade do PIE como uma comunidade;
- Acompanhamento de tendências, tecnologias e oportunidades de negócios;
- Incentivos à melhoria contínua;
- Gestão e manutenção dos serviços de uso comum;
- Implantação de um Sistema de Gestão Ambiental coletivo;
- Contato permanente com instituições públicas e privadas.

De acordo com VEIGA (2007), a escolha de um empreendimento para ocupar a função de *indústria âncora* no DI pode auxiliar o processo de liderança do PIE, uma vez que essa indústria direciona as demais a seguir um padrão de capacitação e qualidade.

Por fim, destaca-se que a intensidade da aplicação dos mecanismos, propostos a seguir, pode variar conforme o grau de potencialidade do distrito industrial, isto é, quanto maior o *grau de potencialidade* “s” do distrito industrial, menor pode ser a intensidade da aplicação de determinadas medidas, visto que o distrito apresenta, a princípio, indícios de cooperação entre as indústrias, organização e gestão ambiental.

c) Cenário 3: Expansão da Simbiose Industrial para o município

Este cenário é proposto em duas situações: quando não são identificadas sinergias possíveis na Matriz Teórica de Sinergia, elaborada no Cenário “1”; e, também, com o intuito de ampliar a rede de Simbiose Industrial no município, ou seja, quando há resíduos gerados no distrito industrial que não podem ser aproveitados por nenhuma indústria do DI e/ ou para o aproveitamento de resíduos gerados em empreendimentos do município, situados fora do DI, por indústrias do distrito.

Neste sentido, o atual cenário é caracterizado pela realização das atividades “1” e “2” do Cenário 1, considerando como região de estudo toda a área municipal, uma vez que os municípios, de modo geral, não possuem todas as suas indústrias localizadas apenas no distrito industrial.

Assim, de modo semelhante ao Cenário 1, identificam-se os processos industriais realizados externamente ao DI, acrescentando-se os resíduos desses novos empreendimentos à Matriz Teórica de Sinergia, constituída anteriormente apenas pelas indústrias do DI.

Em seguida, é realizada a análise das possíveis sinergias indicadas pela nova Matriz Teórica de Sinergia, que inclui outros empreendimentos situados em áreas externas ao distrito industrial, fomentando a execução de trocas simbióticas e o fortalecimento da SI no município.

Logo, caso sejam identificadas possíveis sinergias entre empreendimentos situados no DI e indústrias localizadas em outras áreas do município, deve-se viabilizar a consolidação dessas trocas simbióticas através do contato com as indústrias.

Vale salientar, ainda, a importância de analisar os processos industriais realizados pelos empreendimentos situados fora do DI, pelo fato de estes caracterizarem possíveis destinos para os resíduos sólidos gerados no distrito industrial que não podem ser reutilizados por nenhuma indústria do distrito.

d) Cenário 4: Inclusão de novas indústrias no Distrito Industrial

Este cenário é proposto após a conversão do distrito industrial em Parque Industrial Ecológico e busca ampliar o mix de indústrias no DI para fomentar as relações de Simbiose Industrial no mesmo e potencializar a sua adaptação e consolidação em PIE.

O conjunto de empreendimentos encontra-se consolidado no DI em operação, mas considerações a respeito dos terrenos ainda não ocupados devem ser realizadas. Os lotes vazios podem ser ocupados por segmentos industriais adequados aos intercâmbios de matéria e de energia propostos no PIE em formação, ou seja, devem ser selecionados empreendimentos cujos processos produtivos possam se adaptar às possíveis conexões entre as atividades industriais já executadas no local.

Para a proposição do Cenário 4, portanto, deve-se dimensionar os lotes vazios e buscar tipologias industriais capazes de integrar o PIE. Isso pode ser feito com base nos resíduos já transitados no local e que não possuem destino ou, também, com base em insumos necessários ainda adquiridos de fornecedores externos ao PIE. Deve-se, ainda, criar mecanismos de atração aos novos empreendimentos, a fim de que os mesmos se instalem no DI.

Desse modo, este cenário propõe, inicialmente, a inclusão das novas indústrias na Matriz Teórica de Sinergia, elaborada no Cenário “1”. Em seguida, é proposta a transformação do distrito industrial em PIE com o auxílio das indústrias entrantes no DI, as quais podem se instalar no local de modo “adequado” a um PIE, seguindo os critérios analisados na “Etapa 1”, além de incentivar as demais indústrias já em operação no DI a adotarem medidas necessárias à sua integração ao PIE ainda inexistentes.

Em síntese, este cenário consiste em uma perspectiva mais avançada em relação aos cenários anteriores, uma vez que exige novos investimentos e a atração de novos atores para o distrito industrial.

Após a proposição de todos os cenários e a análise das sinergias possíveis, assim como o estudo sobre a possibilidade de expandir a SI no município e o conjunto de empreendimentos do distrito industrial, chega-se ao fim da metodologia proposta nesta dissertação.

Para auxiliar a compreensão e a análise das etapas dessa metodologia, é apresentado, a seguir, o fluxograma da Figura 9, o qual ilustra o sequenciamento das Etapas 1 e 2 e da proposição dos cenários, assim como os pontos de tomada de decisão.

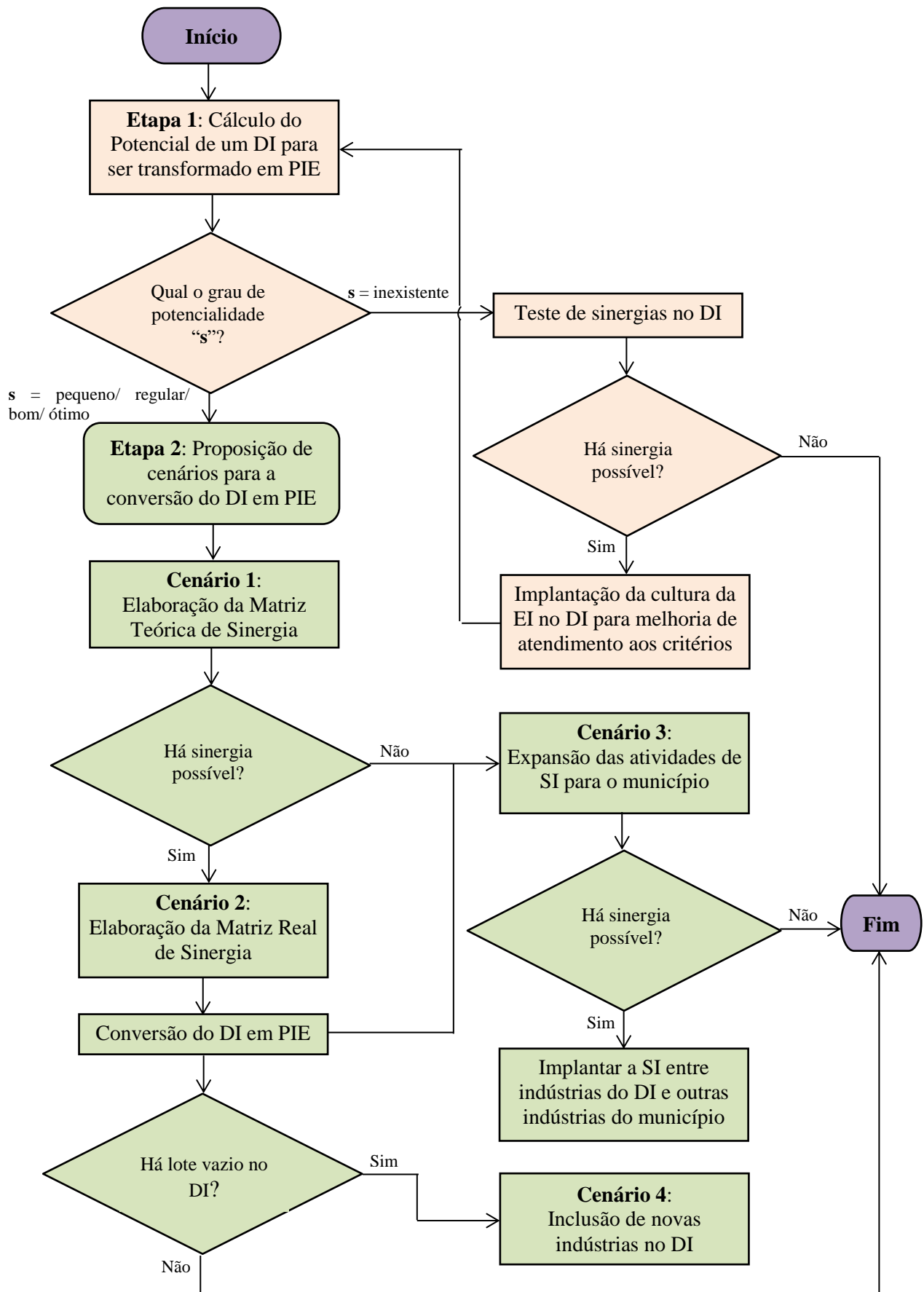


Figura 9: Fluxograma para a conversão de um distrito industrial em PIE
 Fonte: Elaboração própria

4. Estudo de caso: a conversão de um Distrito Industrial no Município de Vespasiano (MG) em Parque Industrial Ecológico

Este capítulo tem como objetivo aplicar a metodologia proposta no Capítulo 3 ao Distrito Industrial José Vieira de Mendonça, localizado no Município de Vespasiano (MG).

A escolha de um município mineiro para a realização do estudo de caso deveu-se primeiramente, ao fato de o Estado de Minas Gerais ter sido o pioneiro na implantação de distritos industriais no Brasil, conforme já mencionado, e por abrigar mais de 2.500 projetos industriais nos 52 distritos industriais localizados em diferentes regiões do Estado (CODEMIG, 2015). A seleção de Vespasiano deve-se à importância desse município para o crescimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH) dado o seu elevado potencial econômico. Soma-se a esses fatos, o significativo parque industrial de Vespasiano, onde grande parte dos empreendimentos de maior porte está concentrada no distrito industrial do município, ocasionando diversos impactos à sociedade e ao meio ambiente. Assim, a conversão do DI de Vespasiano em PIE fortalece a cultura da Ecologia Industrial, possibilitando a aquisição dos benefícios econômicos, sociais e ambientais proporcionados pela mesma.

Neste sentido, o Município de Vespasiano é apresentado, considerando um breve histórico de sua criação, bem como suas características geográficas e socioeconômicas. Em seguida, destacam-se as áreas industriais de Vespasiano – o distrito industrial assim como os demais bairros e parques industriais – ressaltando as indústrias instaladas no município. Por fim, é descrita a aplicação da metodologia proposta nos empreendimentos que integram o Distrito Industrial José Vieira de Mendonça, conforme a disponibilidade de dados e informações referentes às indústrias estabelecidas no local, apresentando-se uma análise dos resultados obtidos, com o intuito de validar a aplicação da proposta metodológica deste trabalho para a conversão de um distrito industrial em PIE.

4.1 Caracterização do Município

4.1.1 Breve histórico

O Município de Vespasiano, localizado na RMBH, no Estado de Minas Gerais, tem a história do seu desenvolvimento ligada ao crescimento da capital mineira. Há duas vertentes para justificar o surgimento do arraial que, posteriormente, deu origem ao Município de Vespasiano (PREFEITURA DE VESPASIANO, 2015).

A primeira vertente fundamenta-se em uma pesquisa realizada pelo Instituto Histórico e Geográfico de Minas Gerais, em 1994, através de seus representantes Celso Falabella e Dr. Wilson Veado. De acordo com a pesquisa, os primeiros habitantes do lugarejo surgiram em 1738, quando se instalou a 1ª Cia de Ordenança de Minas Gerais e, em 1745, chegaram os primeiros mineradores à procura de riquezas, formando, então, o primeiro núcleo de habitantes do local.

A segunda vertente está associada à Dona Marianna da Costa, considerada o “agente facilitador” do povoamento de Vespasiano. Dona Marianna Joaquina da Costa, natural do Município de Esmeraldas, era esposa de Joaquim da Fonseca Ferreira, filho de antigos mineradores da Fazenda Carreira Comprida, situada no Município de Santa Luzia. O casal fixou residência nessa região por volta de 1853 e seu patrimônio era composto por toda a área caracterizada, atualmente, como a região central de Vespasiano, além de terrenos em Lagoa Santa.

Dona Marianna incentivou o estabelecimento das primeiras famílias na região, até que uma de suas propriedades – a Fazenda do Capão – deu origem ao Arraial do Capão, com a construção das primeiras casas e a expansão de fazendas agropecuárias ao redor desse arraial, destacando-se o cultivo da cana-de-açúcar, do milho e do feijão, além da criação de gado. Posteriormente, a indústria de cal se desenvolveu na região.

Em 1894, quando foi inaugurada a Estrada de Ferro Central do Brasil, que atraiu novos moradores e auxiliou o escoamento dos produtos da região, o Arraial passou a se chamar Vespasiano, em homenagem ao administrador da ferrovia, Cel. Vespasiano Gonçalves de Albuquerque e Silva.

Em 1915, por meio da Lei Estadual 336, foi criado o distrito de Vespasiano, que pertenceu ao município de Santa Luzia até 1948, quando foi alcançada a autonomia político-administrativa.

Na condição de Município, Vespasiano abrigou o distrito de São José da Lapa, onde foi instalada a Indústria de Calcinação na década de 1940 e, posteriormente, a Companhia de Cimento Itaú e a Fazenda Nova Granja. Em 1968, foi instalada a

Companhia Alterosa de Cervejas, alterando significativamente a base econômica do Município.

4.1.2 Características geográficas e socioeconômicas

O Município de Vespasiano é um dos 34 municípios da RMBH, que integra a Macrorregião Central do Estado de Minas Gerais (ALMG, 2015). Localizado a aproximadamente 28 km da capital mineira, o Município de Vespasiano está situado a 680m de altitude e possui 71,222 km² de extensão territorial, o que corresponde a 0,02% da área do Estado (IBGE, 2015).

De acordo com o Censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2010, a população de Vespasiano era de 104.527 habitantes no referido ano e a densidade demográfica era de 1467,62 habitantes/ km². No ano de 2015, a população estimada do município é de 118.557 habitantes (IBGE, 2015).

Segundo estudo realizado pela FJP (2015), o município de Vespasiano não apresenta população significativa em área rural, visto que aproximadamente 100% da população residem em área urbana.

Vespasiano limita-se com os municípios de Confins, Lagoa Santa, Santa Luzia, Belo Horizonte, Ribeirão das Neves, Pedro Leopoldo e São José da Lapa, como pode ser observado no mapa da Figura 10.

Na área social, Vespasiano apresentou, em 2010, um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) equivalente a 0,688, o que situa esse município na faixa de Desenvolvimento Humano Médio (IDHM entre 0,600 e 0,699). A dimensão que mais contribuiu para o IDHM de Vespasiano foi a Longevidade, com índice de 0,811, seguida da Renda, com índice de 0,677, e da Educação, com índice de 0,592 (IBGE, 2015). No ranking dos municípios brasileiros, construído com base no IDHM, Vespasiano ocupa a 2224^a posição entre os 5.565 municípios brasileiros (ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL, 2013).

Do ponto de vista da infraestrutura viária e de transporte, o acesso ao município é feito através de duas importantes rodovias: a MG 010 (Linha Verde) e a MG 424. Essas rodovias conectam o Município de Vespasiano aos demais municípios da RMBH e do Colar Metropolitano (DER/MG, 2015). O sistema de transporte público que atende

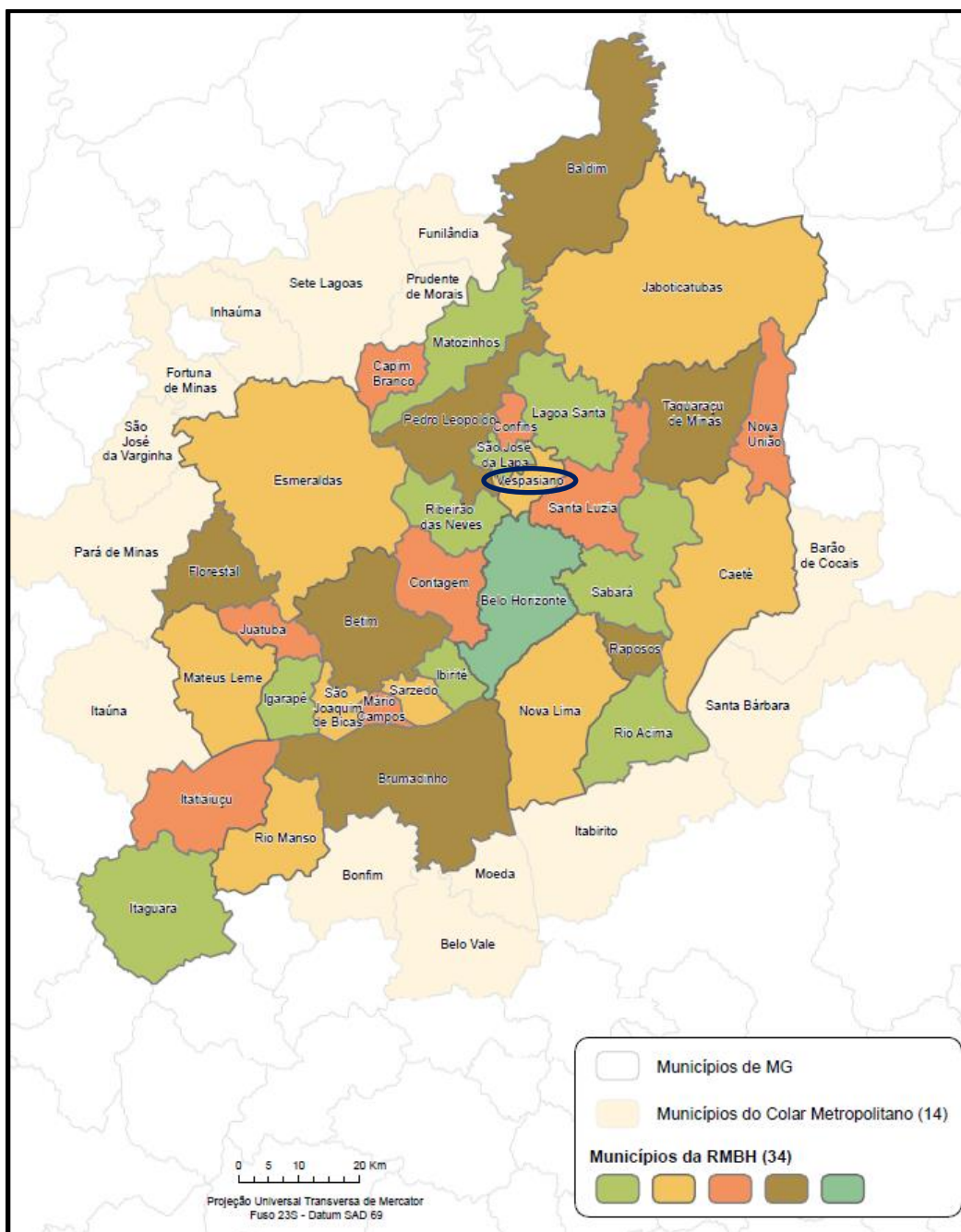


Figura 10: Região Metropolitana de Belo Horizonte e Colar Metropolitano
 Fonte: IBGE (2015)

Vespasiano é integrado à Rede Metropolitana, interligando a cidade diretamente à capital. As empresas responsáveis pelo transporte são Viação Buião e Consórcio Linha Verde. O bairro Morro Alto de Vespasiano abriga um terminal do Move Metropolitano, um sistema de transporte rápido de ônibus que integra Belo Horizonte a alguns municípios da RMBH. A Figura 11 a seguir ilustra as principais vias de acesso ao município.

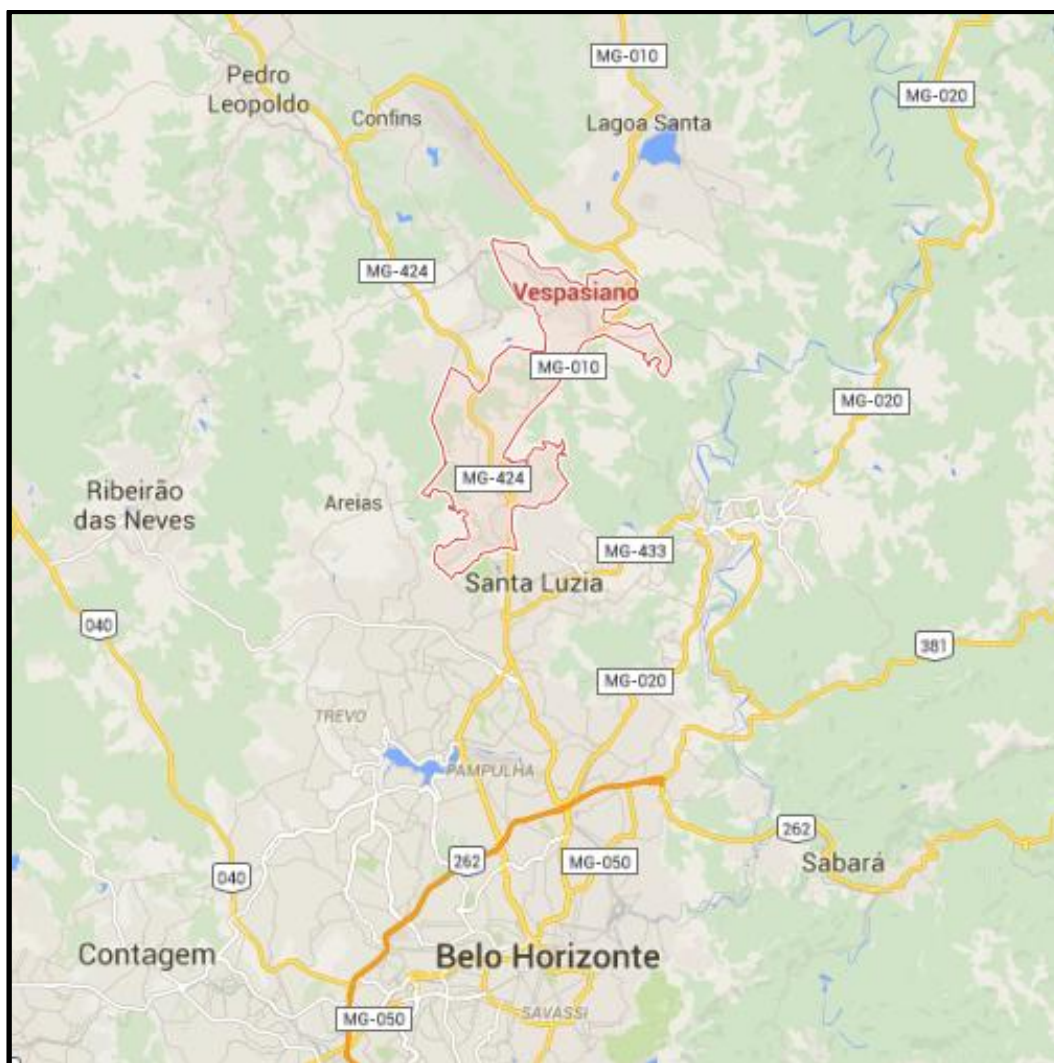


Figura 11: Vias de acesso ao município de Vespasiano – MG
Fonte: Google Mapas (2015)

Quanto à infraestrutura ferroviária, o Município de Vespasiano é cortado por uma linha férrea, importante na época de formação do município, e utilizada atualmente para o transporte de cargas, principalmente de bens minerais (cimento e cal) e de produtos acabados. O transporte ferroviário do município é administrado pela Ferrovia Centro Atlântica (FCA), interligada à Estrada de Ferro Vitória-Minas, contribuindo para o escoamento de produtos até o Complexo Portuário de Tubarão, situado em Vitória (ES), onde os mesmos são exportados para outros países por meio de navios (COPASA, 2009).

Vespasiano consiste em um município com potencial econômico elevado e tende a crescer mais devido às modificações do Vetor Norte da RMBH. Segundo MATIAS *et al.* (2012), o Município de Vespasiano apresenta um enorme potencial industrial, que proporciona o crescimento econômico municipal e, conseqüentemente, um maior

impacto ao meio. Neste sentido, surgem obstáculos para garantir baixos níveis de poluição e de consumo de recursos naturais, que ocasionam impactos significativos ao meio ambiente.

Neste contexto, o Plano Diretor Participativo de Vespasiano, aprovado em 2006 e intitulado “*Plano Diretor Participativo de Desenvolvimento Sustentável Integrado do Município de Vespasiano*”, foi estruturado sob a ótica da sustentabilidade, sendo esta a ferramenta básica do desenvolvimento econômico e social do Município, bem como de estruturação da área municipal e de melhoria da qualidade de vida da população, promovendo uma cidade economicamente viável, ambientalmente sustentável e socialmente justa para todos (PREFEITURA DE VESPASIANO, 2006).

Em relação à caracterização de alguns aspectos ambientais de Vespasiano, destacam-se a cobertura vegetal nativa e os recursos hídricos do município. As formações vegetais observadas em Vespasiano são compostas por formações nativas (cerrado, floresta semidecidual, floresta decidual, floresta ciliar) e por formações antrópicas (reflorestamento e pastagem). Além destes usos, observam-se, ainda, áreas mineradas e áreas de ocupação urbana e industrial (COPASA, 2009). O mapa da Figura 12, apresentada a seguir, ilustra a distribuição geográfica das formações vegetais identificadas em Vespasiano.

Do ponto de vista dos recursos hídricos, o Município de Vespasiano integra a Sub-bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mata, que pertence à Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, localizada na região central do Estado de Minas Gerais, ocupando uma área de drenagem de aproximadamente 29.173km². Com 801 km, o Rio das Velhas nasce no Município de Ouro Preto e deságua no Velho Chico, no Município de Várzea da Palma, constituindo o maior afluente em extensão da Bacia Hidrográfica do São Francisco (IGAM, 2015). A Figura 13 apresenta a Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas dividida em trechos, segundo os cursos alto, médio e baixo do Rio das Velhas. Sob essa ótica, Vespasiano localiza-se no médio curso do Rio das Velhas.

Além do Ribeirão da Mata, principal curso d'água de Vespasiano, o município apresenta dois córregos – Córrego Sujo e Córrego Carrancas. A Figura 14 ilustra a Sub-bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mata e sua localização na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas.

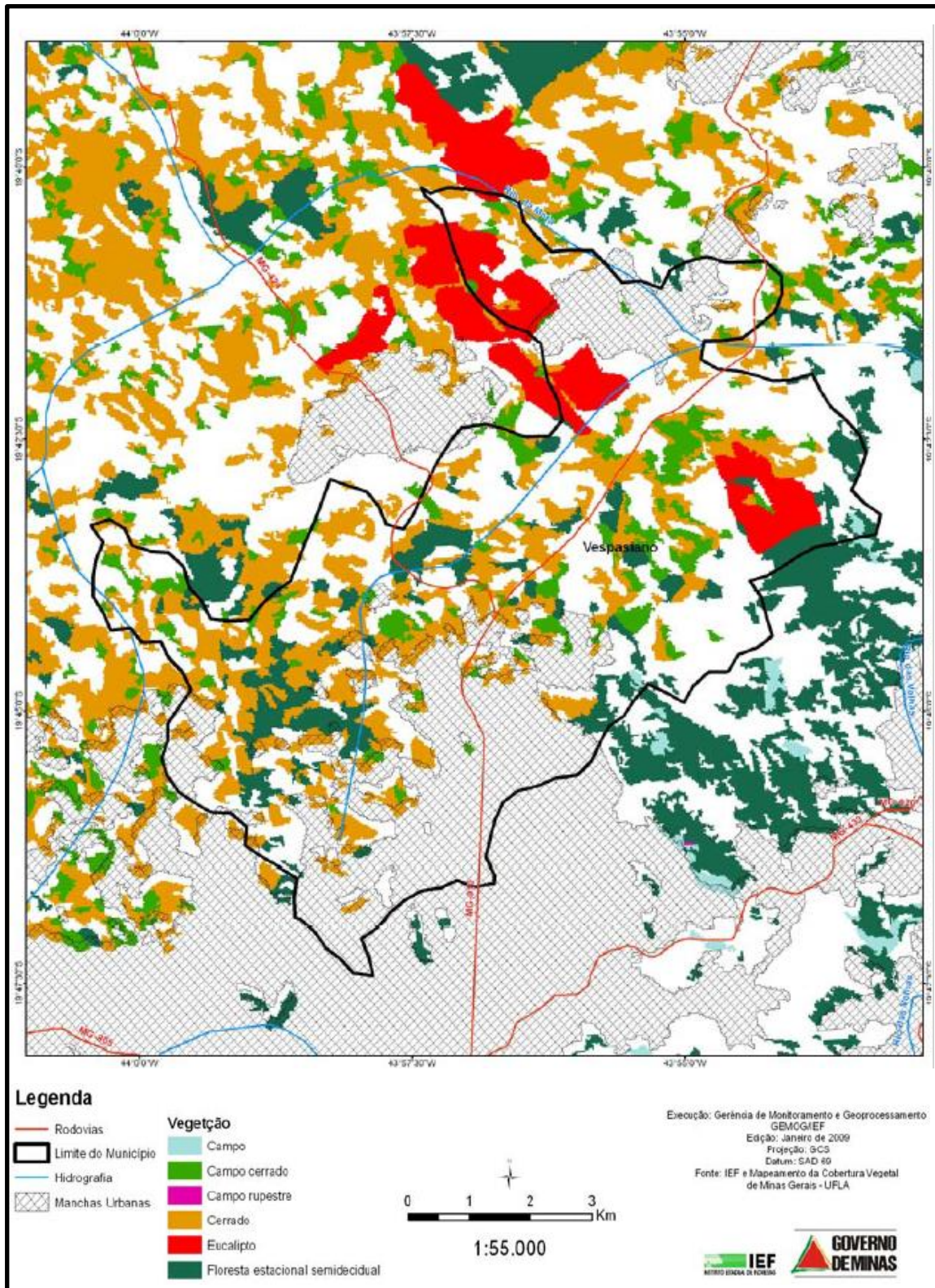


Figura 12: Cobertura Vegetal do Município de Vespasiano
 Fonte: COPASA (2009)

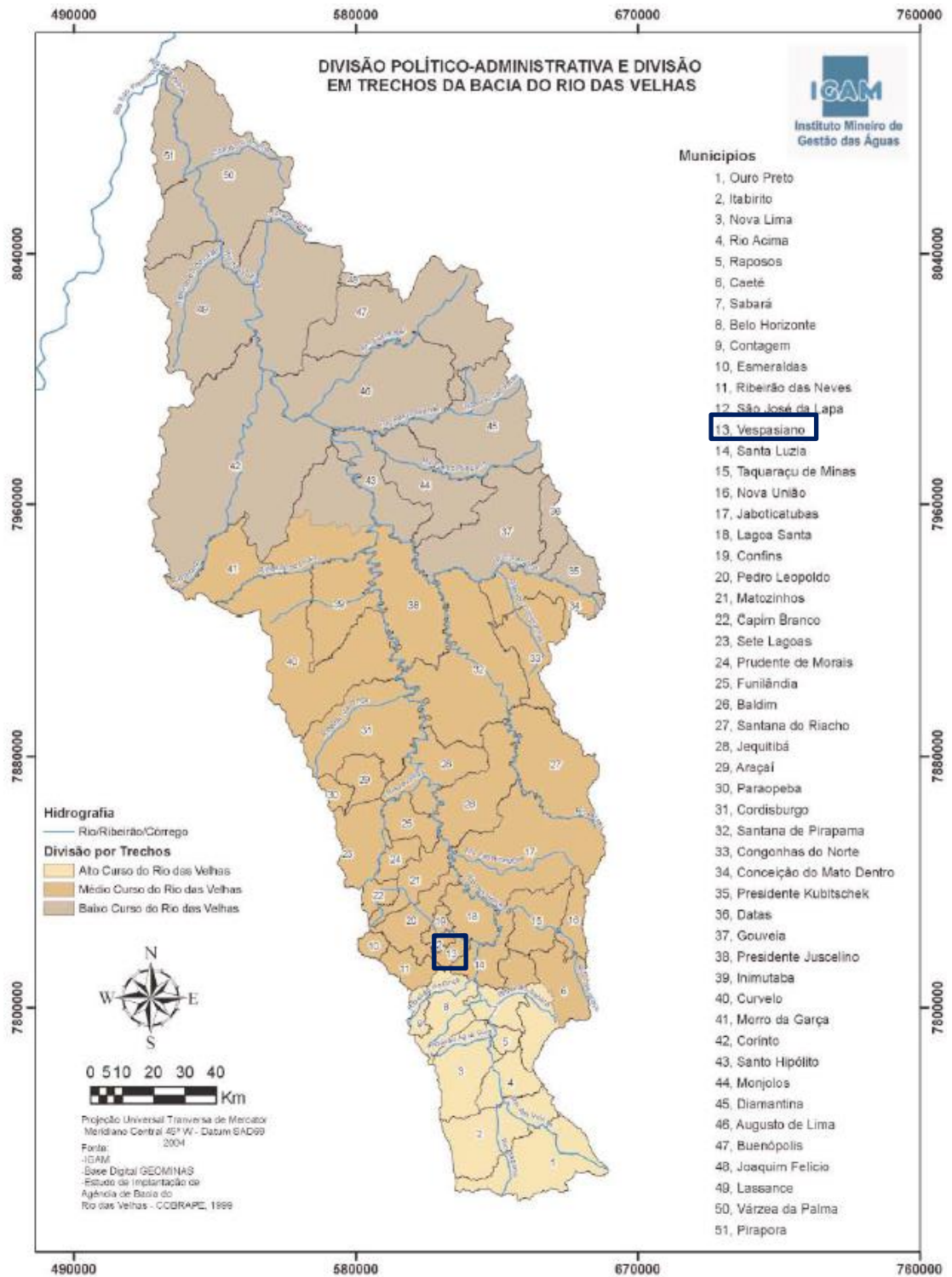


Figura 13: Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas
Fonte: IGAM (2004)



Figura 14: Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas e Sub-bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mata

Fonte: IGAM (2015)

Do ponto de vista da infraestrutura energética de Vespasiano, a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) é a distribuidora de energia elétrica do município, que possui cerca de 500 km de extensão de redes de energia elétrica, 9 mil postes instalados, 950 transformadores com capacidade de 34,7 MVA e uma subestação com capacidade para 600 MVA instalada no bairro Imperial. Esta estrutura é responsável pelo fornecimento de energia elétrica para aproximadamente 98% da população vespasianense (COPASA, 2009).

Além da atuação da CEMIG em Vespasiano, a Companhia de Gás de Minas Gerais (GASMIG) é responsável, desde o ano de 1997, pelo fornecimento de gás natural como fonte de energia alternativa para algumas indústrias do município, que possui, também, alguns postos de Gás Natural Veicular (GNV). A GASMIG fornece, diariamente, cerca de 380.000m³ de gás metano para Vespasiano (COPASA, 2009).

Cabe mencionar, ainda, os serviços de água, esgoto e coleta de lixo, que compõem a infraestrutura de saneamento do Município de Vespasiano.

A Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) é a empresa responsável pelo abastecimento público de água tratada, assim como pela coleta e pelo tratamento dos esgotos sanitários em Vespasiano (COPASA, 2009). Em 2008, a estrutura de abastecimento de água do município atendia aproximadamente 90% da população.

Em relação ao esgotamento sanitário, a COPASA opera três Estações de Tratamento de Água e Esgoto (ETAs) no município: a ETA Vespasiano, a ETA Nova Pampulha e a ETA Morro Alto, com vazões médias de 90L/s, 35L/s e 21L/s, respectivamente. O sistema de esgotamento sanitário municipal também possui três Estações Elevatórias de Esgoto (EEEs), localizadas nos bairros Fórum, Caieiras e Fagundes, com capacidades de bombeamento de 120L/s, 30L/s e 3L/s, respectivamente. A população atendida pelo serviço de esgotamento sanitário da Copasa é de 97.032 habitantes, a rede coletora possui uma extensão total de aproximadamente 143.000 m² e 23 mil ligações (ARSAE/MG, 2014).

A coleta de lixo em Vespasiano é de responsabilidade da Prefeitura Municipal. Este serviço é disponibilizado em coletas diárias e atende a todos os domicílios do município (COPASA, 2009). O lixo doméstico era encaminhado ao aterro municipal, onde o mesmo era compactado e coberto com terra. O aterro municipal de Vespasiano recebia, ainda, os resíduos sólidos urbanos gerados pelos municípios vizinhos de São José da Lapa, Confins e Lagoa Santa. Porém, em 2012, a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) interditou o aterro de Vespasiano, pois acreditava-se que a concentração de urubus no aterro estava colocando em risco a operação das aeronaves no Aeroporto Internacional Tancredo Neves, localizado no Município de Confins.

De acordo com a Secretaria Municipal de Meio Ambiente, foi implantado o Projeto de Coleta Seletiva em Vespasiano e, em agosto de 2014, esse projeto passou a abranger 100% do Município. A coleta seletiva é possível através de caminhões adaptados que circulam no município e recolhem resíduos recicláveis, como papel, plástico, metal e vidro, além de outros resíduos passíveis de reaproveitamento, como os eletrodomésticos, óleos vegetais, lâmpadas fluorescentes, pilhas, baterias e celulares. Depois que a coleta seletiva foi implantada em todo o município, a Prefeitura de Vespasiano conseguiu reduzir o custo da tonelada de lixo, depositado atualmente no aterro do Município de Sabará.

Após a implantação da coleta seletiva, foi inaugurado o Centro Integrado de Sustentabilidade de Vespasiano (CISV) no município, um projeto que resultou da parceria entre as Secretarias Municipais de Meio Ambiente e Desenvolvimento Social. O CISV consiste em um galpão desenvolvido para receber materiais recicláveis (papéis, vidros, metais e plásticos), que passam por etapas de triagem, separação, prensagem, armazenamento e comercialização, tornando-se matéria prima para a fabricação de

outros produtos. O galpão está localizado no bairro Célvia e é administrado por três cooperativas municipais: Asmir, Coopervesp e São Bom Jesus.

Vale salientar, ainda, a existência de um projeto com o objetivo de desassorear o Ribeirão da Mata, da divisa de Vespasiano com São José da Lapa, até a foz do ribeirão, no Rio das Velhas, no Município de Santa Luzia. A realização desse projeto contribuirá com a redução das enchentes que afetam a região central de Vespasiano (PREFEITURA DE VESPASIANO, 2015).

4.1.3 As áreas industriais

O Município de Vespasiano é caracterizado por um significativo potencial de atividades industriais localizadas, principalmente, no Distrito Industrial José Vieira de Mendonça, assim como nos bairros Nova Granja e Parque Norte, que não são propriamente distritos industriais, mas, no caso do primeiro, é um bairro com utilização quase que exclusivamente industrial e, o segundo, um empreendimento privado que loca espaços e galpões para grandes empresas (PREFEITURA DE VESPASIANO, 2015).

Outras localidades do município também abrigam importantes indústrias, como os bairros Célvia e Nova Pampulha, próximos dos bairros Nova Granja e Parque Norte, respectivamente, além do centro, que abriga uma indústria cimenteira de grande porte, a Empresa de Cimentos Liz.

Assim sendo, o Município de Vespasiano possui somente um distrito industrial – o DI José Vieira de Mendonça – implantado na década de 1970, com o objetivo de impulsionar o desenvolvimento industrial do município. Considerando o objetivo deste estudo, este distrito industrial foi selecionado para a aplicação da metodologia proposta.

A Tabela 4, a seguir, apresenta a relação de empreendimentos do Município de Vespasiano, disponibilizada pela Prefeitura Municipal, assim como os respectivos segmentos industriais.

Os mapas das Figuras 15, 16, 17, 18 e 19 ilustram as áreas industriais de Vespasiano e alguns empreendimentos. No Anexo 2 são apresentadas algumas fotos das áreas industriais de Vespasiano.

Tabela 4: Empreendimentos no Município de Vespasiano (MG)

| DISTRITO INDUSTRIAL JOSÉ VIEIRA DE MENDONÇA (Figura 15) | |
|--|--|
| Empreendimento | Atividade |
| Belgo Mineira Bekaert BMB | Indústria metalúrgica |
| Bucyrus | Indústria mecânica |
| Companhia Semeato de Aços C.S.A | Indústria metalúrgica |
| Delp Engenharia Mecânica | Indústria metalúrgica |
| Instituto Hermes Pardini S.A | Prestação de serviços de análises clínicas |
| Sandvik Mining and Construction | Indústria metalúrgica |
| Stepan Química Ltda | Indústria química |
| Tecnometal Engenharia e Construções | Indústria metalúrgica |
| BAIRRO PARQUE NORTE (Figura 16) | |
| Empreendimento | Atividade |
| Balder Indústria Farmacêutica Ltda | Indústria de medicamentos |
| Biocilin | Indústria de cosméticos |
| Camargo Correa | Prestação de serviços de concretagem |
| Castelar Bier Indústria e Distribuidora de Cervejas Ltda | Indústria de bebidas |
| Central Beton Ltda | Prestação de serviços de concretagem |
| CMM Indústria e Comércio de Cosméticos Ltda | Indústria de cosméticos |
| Comércio e Indústria Refiate Ltda | Indústria de embalagens |
| Esmig Industrial Ltda | Indústria de escadas |
| Essa do Brasil Ltda | Indústria de automatização |
| Flsmidth Ltda | Indústria de equipamentos industriais |
| Geramix Concreto Pré-misturado | Prestação de serviços de concretagem |
| Holcim Brasil S.A | Prestação de serviços de concretagem |
| Intercement Brasil S.A | Prestação de serviços de concretagem |
| JDT Logística e Transportes Ltda | Prestação de serviços de transporte |
| Mega Pascal Indústria e Comércio Ltda | Indústria elétrica |
| Pantho Industrial Ltda | Indústria de equipamentos industriais |
| Polimix Concreto Ltda | Prestação de serviços de concretagem |
| SEM Equipamentos Mecânicos e Elétricos Ltda | Indústria elétrica |
| Simas Logística Ltda | Prestação de serviços de logística |
| SMB Automotive Ltda | Indústria metalúrgica |
| SMS Siemag do Brasil | Indústria metalúrgica |
| Topfilme Indústria de Materiais Plásticos Ltda | Indústria de plásticos |
| Topmix Engenharia e Tecnologia de Concreto S.A | Prestação de serviços de concretagem |
| Villares Metals S.A | Indústria metalúrgica |
| VMI Sistemas de Segurança Ltda | Indústria eletrônica |
| BAIRRO NOVA GRANJA (Figura 17) | |
| Empreendimento | Atividade |
| Amplio Móveis Exteriores Ltda | Indústria moveleira |
| Astec do Brasil | Indústria mecânica |
| Companhia de Transportes Nacional | Prestação de serviços de transporte |
| Datacop Comércio e Serviços de Microfilmagem Ltda | Prestação de serviços de arquivologia |
| Datafilme Sistemas de Imagem e Informação Ltda | Prestação de serviços de arquivologia |
| Friomax Comércio e Indústria de Refrigeradores | Indústria de refrigeradores |
| Master Móveis Indústria e Comércio Ltda | Indústria moveleira |
| Niágara Indústria e Comércio de Instalações Ltda | Indústria de refrigeradores |
| P.C. Mineração Ltda | Comércio |
| BAIRRO CÉLVIA (Figura 18) | |
| Empreendimento | Atividade |
| ALS Brasil | Prestação de serviços – análises de amostras de origem geológica |
| César Júnior Usinagem e Serralheria | Prestação de serviços de serralheria |

| | |
|---|---|
| MDE | Indústria eletromecânica |
| MIC Suporte | Indústria mecânica |
| Premo | Indústria de pré-fabricados de concreto |
| CENTRO | |
| Empreendimento | Atividade |
| Cimentos Liz | Indústria de cimento |
| BAIRRO NOVA PAMPULHA (Figura 19) | |
| Empreendimento | Atividade |
| Indústria Farmacêutica Catedral | Indústria de medicamentos |
| Ral Engenharia | Indústria de asfalto |
| Serralheria Morro Alto | Prestação de serviços de serralheria |

Fonte: Elaboração própria a partir de Prefeitura de Vespasiano (2015)

4.2 A aplicação da proposta metodológica no Distrito Industrial José Vieira de Mendonça

4.2.1 Etapa 1: Potencial do DI José Vieira de Mendonça para ser transformado em PIE

Este item descreve todas as atividades realizadas para aplicar a primeira etapa da metodologia proposta no Capítulo 3 no distrito industrial do Município de Vespasiano, tomando-se como referência os critérios selecionados na proposta metodológica deste estudo para a conversão de um DI em PIE.

a) Aplicação dos critérios aos empreendimentos do DI José Vieira de Mendonça e cálculo do grau de transformação (g)

As informações e os dados necessários à aplicação dos critérios, que embasam a metodologia proposta neste trabalho, aos empreendimentos do distrito industrial de Vespasiano, foram obtidos no setor público, através da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD) e da Prefeitura de Vespasiano, e, também, no setor privado, por meio do contato com as indústrias investigadas.

Sabe-se que os órgãos ambientais dispõem de vasto acervo de informações e dados sobre as inúmeras atividades e empreendimentos que devem, por força da legislação ambiental vigente no país, ser submetidos ao processo de licenciamento ambiental. Em se tratando de indústrias, tais informações incluem a caracterização das tecnologias de processo, as matérias primas, os insumos, os produtos e subprodutos e o elenco de poluentes atmosféricos e líquidos, bem como os resíduos sólidos gerados durante a operação das plantas.

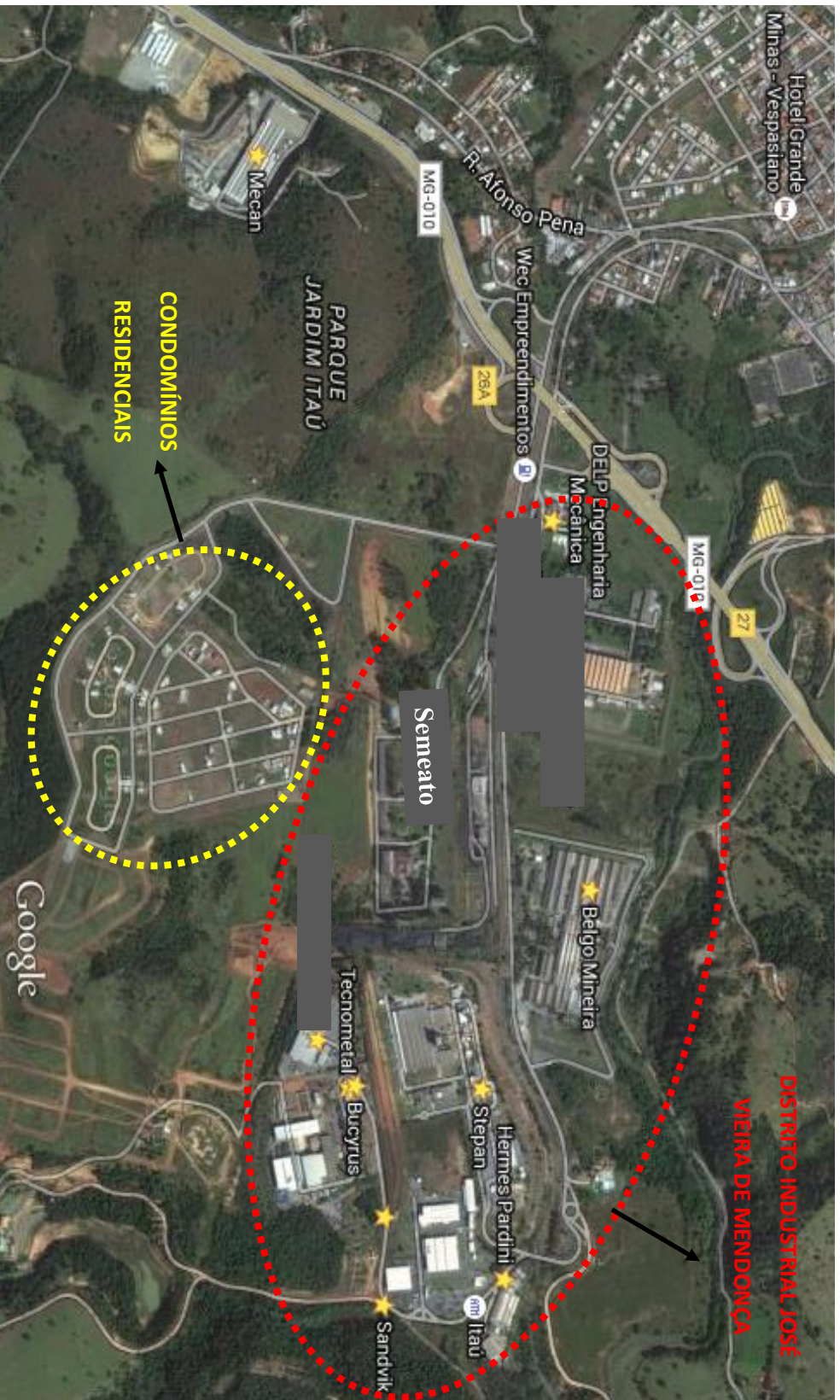


Figura 15: Distrito Industrial José Vieira de Mendonça e Condomínios Residenciais, no Município de Vespasiano (MG)

Fonte: Elaboração própria a partir de Google Earth (2015)

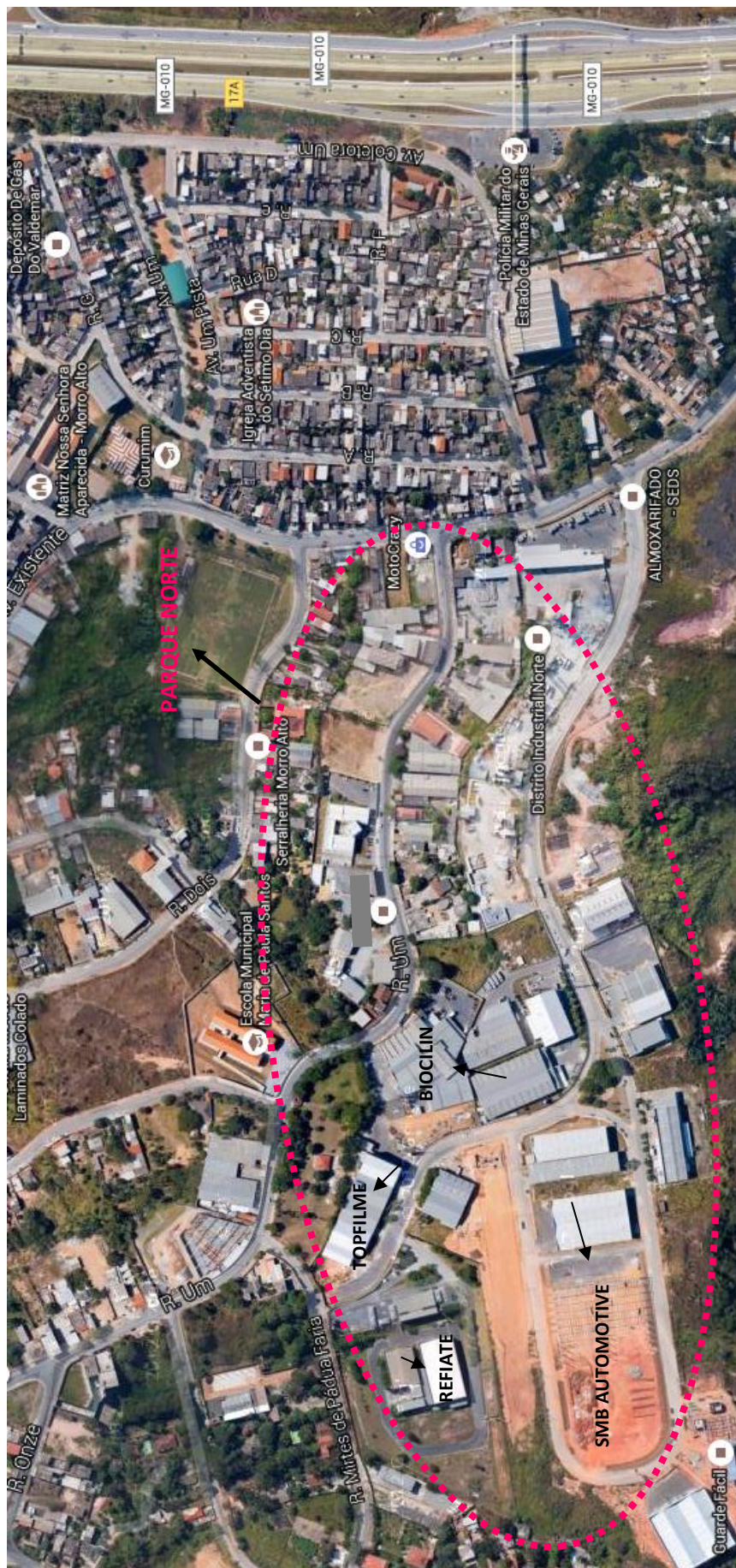


Figura 16: Parque Norte em Vespasiano (MG)

Fonte: Elaboração própria a partir de Google Earth (2015)

Nota: O Parque Norte consiste em um condomínio estritamente industrial localizado no bairro Morro Alto, no município de Vespasiano. A área desse condomínio industrial consiste em um terreno com solo parcelado para atender empreendimentos de diversos segmentos industriais. Como é possível observar na Figura X, o Parque Norte apresenta apenas uma entrada, localizada na Avenida Existente. Tal entrada contém uma portaria, que exige a identificação de todos que pretendem nela adentrar, buscando maior segurança dos funcionários, bens e proprietários das indústrias instaladas no condomínio.



Figura 17: Bairro Nova Granja no Município de Vespasiano (MG)
 Fonte: Elaboração própria a partir de Google Earth (2015)



Figura 18: Bairro Célvia no Município de Vespasiano (MG)
 Fonte: Elaboração própria a partir de Google Earth (2015)



Figura 19: Bairro Nova Pampulha no Município de Vespasiano (MG)
Fonte: Elaboração própria a partir de Google Earth (2015)

Desse modo, selecionou-se como fonte principal de informação e dados sobre as indústrias implantadas no Distrito Industrial José Vieira de Mendonça, no Município de Vespasiano, alguns documentos referentes aos processos de licenciamento ambiental disponíveis no acervo da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (SEMAD).

Assim, foram analisados alguns documentos constantes no processo de licenciamento ambiental das indústrias do DI, tendo sido selecionados o Relatório de Controle Ambiental (RCA), o Plano de Controle Ambiental (PCA), o Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental (RADA), a Autorização Ambiental de Funcionamento (AAF), o Formulário de Caracterização do Empreendimento (FCEI) e o Parecer técnico elaborado pela Superintendência Regional de Regularização Ambiental (PT). Ao todo, foram analisados 22 documentos referentes a sete empreendimentos. A análise desses documentos possibilitou a identificação de características relevantes, dado o objetivo deste estudo, das indústrias implantadas no DI de Vespasiano. A lista dos documentos analisados, para cada empresa, está apresentada na Tabela 5 a seguir.

Tabela 5: Documentos dos processos de licenciamento ambiental dos empreendimentos do DI José Vieira de Mendonça

| Empreendimento | Documento base (Ano) | | | | | |
|----------------|----------------------|------|------|------|------|------|
| | AAF | FCEI | PCA | PT | RADA | RCA |
| Belgo Mineira | | | | 2011 | 2009 | |
| Bucyrus | 2012 | | | | | 2007 |
| Delp | | 2010 | 2010 | 2011 | 2009 | 2010 |
| Sandvik | | | 2007 | 2008 | 2014 | 2007 |
| Semeato | | 2013 | | | 2011 | |
| Stepan | | | 2006 | 2011 | 2007 | 2006 |
| Tecnometal | | | 2008 | 2007 | | 2013 |

Fonte: Elaboração própria

O conjunto de indústrias do DI José Vieira de Mendonça é constituído por oito empreendimentos, citados na Tabela 4, sendo que todos operam regularmente no município e possuem as licenças ambientais necessárias. Tais empreendimentos industriais são: Belgo-Mineira Bekaert Artefatos de Arame Ltda, Bucyrus Brasil Ltda, Delp Serviços Industriais Ltda, Instituto Hermes Pardini, Sandvik Mining and Construction do Brasil S.A., Companhia Semeato de Aços S.A., Stepan Química Ltda e Tecnometal Engenharia e Construções Mecânicas Ltda. Vale salientar que essas indústrias são licenciadas pelo órgão ambiental estadual, porém o acesso aos documentos constantes no processo de licenciamento ambiental do Instituto Hermes

Pardini não foi possível e, por isso, tornou-se necessário consultar a Prefeitura e a própria indústria para a obtenção das informações necessárias.

Com base nas informações e dados obtidos nos processos de licenciamento ambiental foram analisados os processos produtivos de cada empreendimento investigado, com o objetivo de identificar as matérias primas, os insumos e as saídas de cada processo. O perfil de cada uma das indústrias investigadas está compilado e apresentado em uma série de tabelas disponíveis no Anexo 3.

Após a caracterização dos segmentos industriais e seus respectivos insumos, matérias primas e produtos, também foram obtidos os resíduos sólidos de cada empreendimento do DI, conforme a disponibilidade de dados e informações. O Anexo 4 apresenta os resíduos sólidos, assim como as respectivas taxas de geração, a classificação NBR 10.004, a origem (etapa de algum processo/ instalação industrial) e o destino (atividade/ local).

Além da consulta aos documentos constantes nos processos de licenciamento ambiental, foi realizada uma entrevista com o Fiscal de Tributação da Secretaria da Fazenda da Prefeitura Municipal, para o esclarecimento de algumas informações gerais acerca do Município de Vespasiano, assim como de suas áreas industriais e empreendimentos instalados.

No âmbito do setor privado, foram aplicados questionários às indústrias do DI de Vespasiano com o intuito de obter e/ ou confirmar os dados e as informações necessárias à realização desta etapa da metodologia, principalmente as informações necessárias à análise dos critérios “A”, “B”, “C” e “D”, detectando, também, os empreendimentos mais atuantes e proativos nos critérios avaliados. O modelo do questionário aplicado aos empreendimentos encontra-se no Anexo 1.

Após a obtenção dos dados e informações para a análise de cada critério considerado nesta etapa, foi analisado o atendimento dos critérios por cada indústria do DI, tomando-se por base o grau de transformação real “ g_{real} ” atribuído a cada critério para cada indústria. A Tabela 6, a seguir, apresenta a síntese dos resultados.

Algumas observações são necessárias acerca das pontuações atribuídas aos critérios analisados na avaliação dos empreendimentos do DI de Vespasiano.

Tabela 6: Indicadores grau de transformação real (“ g_{real} ”) dos empreendimentos do DI José Vieira de Mendonça

| Empreendimentos do DI José Vieira de Mendonça | Critérios para a conversão do DI em PIE/ g_{real} | | | | | | | | | |
|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
| | g_1 | g_2 | g_3 | g_4 | g_5 | g_6 | g_7 | g_8 | g_9 | g_{10} |
| Belgo Mineira | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Bucyrus | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 |
| Delp | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 |
| Hermes Pardini | 2 | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 3 | 3 | 1 |
| Sandvik | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| Semeato | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 2 |
| Stepan | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Tecnometal | 2 | 2 | 1 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 |

Fonte: Elaboração própria

Primeiramente, observa-se que o critério **A** é atendido parcialmente pelas indústrias investigadas, isto é, os empreendimentos do DI de Vespasiano não dispõem da atuação de todos os atores considerados – poder público, poder privado e comunidade. Conforme as informações obtidas, todas as indústrias contam com a atuação do poder público, principalmente do órgão ambiental e, no Instituto Hermes Pardini, há também a atuação da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e o apoio da Associação Mineira de Empresas de Biotecnologia e Ciências da Vida (AMBIOTEC). Alguns empreendimentos possuem o auxílio de instituições privadas que realizam consultorias, a exemplo da Belgo-Mineira, que realiza campanhas para o monitoramento da qualidade da água no distrito industrial através do serviço de uma consultoria especializada. Outras indústrias não contam com a participação de outros atores privados, mas apresentam bom relacionamento com a comunidade, que encontra meios de comunicação e atuação junto à indústria, como é o caso da Delp, que executa uma política de responsabilidade social por meio do contato com a comunidade. Destaca-se, também, a indústria Semeato, que divulga uma cartilha de educação ambiental, com o intuito de conscientizar a população sobre energias renováveis e coleta de resíduos no DI para reutilização dos mesmos, proposta feita pela própria comunidade nos contatos realizados com a indústria.

O critério **B** não é atendido pela maioria dos empreendimentos, em vista da restrita parceria entre os setores público e privado para financiar alguma atividade no

distrito. Ressalta-se a Stepan, que conta com o auxílio do Sesi de Vespasiano para financiar eventos que discutem a segurança dos funcionários na indústria e questões de cunho ambiental. Destaca-se, também, a Tecnometal, que recebe, algumas vezes, o financiamento da Prefeitura Municipal para treinar jovens na indústria por meio do Programa Agente Jovem⁵.

O critério **C** não é atendido pela maioria das indústrias, uma vez que as relações de troca e/ ou venda no distrito são raras. Apenas a indústria Hermes Pardini adquire recipientes de vidro e ácido sulfônico da Stepan, além de plástico da Sandvik.

O critério **D** é atendido de modo integral pelas indústrias, que se encontram satisfeitas com o sistema viário utilizado e dispõem de serviços de transporte adequados para realizar trocas simbióticas.

O critério **E** não é atendido pela maioria das indústrias, devido à quase inexistência do compartilhamento de serviços de uso comum entre os empreendimentos do distrito industrial, com exceção do Instituto Hermes Pardini e da Stepan, que compartilham o uso do refeitório e de um galpão para armazenamento de alguns insumos.

O critério **F** é atendido de modo integral pela maioria das indústrias, exceto pela Delp, Semeato e Tecnometal, que realizam o monitoramento da qualidade do meio ambiente, mas não adotam medidas de melhoria contínua do desempenho ambiental.

O critério **G** não é atendido pela maioria das indústrias, com exceção da Stepan e da Belgo-Mineira, que apresentam a certificação ambiental segundo a norma ISO 14.001: 2004.

O critério **H** é atendido de modo integral pelas indústrias, que dispõem de inventários de todos os resíduos sólidos gerados nos processos industriais e realizam o gerenciamento desses resíduos. Como exemplos, tem-se a Bucyrus, que reutiliza diversos resíduos, e a Tecnometal, cuja gestão dos resíduos sólidos é bem estruturada e organizada, conforme os dados constantes nos documentos do processo de licenciamento ambiental.

⁵ O Programa Agente Jovem é realizado pela Tecnometal em parceria com a Prefeitura de Vespasiano, por intermédio do Conselho Municipal dos Direitos da Criança e do Adolescente e com o intuito de integrar os jovens ao processo educacional, oferecendo oportunidades de qualificação profissional e de desenvolvimento humano (PREFEITURA DE VESPASIANO, 2015).

O critério **I** é atendido pela maioria das indústrias. Verificou-se que todos os empreendimentos elaboram inventários de seus efluentes líquidos industriais, mas nem todos adotam técnicas para minimizá-los, como é o caso da Delp, da Tecnometal e da Semeato, que estuda medidas para melhorar a qualidade do efluente gerado, porém não busca reduzir o volume de efluentes líquidos industriais produzidos.

O critério **J** não é atendido por metade dos empreendimentos do distrito industrial, pois não adotam medidas de eficiência energética no processo produtivo nem nas instalações prediais. Destaca-se que a Semeato implanta medidas que possibilitam maior eficiência energética apenas no prédio da empresa. A Belgo-Mineira, a Sandvik e a Stepan adotam, frequentemente, novas medidas de eficiência energética nas instalações prediais e nos processos produtivos, através da instalação de máquinas energeticamente mais eficientes.

b) Cálculo do potencial máximo “ P_{max} ” do DI José Vieira de Mendonça

Foi realizado o cálculo do potencial máximo do conjunto de empreendimentos do DI, ou seja, o potencial existente caso todas as indústrias atendessem a todos os critérios de modo integral para converter o DI em PIE. Conforme proposto na metodologia, tem-se:

$$P_{max} = 3 n.$$

Considerando as oito indústrias citadas, o potencial máximo do DI José Vieira de Mendonça é dado por:

$$P_{max} = 3 \times 8 = 24.$$

Logo, o “ P_{max} ” do DI José Vieira de Mendonça é 24.

c) Cálculo do potencial real “ P_{real} ” do DI José Vieira de Mendonça

Com base nos indicadores “ g_{real} ”, apresentados na Tabela 6, e nos pesos relativos dos critérios analisados, conforme a Tabela 1, foi realizado o cálculo do potencial real P_{real} do conjunto de empreendimentos do DI, dado por:

$$P_{real} = \left[\sum_{i=1}^n P_{real\ i} \right],$$

onde “ i ” é uma indústria.

Para obter o valor de cada indústria i , ou seja, de $P_{real\ i}$, foi utilizado o cálculo proposto na metodologia, dado por:

$$P_{\text{real } i} = \left[\sum_{t=1}^{10} (g_{t\text{real}} \times r_t) \right].$$

A Tabela 7 a seguir apresenta o potencial real de cada indústria (“ $P_{\text{real } i}$ ”) e o potencial real do conjunto de empreendimentos analisados (“ P_{real} ”).

Tabela 7: Potencial real de cada empreendimento e potencial real do conjunto de empreendimentos do DI José Vieira de Mendonça

| Empreendimentos do DI José Vieira de Mendonça | Potencial real $P_{\text{real } i}$ |
|--|--|
| Belgo Mineira | 2,2289 |
| Bucyrus | 1,8437 |
| Delp | 1,6630 |
| Hermes Pardini | 2,1932 |
| Sandvik | 2,2773 |
| Semeato | 1,7593 |
| Stepan | 2,7710 |
| Tecnometal | 1,7593 |
| | |
| Total | $P_{\text{real}} = 16,4957$ |

Fonte: Elaboração própria

A análise da Tabela 7 permite concluir que o “ P_{real} ” do DI de Vespasiano é 16,4957 e, também, que as indústrias do distrito apresentam diferentes potenciais para integrar um PIE. Considerando as indústrias investigadas, que compõem o DI José Vieira de Mendonça, a Stepan apresenta o maior potencial real para compor um PIE, ou seja, a indústria apresenta, entre todas as outras, o melhor atendimento aos critérios analisados para converter o DI em PIE. Em contrapartida, a Delp apresenta o menor potencial real para compor o PIE de Vespasiano, encontrando-se mais distante dos princípios da Ecologia Industrial.

d) Cálculo do grau de potencialidade “s” do DI José Vieira de Mendonça

Com base nos potenciais máximo e real do DI de Vespasiano, foi encontrado o grau de potencialidade “s” do DI ser convertido em PIE. Após o cálculo proposto na metodologia, dado por:

$$s = [P_{\text{real}} / P_{\text{max}}] \times 100,$$

o valor de “s” foi classificado segundo a escala percentual proposta para avaliar a potencialidade de adaptação e transformação do DI em PIE. A Tabela 8 a seguir apresenta o resultado final.

Tabela 8: Grau de potencialidade “s” do DI José Vieira de Mendonça

| Potencial máximo “P _{real} ” | Potencial real “P _{max} ” | Grau de potencialidade “s” | Resultado |
|---------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|-----------|
| 16,4957 | 24 | 68,73% | Regular |

Fonte: Elaboração própria

Conforme exposto na Tabela 8, é possível observar que o grau de potencialidade “s” do DI José Vieira de Mendonça é de 68,33%, o que lhe confere um potencial *regular* para ser adaptado e transformado no Parque Industrial Ecológico de Vespasiano.

4.2.2 Etapa 2: Proposição dos cenários

De forma a viabilizar a adaptação e a transformação do DI José Vieira de Mendonça em PIE, conforme a metodologia desenvolvida no Capítulo 3, são propostos três cenários: o Cenário 1, que consiste no Cenário Teórico; o Cenário 2, que representa o Cenário Real; e o Cenário 3, que propõe a expansão das atividades de SI para outras áreas do Município de Vespasiano. Ressalta-se que o Cenário 4, referente à inclusão de novos empreendimentos no DI, também proposto na metodologia, não foi desenvolvido para o DI de Vespasiano devido à escassez de dados e informações necessários à sua elaboração.

Os documentos constantes nos processos de licenciamento ambiental das indústrias investigadas, citados na Tabela 5, bem como as informações disponibilizadas pela Prefeitura Municipal e pelas indústrias consistiram nas fontes de dados e informações essenciais ao desenvolvimento dos cenários propostos nesta etapa.

a) Cenário 1: Cenário Teórico

Com base na proposta metodológica desta dissertação, foram realizadas as duas atividades necessárias ao desenvolvimento do Cenário Teórico para a conversão do DI José Vieira de Mendonça em PIE, conforme os dados e informações obtidos acerca dos empreendimentos analisados.

1) Identificação dos processos industriais

Foram identificados os segmentos industriais existentes no DI José Vieira de Mendonça, assim como as necessidades de matéria e energia dos empreendimentos. Desse modo, as tabelas disponíveis no Anexo 3 caracterizam os empreendimentos do DI em estudo quanto a tipologia industrial, assim como identificam e quantificam as matérias primas, os insumos (como água e energia) e os respectivos fornecedores, além dos produtos de cada indústria. São identificados, também nesta atividade, os resíduos sólidos dos processos produtivos do DI de Vespasiano em termos da quantidade produzida, classificação NBR 10.004, origem e destino desses resíduos, disponibilizados nas tabelas do Anexo 4.

2) Composição da Matriz Teórica de Sinergia

Considerando as características dos empreendimentos do DI José Vieira de Mendonça, estudadas na “Atividade 1”, e tomando-se como referência as necessidades de materiais nos processos produtivos, assim como a geração de resíduos, desenvolveu-se a Matriz Teórica de Sinergia, apresentada na Tabela 9. Vale salientar que alguns resíduos foram inseridos de modo genérico na tabela, mas devem ser especificados durante a análise dos resultados, para que possam ser estudados e destinados da melhor forma possível, seja para reuso, reciclagem, tratamento ou descarte. Entre esses resíduos, destacam-se, na Matriz Teórica do DI José Vieira de Mendonça, os ácidos, as bases, os catalisadores e os solventes.

A análise da Tabela 9 permite concluir que, teoricamente, entre vinte tipologias de resíduos produzidos no DI de Vespasiano e analisados neste cenário, dez resíduos devem ser analisados e, se possível, permutados entre alguns empreendimentos do distrito industrial. Neste sentido, são necessárias algumas considerações acerca de alguns resíduos produzidos no distrito, como, já citado, os ácidos, as bases, os catalisadores e os solventes.

Em termos de substâncias ácidas no DI de Vespasiano, a Stepan produz diversos resíduos de caráter ácido, como pasta ácida e resíduos de ácido sulfônico. A indústria também produz como resíduo o carvão ativado, cujas características químicas não foram especificadas pela indústria.

O Instituto Hermes Pardini, que consiste no maior laboratório de análises clínicas do Estado de Minas Gerais, realiza exames clínicos com diferentes complexidades, como hemograma, exames de genética humana, processos bioquímicos,

Tabela 9: Matriz Teórica de Sinergia para o Distrito Industrial José Vieira de Mendonça, em Vespasiano (MG)

| Empreendimentos | Resíduos produzidos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|---|---|---|-----|---|---|-----|-----|-----|----|-----|-----|----|-----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Belgo Mineira (produção de cabos de aço) | | | | | P | | P | P | P/R | P | P | | P/R | P | R | | | | | P |
| Bucyrus (indústria mecânica) | | | P | | P | P | | P/R | P | R | | | P | P | P | | | | P | |
| Delp (indústria mecânica) | | | P | | P/R | | P | R | P | R | | P | P | P | P | P | P | | | |
| Hermes Pardini (análises clínicas) | R | R | | R | | | | | P/R | R | | P/R | P/R | P | | | | | | |
| Sandvik (indústria mecânica) | | | R | | P | | P | P/R | P | R | | | P | P | P | | | P | P | |
| Semeato (produção de fundidos de ferro e aço) | | | | | P/R | | | P | P | | | | P | | | P | P | | | |
| Stepan (indústria química) | P | | | P | P | | P | | P | P | | P | P | P | | P | | | | |
| Tecnometal (produção de estruturas metálicas) | | | P | | P | P | | | P | P/R | | | P | P | P/R | P | | P | P | P |

Legenda: P – Produtor de resíduos; R – Possível receptor de resíduos; P / R – Produtor e possível receptor de resíduos; 1 – Ácidos; 2 – Bases; 3 – Borrás de tinta; 4 – Catalisadores; 5 – Sucata metálica; 6 – Lodo da fossa séptica; 7 – Lodo de estação de tratamento; 8 – Óleos lubrificantes; 9 – Plásticos; 10 – Solventes; 11 – Torta de filtro; 12 – Vidro; 13 – Papel/papelão; 14 – Lâmpadas; 15 – Madeira; 16 – Resíduo oleoso; 17 – Escória; 18 – Sucata elétrica; 19 – Resíduos orgânicos; 20 – EPI (Equipamento de Proteção Individual).

Fonte: Elaboração própria

hematológicos, parasitológicos, de uroanálise, triagem neonatal, de autoimunidade, além de testes genéticos para diagnóstico de doenças infecciosas, genéticas e oncológicas, testes de paternidade, entre outros. Assim, essa indústria demanda componentes químicos de várias naturezas, inclusive aquelas de caráter ácido e, também, de carvão ativado, um elemento adsorvente utilizado em laboratórios clínicos.

De acordo com o Instituto Hermes Pardini, exemplos de substâncias químicas necessárias à realização de alguns exames são soluções contendo ácido sulfúrico para a determinação de lipídios totais, ácido pícrico para a determinação de creatinina e sulfato de cobre na determinação de proteínas.

Em relação aos resíduos de caráter básico, estes não são produzidos pelos empreendimentos do DI, mas, caso fossem produzidos, poderiam, talvez, ser

reaproveitados pelo Instituto Hermes Pardini, que utiliza, por exemplo, soluções alcalinas para a determinação do nível da fosfatase ácida, que auxilia o diagnóstico e o monitoramento do câncer prostático, segundo informações fornecidas pela indústria.

No âmbito dos catalisadores produzidos no DI de Vespasiano, a Stepan produz resíduos de óxido de vanádio em seu processo produtivo. Segundo PEIXOTO (2006), alguns compostos de vanádio são utilizados como catalisadores em processos de contato para fabricação de ácido sulfúrico, como catalisador de oxidação na síntese de anidrido maléico, na produção de poliamidas, como o nylon, e na oxidação de substâncias orgânicas como o etanol a acetaldeído, açúcar a ácido oxálico e antraceno a antraquinona. Desse modo, torna-se interessante analisar a composição química desse óxido de vanádio e, se possível, propor o seu envio para o Instituto Hermes Pardini, que utiliza ácido sulfúrico e outros compostos químicos em seus exames laboratoriais.

Os solventes estão presentes em quase todos os empreendimentos analisados, sendo produzidos como resíduos de atividades industriais ou recebidos para serem utilizados nos processos produtivos. A Belgo-Mineira, a Stepan e a Tecnometal produzem resíduos de solventes não especificados. A Sandvik, a Bucyrus e a Delp recebem solventes com características de “thinner”, enquanto o Instituto Hermes Pardini e a Tecnometal recebem solventes de naturezas diversas não especificadas.

Por fim, ressalta-se a necessidade da realização de análises adequadas para verificar a real viabilidade de utilização dos resíduos produzidos no DI. Neste sentido, recomenda-se a realização de balanços de materiais e de energia, sendo necessário identificar se os resíduos podem ser utilizados in natura ou após pré-tratamento, além do custo para transportá-los e, se necessário, da etapa de tratamento.

b) Cenário 2: Cenário Real

Com base na proposta metodológica desta dissertação, foram realizadas as duas atividades necessárias ao desenvolvimento do Cenário Real para a conversão do DI José Vieira de Mendonça em PIE, conforme os dados e informações obtidos acerca dos empreendimentos analisados.

1) Composição da Matriz Real de Sinergia

Considerando as indústrias do DI José Vieira de Mendonça que apresentaram o potencial real (“ $P_{real\ i}$ ”) maior ou igual a “2”, conforme o exposto na Tabela 7, foi

elaborada a Matriz Real de Sinergia, apresentada na Tabela 10. Essa matriz identifica e propõe as primeiras sinergias de resíduos entre alguns empreendimentos do DI, com o intuito de fomentar a cultura da Ecologia Industrial no local. Posteriormente, outras sinergias podem vir a se concretizar no distrito industrial.

Tabela 10: Matriz Real de Sinergia para alguns empreendimentos do Distrito Industrial José Vieira de Mendonça, em Vespasiano (MG)

| Empreendimentos | Resíduos produzidos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---------------------|---|---|---|---|---|---|-----|-----|----|----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Belgo Mineira (produção de cabos de aço) | | | | | P | | P | P | P/R | P | P | | P/R | P | R | | | | | P |
| Hermes Pardini (análises clínicas) | R | R | | R | | | | | P/R | R | | P/R | P/R | P | | | | | | |
| Sandvik (indústria mecânica) | | | R | | P | | P | P/R | P | R | | | P | P | P | | | | P | P |
| Stepan (indústria química) | P | | | P | P | | P | | P | P | | P | P | P | | P | | | | |

Legenda: P – Produtor de resíduos; R – Possível receptor de resíduos; P / R – Produtor e possível receptor de resíduos; 1 – Ácidos; 2 – Bases; 3 – Borrás de tinta; 4 – Catalisadores; 5 – Sucata metálica; 6 – Lodo da fossa séptica; 7 – Lodo de estação de tratamento; 8 – Óleos lubrificantes; 9 – Plásticos; 10 – Solventes; 11 – Torta de filtro; 12 – Vidro; 13 – Papel/papelão; 14 – Lâmpadas; 15 – Madeira; 16 – Resíduo oleoso; 17 – Escória; 18 – Sucata elétrica; 19 – Resíduos orgânicos; 20 – EPI (Equipamento de Proteção Individual).

Fonte: Elaboração própria

É possível observar, por meio da análise da Matriz Real de Sinergia do DI de Vespasiano, a possibilidade de permutar oito tipologias de resíduos neste cenário.

A indústria Belgo Mineira pode enviar óleo lubrificante para a Sandvik, além de papel, papelão e plásticos para a Hermes Pardini. A Belgo também pode receber alguns resíduos, como sobras de madeira da Sandvik, bem como papel, papelão e plástico da Stepan e da Hermes Pardini. Ressalta-se que as indústrias produtoras e possíveis receptoras dos mesmos tipos de resíduos, como é o caso da Belgo e da Hermes Pardini, que produzem e utilizam plásticos, papel e papelão, devem concretizar parcerias com o objetivo de otimizar o uso desses materiais residuais conforme a finalidade com que serão reaproveitados.

A Sandvik pode enviar resíduos de papel, papelão e plásticos para o Instituto Hermes Pardini, que, por sua vez, pode realizar intercâmbios de resíduos com a Stepan. Neste caso, a Stepan pode estudar o envio de papel, papelão, plásticos, vidro, solvente, ácido e catalisador para a Hermes Pardini.

Destaca-se, no entanto, uma dificuldade em detectar a real possibilidade de intercâmbio de solventes entre as indústrias do distrito, devido à falta de informações acerca da composição dos resíduos de solventes produzidos e dos tipos de solventes requeridos nos processos produtivos.

No caso do carvão ativado, este pode ser empregado em processos de purificação da água utilizada em testes laboratoriais (MENDES *et al.*, 2011). Entre esses processos de purificação, o carvão ativado pode ser empregado na filtração, sendo inserido em filtros que separam as partículas contaminantes da água.

A princípio, verifica-se a possibilidade de destinar resíduos de carvão ativado para a Hermes Pardini. Entretanto, os resíduos de carvão ativado podem apresentar substâncias ácidas ou básicas nele adsorvidas. Por esse motivo, talvez não seja viável o seu uso *in natura* pelo Instituto Hermes Pardini. Neste sentido, é interessante estudar duas alternativas: a possibilidade de regeneração do carvão ativado ou o envio dos resíduos de carvão ativado, como insumo energético, para alguma indústria, visto que o carvão apresenta um teor de carbono e, ao entrar em combustão, pode suprir parte da energia necessária às atividades industriais. Neste último caso, o carvão pode suprir parcialmente a necessidade de energia de uma indústria do DI, e não de matéria, como nos demais fluxos citados.

É importante reforçar, portanto, a necessidade de analisar as características de todos os resíduos permutados, principalmente aqueles com maiores particularidades em sua composição, como os ácidos, catalisadores, bases e solventes.

2) Convenção e gestão do PIE

Esta atividade consiste na adoção de medidas para viabilizar a convenção e a gestão do PIE de Vespasiano, representado, inicialmente, pelos empreendimentos da Matriz Real de Sinergia. Neste sentido, recomenda-se a adoção das medidas constantes na “Atividade 2” do Cenário Real, que integra a proposta metodológica desta dissertação e encontra-se desenvolvido no capítulo anterior.

Após a concretização das sinergias possíveis e a adoção das medidas adequadas para a convenção e gestão de PIEs, o DI José Vieira de Mendonça pode ser, finalmente, transformado no PIE de Vespasiano.

c) Cenário 3: Expansão da Simbiose Industrial para o Município de Vespasiano

Este cenário é proposto para o DI José Vieira de Mendonça com o objetivo de encontrar soluções, primeiramente, para os resíduos que não podem ser enviados para nenhuma indústria do distrito e, também, para fomentar relações de SI no município à medida que resíduos produzidos em outras áreas do município possam ser reaproveitados no DI. Assim, é proposta uma nova matriz de sinergia que inclui atividades de SI entre alguns empreendimentos do DI e outras indústrias externas ao distrito, mas pertencentes à área municipal de Vespasiano. Desse modo, é possível minimizar a geração de resíduos no DI e atender às necessidades de materiais em outros processos produtivos existentes no município.

É possível observar, por meio da Matriz Teórica de Sinergia do Cenário “1”, que nove tipos de resíduos produzidos no DI de Vespasiano não podem ser destinados para indústrias do distrito, a saber: lodo de fossa séptica, lodo de estação de tratamento, torta de filtro, lâmpadas, resíduo oleoso, escória, sucata elétrica, resíduos orgânicos e EPIs. Logo, respeitando as devidas análises necessárias acerca das características dos resíduos, são incluídas três indústrias do Município de Vespasiano para compor a matriz de sinergia deste cenário. Essas indústrias são: a Empresa de Cimentos Liz S.A., a SEM Equipamentos Mecânicos e Elétricos Ltda e a Topfilme Indústria de Materiais Plásticos Ltda.

Esses três empreendimentos foram, também, caracterizados quanto à necessidade de matérias primas e insumos nos processos industriais, disponibilizados nas tabelas do Anexo 5, assim como os resíduos gerados, disponíveis no Anexo 6. Para a caracterização da Cimentos Liz e da Topfilme foram utilizados documentos referentes aos seus processos de licenciamento ambiental, disponibilizados pela SEMAD. No caso da Cimentos Liz foi utilizado o RADA (2007) e, da Topfilme, o RCA (2010). A indústria SEM foi caracterizada com base em informações fornecidas pela indústria.

As possíveis relações de SI propostas entre o DI José Vieira de Mendonça e as indústrias acima mencionadas estão apresentadas na Tabela 11.

Conforme exposto na Tabela 11, a Cimentos Liz pode receber seis tipos de resíduos sem destino no DI, a saber: lodo da estação de tratamento, torta de filtro, resíduo oleoso, escória, resíduos orgânicos e EPI, devido ao papel que uma indústria cimenteira apresenta como grande receptora de resíduos, aplicados ao coprocessamento.

Tabela 11: Matriz Teórica de Sinergia para a expansão da Simbiose Industrial entre o Distrito Industrial José Vieira de Mendonça e outros empreendimentos de Vespasiano

| Empreendimentos | Resíduos produzidos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|---|---|---|----------|---|----------|----------|----------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|------------|------------|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | |
| Belgo Mineira (produção de cabos de aço) | | | | | P | | P | P | P/R | P | P | | P/R | P | R | | | | | P | |
| Bucyrus (indústria mecânica) | | | P | | P | P | | P/R | P | R | | | P | P | P | | | | | P | |
| Cimentos Liz (indústria cimenteira) | | | | | P | | R | P | | | R | | P | P | P | R | R | | P/R | P/R | |
| Delp (indústria mecânica) | | | P | | P/R | | P | R | P | R | | P | P | P | P | P | P | | | | |
| Hermes Pardini (análises clínicas) | R | R | | R | | | | | P/R | R | | P/R | P/R | P | | | | | | | |
| Sandvik (indústria mecânica) | | | R | | P | | P | P/R | P | R | | | P | P | P | | | | P | P | |
| SEM (indústria elétrica) | | | | | P | | | P | P | | | P | P | | | | | P/R | R | P | |
| Semeato (produção de fundidos de ferro e aço) | | | | | P/R | | | P | P | | | | P | | | P | P | | | | |
| Stepan (indústria química) | P | | | P | P | | P | | P | P | | P | P | P | | P | | | | | |
| Tecnometal (produção de estruturas metálicas) | | | P | | P | P | | | P | P/R | | | P | P | P/R | P | | | P | P | P |
| Topfilme (indústria de plásticos) | | | | | | | | | P | | | | P | | | R | | | | | |

Legenda: P – Produtor de resíduos; R – Possível receptor de resíduos; P / R – Produtor e possível receptor de resíduos; 1 – Ácidos; 2 – Bases; 3 – Borrás de tinta; 4 – Catalisadores; 5 – Sucata metálica; 6 – Lodo da fossa séptica; 7 – Lodo de estação de tratamento; 8 – Óleos lubrificantes; 9 – Plásticos; 10 – Solventes; 11 – Torta de filtro; 12 – Vidro; 13 – Papel/papelão; 14 – Lâmpadas; 15 – Madeira; 16 – Resíduo oleoso; 17 – Escória; 18 – Sucata elétrica; 19 – Resíduos orgânicos; 20 – EPI (Equipamento de Proteção Individual).

Fonte: Elaboração própria

De acordo com TAVARES (1999), o coprocessamento de resíduos na indústria cimenteira consiste no processo que aproveita resíduos descartados por outras indústrias (resíduos de madeiras, óleos usados, borras de tinta, solventes de indústrias petroquímicas e químicas, entre outros), utilizando-os como combustíveis em fornos de fabricação de clínquer, proporcionando uma redução no consumo de alguns energéticos como óleo combustível, carvão e coque.

O coprocessamento também pode empregar resíduos como substitutos de matérias primas na indústria cimenteira. Contudo, este uso é bastante limitado pela composição química do resíduo, podendo ser empregados materiais em cuja massa predominam elementos como cálcio, ferro e silício. Um exemplo de resíduo utilizado como matéria prima na produção do cimento é a escória de alto forno (SANTI, 1997).

Ressalta-se, portanto, que, de modo geral, os resíduos propostos ao coprocessamento na Cimentos Liz devem ser analisados, especialmente quanto a sua composição química, antes de serem destinados à cimenteira.

A indústria SEM, por sua vez, pode reutilizar a sucata elétrica produzida no DI pela Sandvik e pela Tecnometal e, a Topfilme, os resíduos oleosos.

Destaca-se que a Cimentos Liz está localizada na região central do Município de Vespasiano, enquanto a SEM e a Topfilme situam-se no Parque Norte. Desse modo, valida-se, ao concretizar os intercâmbios propostos de resíduos neste cenário, a expansão da SI entre o DI José Vieira de Mendonça e outras áreas industriais de Vespasiano.

Além de consistirem em receptores de resíduos do DI, as indústrias Cimentos Liz, SEM e Topfilme também produzem resíduos que podem ser enviados para alguns empreendimentos do DI. Neste sentido, a cimenteira pode destinar resíduos de sucata metálica para a Delp e para a Semeato, óleo lubrificante para a Bucyrus, Delp e Sandvik, papel e papelão para a Belgo Mineira e Hermes Pardini, além de madeira para a Belgo Mineira e Tecnometal.

A indústria SEM pode enviar resíduos de sucata metálica para a Delp e para a Semeato, óleo lubrificante para a Bucyrus, Delp e Sandvik, papel, papelão e plásticos para a Belgo Mineira e Hermes Pardini, além de vidro para a Hermes Pardini.

A indústria Topfilme pode destinar resíduos de plásticos, papel e papelão para a Belgo Mineira e Hermes Pardini.

Vale salientar, ainda, que após realizar os possíveis estudos para encaminhar os resíduos que não podem ser recebidos ou não são produzidos, no DI de Vespasiano, para outras indústrias do município, alguns resíduos não apresentaram “solução”. Neste caso, não há produtores de bases e não há receptores de lâmpadas. O lodo das fossas sépticas é enviado para a ETA da Copasa, localizada em Vespasiano.

4.3 Análise dos resultados e proposições

Diante do exposto acerca da aplicação da metodologia proposta no DI José Vieira de Mendonça, realiza-se, nesta seção, uma análise dos resultados obtidos e algumas proposições para o PIE de Vespasiano.

O grau de potencialidade “s” do DI José Vieira de Mendonça, 68,73%, significa que esse distrito possui um potencial “regular”, porém quase “bom”, para ser convertido em um PIE. Tal fato leva ao questionamento sobre os motivos que justificam esse potencial regular.

Ao analisar os indicadores de transformação real (g_{real}) atribuídos aos critérios analisados em cada empreendimento do DI, observa-se uma grande deficiência nos critérios “B” (fontes de financiamento), “C” (relações de troca e/ou venda), “E” (serviços de uso comum) e “G” (certificação ambiental), além de um significativo descaso das indústrias em relação ao critério “J” (eficiência energética).

A deficiência do critério “B” justifica-se, a princípio, pelo fato de não haver, de modo geral, atuações/parcerias entre o poder público e o privado em relação ao DI.

Os critérios “C” e “E” também não são atendidos pela maioria das indústrias, pois não há nenhuma associação entre as empresas, nem entidades, prestadoras de serviço em comum para as empresas, que seja fruto de uma associação ou plano de negócios entre elas. Em síntese, não existe nenhum plano de ação que crie condições diferenciadas para as empresas que optam por se instalar no DI, exceto por razões logísticas. Como consequência, o relacionamento entre as empresas não é fortalecido, prejudicando o compartilhamento de serviços.

Os critérios “G” e “J”, associados fortemente ao meio ambiente, também não são muito valorizados pelas empresas, talvez pelo grande enfoque dessas às questões econômicas e não ambientais.

Neste sentido, é necessário investir, durante o processo de consolidação e gestão do PIE, principalmente em medidas que minimizam as falhas dos critérios acima citados. Como exemplo, recomenda-se a realização de seminários de forma a aproximar as instituições e as empresas, o incentivo a práticas ambientais comuns, o cumprimento de metas de desempenho ambiental, a busca de parcerias com órgãos públicos, a manutenção de serviços de uso comum, a implantação de um SGA coletivo, a escolha de uma indústria âncora, entre outras.

É importante destacar, também, a resistência de algumas indústrias investigadas para responder determinadas questões do modelo do questionário aplicado, como aquelas referentes à geração de resíduos sólidos e efluentes líquidos nos processos industriais, que não foram respondidas pelas indústrias Bucyrus, Delp e Tecnometal. Então, para acessar os dados não disponibilizados por essas indústrias, os documentos constantes no processo de licenciamento ambiental desses empreendimentos auxiliaram na identificação dos materiais e resíduos desses processos produtivos.

As indústrias que compõem a Matriz Real de Sinergia, no Cenário “2” proposto, demonstraram maior preocupação e atuação em relação aos aspectos ambientais avaliados, assim como um melhor relacionamento e pro atividade no DI.

Sob o ponto de vista das sinergias entre os empreendimentos do DI José Vieira de Mendonça, verifica-se um bom potencial de possíveis fluxos de materiais, a priori, entre as indústrias da matriz real de sinergia, uma vez que essas sinergias, associadas ao maior potencial de cada indústria para compor um PIE, permitem o fortalecimento e a consolidação da EI no distrito. A análise da Matriz Real de Sinergia aponta que as maiores possibilidades de trocas simbióticas referem-se aos intercâmbios de resíduos de plásticos, papel, papelão e óleo lubrificante.

Assim, um meio para fomentar o intercâmbio de resíduos no DI consiste em avaliar o quanto as trocas simbióticas podem satisfazer as demandas por matéria e/ ou energia das indústrias envolvidas, após a verificação de custos, transporte e possível tratamento dos resíduos. Como exemplo, tem-se que, caso seja viável o envio de resíduos de óleo lubrificante da Belgo Mineira para a Sandvik, recomenda-se avaliar o quanto os 9 kg de resíduos de óleo lubrificante produzidos diariamente pela Belgo satisfazem a necessidade de 140 litros de óleo lubrificante no processo produtivo executado pela Sandvik (conforme dados dos Anexos 3 e 4).

Após a realização dos primeiros intercâmbios de resíduos entre os empreendimentos da Matriz Real de Sinergia, deve-se incentivar a sinergia destes com as demais indústrias do DI. Como exemplo, a Sandvik pode receber borra de tinta da Delp, da Bucyrus ou da Tecnometal. Os resíduos de madeira também permitem realizar a ligação entre os empreendimentos que pertencem e os que não pertencem à Matriz Real de Sinergia, como, por exemplo, o envio de resíduos de madeira da Delp para a Belgo Mineira.

Em seguida, outras atividades de SI devem ser estimuladas entre as indústrias do DI que não pertencem à Matriz Real de Sinergia. A Bucyrus pode enviar sucata metálica para a Delp e para a Semeato, madeira para a Tecnometal e óleo lubrificante para a Delp. A Tecnometal pode enviar sucata metálica para a Delp e para a Semeato, e receber madeira da Delp. A Semeato pode enviar óleo lubrificante para a Delp e permutar sucata metálica com a mesma. Paralelamente às atividades de SI, essas indústrias devem, também, buscar aprimorar o seu atendimento aos critérios avaliados e, assim, aperfeiçoar o funcionamento e as relações entre os membros do PIE.

Ao expandir a Simbiose Industrial para o Município de Vespasiano, pode-se verificar não apenas os intercâmbios de resíduos “sem destino” no DI, mas também os possíveis resíduos gerados pelas indústrias externas ao distrito e que podem ser reutilizados pelos empreendimentos do DI José Vieira de Mendonça, consolidando a SI em Vespasiano.

Destaca-se ainda, que, no caso de Vespasiano, a Empresa Cimentos Liz pode exercer um importante papel na consolidação de atividades de SI no município, pois essa indústria já utiliza alguns resíduos de processos industriais através da técnica do coprocessamento, com o objetivo de substituir parte dos combustíveis e das matérias primas convencionais empregados na fabricação do cimento.

Assim, alguns resíduos produzidos no DI José Vieira de Mendonça e propostos para a conversão do DI em PIE, mas não aproveitados pelas indústrias do mesmo, seja por falta de acordos entre as indústrias ou por aspectos físicos e/ ou químicos dos resíduos, estes podem ser estudados e, se possível, enviados para a Cimentos Liz com o intuito de suprir parcialmente a demanda por matéria ou energia da cimenteira. Entre esses resíduos, encontram-se ácidos, catalisadores, óleos, plásticos, solventes, papel, madeira e carvão.

5. Conclusões e recomendações

Este capítulo apresenta as considerações finais deste trabalho, a partir da análise da literatura realizada sobre os distritos industriais, os princípios e duas ferramentas da Ecologia Industrial – a Simbiose Industrial e o Parque Industrial Ecológico, da metodologia proposta para a transformação de distritos industriais em PIEs e do estudo de caso desenvolvido para adaptar e transformar o Distrito Industrial José Vieira de Mendonça, localizado no Município de Vespasiano, em PIE. São apresentadas, também, as principais conclusões, recomendações e algumas sugestões para a continuação desta dissertação.

De acordo com a literatura analisada acerca dos distritos industriais, conclui-se que estes constituem em mecanismos da materialização do processo de industrialização e das relações industriais. Os distritos industriais expandiram-se por vários países e podem apresentar características diversas em termos de função, estrutura, localização, facilidades oferecidas no local, porte das indústrias, assim como se estas são direcionadas à fabricação de uma tipologia de produto ou não.

Observa-se, durante a evolução dos espaços industriais, uma tendência de reconfiguração produtiva, resultando na criação de redes e cadeias produtivas, especialmente nos países desenvolvidos. Contudo, os distritos industriais ainda predominam nos países subdesenvolvidos, como um meio de promover a industrialização de determinada localidade.

No Brasil, o primeiro distrito industrial surgiu no Município de Contagem, em Minas Gerais, com o intuito de promover o desenvolvimento industrial da região. Na década de 1970, a implantação de distritos industriais configurou-se como uma estratégia de âmbito nacional, resultado dos incentivos dos governos federal, estadual e municipal, através das companhias constituídas para gerenciar esses distritos.

Após a experiência mineira de implantar um distrito industrial em Contagem, outros estados da federação criaram distritos industriais. Os estados de São Paulo e do Rio de Janeiro, instituíram, no final da década de 1970 e início da década de 1980, leis estaduais que regulamentaram o zoneamento industrial das respectivas regiões metropolitanas.

Apesar da implantação de distritos industriais consistir, para muitos gestores, em uma estratégia de desenvolvimento econômico local, esses núcleos industriais

ocasionam inúmeros impactos, principalmente, à sociedade e aos sistemas naturais nos quais estão inseridos, conforme os exemplos comentados. Em 1980, foi estabelecida a Lei Nº 6.803, que regulariza o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, determinando a criação de ZEI, ZUPI e ZUD.

A visão sistêmica da Ecologia Industrial, que conecta as atividades produtivas por meio de uma gestão cooperativa, utilizando resíduos de processos produtivos como insumos em outros processos, contribui para minimizar a quantidade total de rejeitos a serem dispostos no meio ambiente, proporcionando benefícios nas esferas ambiental, social e econômica.

Neste sentido, a aplicação dos fundamentos e ferramentas da Ecologia Industrial pode contribuir, de modo significativo, para a redução dos impactos negativos ocasionados à sociedade e ao meio ambiente devido à operação dos distritos industriais, viabilizando, desse modo, o atendimento das indústrias aos princípios e objetivos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, o marco legal mais importante na área de resíduos sólidos instituído no Brasil através da Lei Nº 12.305/ 2010.

Conforme mencionado neste estudo, a implantação de SI e PIE em complexos industriais ainda encontra desafios, mas caracterizam importantes ferramentas na busca da sustentabilidade em complexos industriais.

Verifica-se, de modo geral, a existência de atividades de SI e PIE em diversos países que buscam alcançar o desenvolvimento mais sustentável. Entretanto, observa-se o importante papel da Dinamarca em relação às demais nações ao estabelecer a SI em Kalundborg. Atualmente, a cultura da EI espalha-se, principalmente, pelos países da Europa, Ásia e América, inclusive no Brasil e, especificamente, no Estado de Minas Gerais.

Alguns critérios mencionados por Veiga (2007), para a implantação de PIE em uma área ainda não consolidada como um distrito industrial, assim como a ideia de hierarquização dos critérios, presente no trabalho de TRAMA (2014), forneceram as diretrizes iniciais para o desenvolvimento da metodologia proposta neste estudo, cujo objetivo difere daquele da autora, mas em ambos os casos, as características de um PIE devem prevalecer, conforme os princípios da Ecologia Industrial comentados. Outros critérios, não citados por Veiga (2007), foram incorporados à metodologia para a

implantação de PIE em regiões caracterizadas como distritos industriais, devido às diferenças existentes entre distrito industrial e PIE mencionadas.

A primeira etapa que compõe a proposta metodológica constante neste estudo consiste na análise de aspectos econômicos, sociais e ambientais dos empreendimentos do distrito industrial, possibilitando a avaliação do potencial desses empreendimentos para integrar um PIE, uma vez que os aspectos existentes sinalizam a atuação das mesmas em relação aos princípios da EI e, conseqüentemente, indicam a possível consolidação da cultura da EI no local.

Neste sentido, os empreendimentos do distrito industrial que não atendem a determinados critérios, essenciais ao funcionamento de um PIE, devem trabalhar mecanismos que permitem atendê-los, estabelecendo a cultura da EI no distrito a ser adaptado e transformado em PIE. Para isso, é fundamental a conscientização de todos os atores envolvidos no distrito industrial acerca dos benefícios adquiridos em um PIE, conforme comentado.

A segunda etapa da metodologia proposta nesta dissertação caracteriza-se pela proposição de cenários para a transformação do distrito industrial em PIE, com base nas possíveis trocas simbióticas entre os empreendimentos do DI. Assim, a análise dos possíveis fluxos de resíduos sólidos, através das matrizes de sinergia, auxilia a indicação das primeiras parcerias a serem consolidadas no distrito industrial, viabilizando o contato e a cooperação entre os integrantes do PIE, direcionados, a princípio, pelas indústrias da Matriz Real de Sinergia, uma vez que apresentam maior potencial real para constituir um PIE.

A base de dados utilizada para a aplicação da metodologia pode ser de caráter público e/ou privado. No entanto, alguns empreendimentos apresentam uma resistência em relação à divulgação dos dados e informações de seus processos industriais, ocasionando obstáculos à aplicação da metodologia, além de demonstrar o desconhecimento ou a falta de pro atividade dessas indústrias em relação à adoção de ferramentas, como o PIE, que contribuem para alcançar o desenvolvimento sustentável.

Diante das dificuldades de aquisição de dados e informações, por meio do setor privado, necessários à aplicação da proposta metodológica, o imenso acervo de documentos constantes nos processos de licenciamento ambiental das indústrias do DI pode auxiliar significativamente a aplicação da metodologia, contribuindo, dessa

maneira, para o melhor equilíbrio entre as atividades econômicas, a sociedade e o meio ambiente no distrito.

Com a finalidade de validar a aplicação da proposta metodológica deste trabalho para a conversão de um distrito industrial em PIE, realizou-se um estudo de caso no Distrito Industrial José Vieira de Mendonça, no Município de Vespasiano, em Minas Gerais.

A aplicação da proposta metodológica no DI José Vieira de Mendonça foi realizada com base em dados e informações adquiridos por meio de questionários, documentos públicos do órgão ambiental estadual e da Prefeitura Municipal. No entanto, alguns dados não foram especificados devido à resistência das indústrias do DI em fornecer algumas informações.

Conforme os critérios selecionados e os indicadores propostos, para avaliar o potencial de transformação de distritos industriais em PIE, conclui-se que o DI de Vespasiano apresenta um potencial regular para ser convertido em PIE, devido à existência de alguns aspectos que contribuem para a consolidação da cultura da EI no local e à grande deficiência de alguns empreendimentos em estabelecer parcerias com o setor público, apresentar um relacionamento de troca e/ou venda de insumos, produtos ou resíduos com outras indústrias do DI, compartilhar serviços, obter a certificação ambiental com base na norma ISO 14.001:2.004 e adotar medidas de eficiência energética nos processos e nas instalações prediais.

No âmbito da Simbiose Industrial, o DI de Vespasiano apresenta um bom potencial de possíveis trocas simbióticas, a priori, entre as indústrias da Matriz Real de Sinergia, composta pelos empreendimentos Belgo Mineira, Hermes Pardini, Sandvik e Stepan. Entre as vinte tipologias de resíduos analisadas, dez podem ser permutadas entre as indústrias da referida matriz.

Há também a possibilidade de expandir as atividades de SI entre os empreendimentos da Matriz Real de Sinergia com outros situados no DI e, também, com as indústrias SEM Equipamentos e Topfilme, instaladas em outra área industrial do município, e com a Empresa de Cimentos Liz, que pode realizar um importante papel em atividades de SI pelo fato de utilizar diversos materiais residuais através do coprocessamento.

Entretanto, como destacado, um DI não opera conforme os princípios de sustentabilidade e integração que coordenam o funcionamento de um PIE. Desse modo, é indispensável a reavaliação dos serviços oferecidos e demandados por todos os empreendimentos indicados à constituição do PIE e a inserção de elementos característicos de PIEs não encontrados no DI José Vieira de Mendonça.

Após o fortalecimento dos princípios da EI no distrito industrial, assim como a implantação de todos os elementos essenciais à operação de PIE e a realização das trocas simbióticas propostas, o DI José Vieira de Mendonça poderá ser consolidado como o PIE de Vespasiano.

Vale destacar, ainda, algumas sugestões para a continuação desta dissertação, com o objetivo de aperfeiçoar a proposta metodológica desenvolvida neste estudo, atribuindo-lhe melhores recursos para a sua efetiva validação em um distrito industrial existente, assim como finalizar o processo de transformação do DI José Vieira de Mendonça no PIE de Vespasiano.

No âmbito da “Etapa 1” da proposta metodológica, é sugerido que os *indicadores de importância “h”* sejam aprimorados através da consulta a um maior grupo de especialistas, com o intuito de aprimorar os valores atribuídos aos critérios analisados para a obtenção do grau de potencialidade. Esse grupo de especialistas também pode auxiliar o planejamento estratégico dos empreendimentos pertencentes ao distrito industrial, identificando aspectos inexistentes ou elementos que necessitam de melhorias para o funcionamento adequado do PIE.

Na “Etapa 2” da metodologia proposta, é sugerido o aperfeiçoamento da segunda atividade do Cenário 2 – Cenário Real – referente ao processo de convenção e gestão do PIE. Neste caso, recomenda-se um estudo sobre as fontes de financiamento mais adequadas ao processo de adaptação do distrito industrial para PIE e o papel a ser atribuído a cada fonte nesse processo. Assim sendo, propõe-se um estudo sobre como os governos federal, estadual ou municipal, as agências de proteção ambiental, as instituições e agências nacionais públicas ou privadas – Banco do Brasil, Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES), Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) – e as próprias indústrias podem atuar na consolidação e gestão do PIE.

Por fim, é sugerido a elaboração do Cenário 4 para o DI José Vieira de Mendonça, através de um estudo sobre a disponibilidade de terrenos ainda não ocupados e quais tipologias industriais podem ser estabelecidas nesses lotes vazios, com o intuito de potencializar as trocas simbióticas entre as indústrias, permitindo que todos os resíduos sólidos gerados no DI possam ser permutados, fortalecendo, desse modo, a SI no PIE de Vespasiano.

Referências Bibliográficas

ABNT. **NBR 10.004: resíduos sólidos – classificação**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2004.

ABNT. **NBR 14.001: sistemas de gestão ambiental – requisitos com orientações para uso**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2004.

AGB. **Relatório dos Impactos Socioambientais do Complexo Industrial-Portuário do Açú**. Grupo de Trabalho de Assuntos Agrários da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seções Rio e Niterói, Rio de Janeiro, 2011.

ALMEIDA, R.N., LEITE, J.C.A., NUNES, F.M.S., *et al.* “Identificação dos impactos ambientais resultantes da implementação do Distrito Industrial de Pombal – PB”, **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável** v. 9, n. 4, pp. 137-144, Out. 2014.

ALMG. **Municípios de Minas Gerais**. Assembléia Legislativa de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <http://www.almg.gov.br/consulte/info_sobre_minas/index.html?aba=js_tabMunicipios&sltMuni=713>. Acesso em: 01 out. 2015.

ALRJ. **Lei Nº 466 de 21 de outubro de 1981**. Assembléia Legislativa do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/CONTLEI.NSF/e9589b9aab9cac8032564fe0065abb4/546d593d3c9dcf040325657d005cec82?OpenDocument>>. Acesso em: 15 jul. 2015.

ARSAE-MG. **Sistema de Esgotamento Sanitário da sede do Município de Vespasiano**. Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO NO BRASIL. **Vespasiano, MG**. 2015. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/perfil_m/2214>. Acesso em: 10 out. 2015.

BASTOS, L., BARROSO-KRAUSE, C., “Sustentabilidade e Arquitetura: histórico e abordagem do estado da arte”, PROARQ/FAU/UFRJ, 2005. Disponível em: <www.fau.ufrj.br/proarq>. Acesso em: 03 mai. 2015.

BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONELO, J. G. L., *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo, Prentice Hall, 2002.

BRASIL. **Lei Nº 6.803 de 02 de julho de 1980**. Dispõe sobre as diretrizes básicas para o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição, e dá outras providências. Publicado no DOU em 03.07.1980.

BRASIL. **Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Publicado no DOU em 03.08.2010.

CETESB. **Lei Nº 12.305 de 02 de agosto de 2010**. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/1978_Lei_Est_1817.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2015.

CHERTOW, M. R. “INDUSTRIAL SYMBIOSIS: Literature and Taxonomy”, **Annual Reviews on Energy and Environment** v. 25, p. 313-337, 2000.

CHIU, A. “Eco Industrial Networking in Asia”, **International Conference on Cleaner Production**, 23, Beijing, China, September 2001. Disponível em: <<http://infohouse.p2ric.org/ref/22/21527.htm>>. Acesso em: 17 jul. 2015.

CIPOLLETA, J. **O II PND e a política de desenvolvimento urbano no Brasil**. Trabalho de conclusão da disciplina: A formação do espaço nacional São Paulo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, São Paulo, SP, Brasil, 2007. Disponível em: <http://www.usp.br/fau/ensino/graduacao/arq_urbanismo/Disciplinas/>. Acesso em: 15 mai. 2015.

CODEMIG. **Distritos Industriais**. Companhia de Desenvolvimento Econômico de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <<http://www.codemig.com.br/>>. Acesso em: 02 jun. 2015.

CONTICELLI, E., TONDELLI, S. “Application of Strategic Environmental Assessment to Eco-Industrial Parks: Raibano Case in Italy”. **Journal of Urban Planning and Development** v. 139, pp. 185-196, Set. 2013.

COPASA. **Programa de Saneamento Ambiental para a Bacia do Ribeirão da Mata – Município de Vespasiano. Volume 1: Diagnóstico socioambiental dos meios físico, biótico e socioeconômico**. Companhia de Saneamento de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <http://rmbh.org.br/sites/default/files/PDDI_233.pdf>. Acesso em: 23 set. 2015.

COSTA, I., MASSARD, G., AGARWAL, A. “Waste management policies for industrial symbiosis development: case studies in European countries”. **Journal of Cleaner Production** v. 18, pp. 815-822, Jan. 2010.

COSTA, M. M. **Princípios de Ecologia Industrial Aplicados à sustentabilidade ambiental e aos sistemas de produção de aço**. Tese (Doutorado em Planejamento Energético), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2002.

CÔTÉ, R., COHEN-ROSENTHAL, E., “Designing eco-industrial parks: a synthesis of some experiences”. **Journal of Cleaner Production** v. 6, n. 3-4, pp. 181-188, 1998.

CÔTÉ, R., HALL, J. “Industrial parks as ecosystems”. **Journal of Cleaner Production** v. 3, n. 1-2, pp. 41-46, 1995.

DAMAS, E. T. **Distritos industriais da cidade do Rio de Janeiro: gênese e desenvolvimento no bojo do espaço industrial carioca**. Dissertação (Mestrado em Geografia), UFF, Niterói, RJ, Brasil, 2008.

DENIZO, V. **O zoneamento industrial enquanto instrumento de controle de um problema ambiental urbano: a poluição industrial**. Dissertação (Mestrado em Administração). EAESP/FGV, São Paulo, SP, Brasil, 1989.

DEPPE, M., SCHLARB, M. **Eco-Industrial Development Workbook**. 83 p. Cornell University, 2005.

DER/MG. **Mapa Rodoviário**. Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <<http://www.der.mg.gov.br/mapa-rodoviario>>. Acesso em: 03 out. 2015.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the Circular Economy**. Ellen Macarthur Foundation, Cowes, Isle of Wight, 2016. Disponível em: <<http://www.ellenmacarthurfoundation.org/>>. Acesso em: 08 mar. 2016.

ERKMAN, S., “Industrial Ecology: an historical view”, **Journal of Cleaner Production** v. 5, n° 1-2, pp. 1-10, 1997.

ERKMAN, S., “Industrial Ecology: a new perspective on the future of industrial system”, Institute for Communication and Analysis of Science and Technology (ICAST), **Swiss medical Weekly**, n° 131, pp. 531 – 538, Geneva, Switzerland, 2001.

FANG, Y., CÔTÉ, R. P., QIN, R. “Industrial sustainability in China: Practice and prospects for eco-industrial development”. **Journal of Environmental Management** v. 83, pp. 315-328, 2007.

FIEMG. **Soluções em energia e eficiência energética**. Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <<http://www7.fiemg.com.br/senai/produto/solucoes-em-energia-e-eficiencia-energetica>>. Acesso em: 25 ago. 2015.

FIEMG. **Programa Brasileiro de Simbiose Industrial**. Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016. Disponível em: <<http://www.sistemafiemg.com.br/fatoindustrial/index.php/noticias/ler/2629/161>>. Acesso em: 07 jan. 2016.

FIEMG. **Programa Mineiro de Simbiose Industrial**. Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016a. Disponível em: <<http://www.fiemg.org.br/Default.aspx?tabid=10954>>. Acesso em: 08 jan. 2016.

FILHO, E.R., FERREIRA, C.V., MIGUEL, P.A.C. , *et al.*, **Projeto do Produto**. Abepro. Rio de Janeiro, Elsevier, 2010.

FJP. **Censo Demográfico de 2010 para Minas Gerais**. Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: < <http://www.fjp.mg.gov.br/index.php/noticias-em-destaque/1265-fundacao-joao-pinheiro-divulga-resultados-do-censo-demografico-de-2010-para-minas-gerais>>. Acesso em: 09 out. 2015.

FRAGOMENI, A. L. **Parques Industriais Ecológicos como Instrumento de Planejamento e Gestão Ambiental Cooperativa**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2005.

GERTLER, N., **Industrial Ecosystems: Developing Sustainable Industrial Structures**, Master Dissertation, Massachusetts Institute of Technology - MIT, Massachusetts, USA, 1995.

GIANNETTI, B. F., ALMEIDA, C. V. B., **Ecologia Industrial: Conceitos, Ferramentas e Aplicações**. 1 ed. São Paulo, Edgard Blücher, 2006.

GNANAPRAGASAM, J. **The City of Hamilton’s Sustainable Development through Eco Industrial Parks**. McMaster University, 2013.

GOOGLE. **Google Earth**. 2015. Disponível em: <<http://earth.google.com>>. Acesso em: 31 jul. 2015.

GOOGLE. **Google Maps**. 2015. Disponível em: <<http://maps.google.com>>. Acesso em: 03 ago. 2015.

GRAEDEL, T. **Industrial Ecology: definition and implementation**. In: SOCOLOW, Robert, H. et al. (EE.) *Industrial ecology and global change*. New York: Cambridge University, 2006.

HAYTER, R. **The Dynamics of Industrial Location – The Factory, the Firm and the Production System**, John Wiley & Sons, Chichester, England, 1998.

HOLLÄNDER, R., CHUNYOU, W., NING, D. **Discussion Papers on Sustainable Development of Industrial Parks**. Faculty of Economics and Management, University of Leipzig, Leipzig, Germany, 2009.

IBGE. **Cidades@**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=317120&search=||info%20gr%20E1ficos:-informa%20E7%20F5es-completas>>. Acesso em: 10 set. 2015.

IEA. **Energy efficiency**. International Energy Agency, 2015. Disponível em: <<http://www.iea.org/topics/energyefficiency/>>. Acesso em: 15 ago. 2015.

IGAM. **Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Belo Horizonte, 2004. Disponível em: <http://www.manuelzao.ufmg.br/assets/files/Textos%20mobilizacao/plano_diretor_completo.pdf>. Acesso em: 04 out. 2015.

IGAM. **Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <<http://comites.igam.mg.gov.br/unidades-de-planejamento/1112-conheca-a-bacia>>. Acesso em: 02 out. 2015.

INDIGO DEVELOPMENT. **Eco-industrial parks (EIP)**. Disponível em: <<http://www.indigodev.com/Ecoparks.html>>. Acesso em: 21 jan. 2015.

IS. **Industrial Ecology Solutions**. International Synergies, 2015. Disponível em: <<http://www.international-synergies.com/projects/national-industrial-symbiosis-programme-nisp>>. Acesso em: 13 mai. 2015.

KALUNDBORG SYMBIOSIS. **Et økosystem af cirkulaer økonomi**. Kalundborg Symbiosis, 2016. Disponível em: <<http://www.symbiosis.dk/da/system>>. Acesso em: 17 fev. 2016.

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

LAMBERT, A.J.D., BOONS F.A. “Eco-Industrial Parks: stimulating sustainable development in mixed industrial parks”, **Technovation** n° 22, pp. 471-484, 2002.

LAYBOURN,P., MORRISSEY, M. **Nacional Industrial Symbiosis Programme – The Pathway To A Low Carbon Sustainable Economy**. Birmingham, International Synergies Ltda, 2009.

LOPES, J.C.J., VOLPI, J.H., GRAEML, K.S., *et al.* **Repercussões socioambientais decorrentes da implantação do distrito industrial em São José dos Pinhais-PR**. Trabalho dos alunos do Curso de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento, UFPR, Curitiba, PR, Brasil, 2003. Disponível em:<http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/GT/GT09/jose_carlos.pdf>. Acesso em: 16 mai. 2015.

LORA, E. E. S. **Prevenção e Controle da Poluição nos Setores Energético, Industrial e de Transporte**. 1 ed. Brasília, ANEEL, 2000.

LOWE, E. “Eco-Industrial Park Handbook for Asian Developing Countries”, Indigo Development, USA, 2001. Disponível em: <<http://indigodev.com>>. Acesso em: 03 abr. 2015.

LOWE, E. “An Eco-Industrial Park definition for the Circular Economy”, Indigo Development, USA, 2005. Disponível em: < http://indigodev.com/Defining_EIP.html>. Acesso em: 20 jul. 2015.

MACHADO, P.A.L., **Direito Ambiental Brasileiro**. 22 ed. São Paulo, Malheiros Editores Ltda, 2014.

MAGRINI, A., MASSON, C.G.M.J., “Revisão do Zoneamento Industrial da Região Metropolitana do Rio de Janeiro: relatório final”, Consórcio COPPE/UFRJ/IBAM, Rio de Janeiro, 2005.

MAGRINI, A., VEIGA, L.B.E. “Um quadro das recentes iniciativas de Ecologia Industrial e perspectivas para o Brasil”. In: **Congresso Brasileiro de Energia**, pp. 87-99, COPPE, Rio de Janeiro, Out. 2012.

MANNARINO, R.P. **Distritos industriais: entre o mito e a realidade (O caso do Estado do Rio de Janeiro)**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional), UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1983.

MARCONDES, A. C. **Ecologia**. 3 ed. São Paulo, Anual Ltda, 1998.

MARQUEZ JR, R.O.P. **O Macroambiente de Emergência dos Ecossistemas Industriais: Proposição de Estrutura Analítica e Aplicação para o Caso Brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Economia), UFU, Uberlândia, MG, Brasil, 2014.

MATIAS, V. R. S., TEIXEIRA, P. M. A., ROCHA, I. L. P. “Leituras do planejamento urbano no município de Vespasiano – MG a partir do Plano Diretor Participativo”, **Revista Eletrônica de Geografia** v. 4, n. 11, pp. 23- 44, Out. 2012.

MAZZINI, A. L. D. A. **Dicionário Educativo de Termos Ambientais**. 3 ed. Belo Horizonte, CRQ, 2006.

MCDONOUGH, W., BRAUNGART, M. **The Upcycle: Beyond Sustainability – Designing for Abundance**. 1 ed. North Point Press, 2013.

MELO, R. L. C. “A implantação de distritos industriais na área de influência do setor petróleo & gás e possíveis impactos econômico-espaciais: o caso da zona especial de negócios em Rio das Ostras – RJ”. In: **3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás**, 0687, Salvador, BA, Brasil, Out. 2005.

MENDES, M.E., FAGUNDES, C.C., PORTO, C.C., *et al.* “A importância da qualidade da água reagente no laboratório clínico”, **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 47, n. 3, pp. 217-223, Jun. 2011.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 007/2002. [Referente ao processo de licenciamento ambiental da empresa Stepan Química Ltda]. Plano de Controle Ambiental [PCA]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2006.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 007/2002. [Referente ao processo de licenciamento ambiental da empresa Stepan Química Ltda]. Relatório de Controle Ambiental [RCA]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2006.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 002/1991. [Referente ao processo de licenciamento ambiental

da empresa Bucyrus Brasil Ltda]. Relatório de Controle Ambiental [RCA]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2007.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 001/2007. [Referente ao processo de licenciamento ambiental da empresa Sandvik Mining and Construction do Brasil S.A]. Plano de Controle Ambiental [PCA]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2007.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 001/2007. [Referente ao processo de licenciamento ambiental da empresa Sandvik Mining and Construction do Brasil S.A]. Relatório de Controle Ambiental [RCA]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2007.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 007/2002. [Referente ao processo de licenciamento ambiental da empresa Stepan Química Ltda]. Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental [RADA]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2007.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 001/2005. [Referente ao processo de licenciamento ambiental da empresa Tecnometal Engenharia e Construções Mecânicas Ltda]. Parecer técnico elaborado pela Superintendência Regional de Regularização Ambiental [PT]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2007.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 001/2007. [Referente ao processo de licenciamento ambiental da empresa Sandvik Mining and Construction do Brasil S.A]. Parecer técnico elaborado pela Superintendência Regional de Regularização Ambiental [PT]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2008.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 001/2005. [Referente ao processo de licenciamento ambiental da empresa Tecnometal Engenharia e Construções Mecânicas Ltda]. Plano de Controle Ambiental [PCA]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2008.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 004/2002. [Referente ao processo de licenciamento ambiental da empresa Belgo-Mineira Bekaert Artefatos de Arame Ltda]. Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental [RADA]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2009.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 002/2002. [Referente ao processo de licenciamento ambiental da empresa Delp Serviços Industriais Ltda]. Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental [RADA]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2009.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 004/2009. [Referente ao processo de licenciamento ambiental da empresa Delp Serviços Industriais Ltda]. Formulário Integrado de Caracterização do Empreendimento [FCEI]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2010.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 452/1997. [Referente ao processo de licenciamento ambiental da empresa Delp Serviços Industriais Ltda]. Plano de Controle Ambiental [PCA]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2010.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 452/1997. [Referente ao processo de licenciamento ambiental da empresa Delp Serviços Industriais Ltda]. Relatório de Controle Ambiental [RCA]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2010.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 007/2009. [Referente ao processo de licenciamento ambiental da empresa Belgo-Mineira Bekaert Artefatos de Arame Ltda]. Parecer técnico elaborado pela Superintendência Regional de Regularização Ambiental [PT]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2011.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 004/2009. [Referente ao processo de licenciamento ambiental da empresa Delp Serviços Industriais Ltda]. Parecer técnico elaborado pela Superintendência Regional de Regularização Ambiental [PT]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2011.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 001/2003. [Referente ao processo de licenciamento ambiental da empresa Companhia Semeato de Aços S.A]. Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental [RADA]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2011.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 010/2007. [Referente ao processo de licenciamento ambiental

da empresa Stepan Química Ltda]. Parecer técnico elaborado pela Superintendência Regional de Regularização Ambiental [PT]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2011.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 003/2012. [Referente ao processo de licenciamento ambiental da empresa Bucyrus Brasil Ltda]. Autorização Ambiental de Funcionamento [AAF]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2012.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 002/2011. [Referente ao processo de licenciamento ambiental da empresa Companhia Semeato de Aços S.A]. Formulário Integrado de Caracterização do Empreendimento [FCEI]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2013.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 001/2005. [Referente ao processo de licenciamento ambiental da empresa Tecnometal Engenharia e Construções Mecânicas Ltda]. Relatório de Controle Ambiental [RCA]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2013.

_____. Conselho Estadual de Política Ambiental [COPAM]. Processo/COPAM/PA/Nº 002/2008. [Referente ao processo de licenciamento ambiental da empresa Sandvik Mining and Construction do Brasil S.A]. Relatório de Avaliação de Desempenho Ambiental [RADA]. Belo Horizonte: SEMAD/SIAM, 2014.

MITCHELL, L. **Resource Manual on Infrastructure for Eco-Industrial Development**, University of Southern California, Center for Economic Development, School of Policy, Planning, and Development, CA, USA, July 2002.

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

NASCIMENTO, D.E., CASAGRANDE JR., E.F., MORAES, L.R., *et al.* “Parque Eco-Industrial: Uma discussão sobre o futuro dos distritos industriais brasileiros”. In: **SIMPEP**, 12, pp. 97-109, Bauru, 2006.

NUNES, E.M. **Poluição industrial da Bacia do Rio Gramame e conflito socioambiental: análise da complexidade a partir dos atores, impactos e**

perspectivas. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), UFPB, João Pessoa, PB, Brasil, 2012.

OLIVEIRA, L. H. G. “Algumas considerações sobre a implantação de distritos industriais”. **Revista Brasileira de Geografia** v. 38, n. 4, pp. 22–69, Out. 1976.

PCSD, President’s Council on Sustainable Development. **Eco-Industrial Park Workshop Proceedings**, Washington, DC, USA, 1996.

PEIXOTO, E.M.A. “Elemento químico: vanádio”, **Química Nova na Escola** v. 24, Nov. 2006.

PREFEITURA DE VESPASIANO. Plano Diretor Participativo do Município de Vespasiano [PDP] – Lei Complementar nº 002/2006. **Vespasiano**, 2006. Disponível em:

<<http://www.rmbh.org.br/sites/default/files/MZRM.VESPASIANO.LC.002.2006.plano.diretor.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2015.

PREFEITURA DE VESPASIANO. **Prefeitura Municipal de Vespasiano**. 2015. Disponível em: <<http://www.vespasiano.mg.gov.br/>>. Acesso em: 07 jul. 2015.

SANTI, A.M.M. **O emprego de resíduos como combustíveis complementares na produção de cimento na perspectiva da energia, da sociedade e do meio ambiente – Estudo de caso: Minas Gerais no período 1980-1997**. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos), UNICAMP, Campinas, SP, Brasil, 1997.

SCHLARB, M., **Eco Industrial Development: a strategy for building sustainable communities**, U. S. Economic Development Administration, Work and Environment Initiative, Cornell University, 2002.

STARLANDER, J. E., **Industrial Symbiosis: A Closer Look on Organizational Factors, a study based on the Industrial Symbiosis project in Landskrona**, IIIIEE, Lund University, Sweden, 2003.

TADDEO, R., SIMBOLI, A., MORGANTE, A. “Implementing eco-industrial parks in existing clusters. Findings from a historical Italian chemical site”. **Journal of Cleaner Production** v. 33, pp. 22-29, 2012.

TANIMOTO, A. H. **Proposta de simbiose industrial para minimizar os resíduos sólidos no Pólo Petroquímico de Camaçari**. Dissertação (Mestrado Profissional em

Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo). Escola Politécnica, UFBA, Salvador, BA, Brasil, 2004.

TAVARES, M. E. E. **Um Estudo do Conceito de Ecologia Industrial e sua Aplicação ao Setor Cimenteiro Brasileiro**. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1999.

TRAMA, C.P. **Um estudo sobre Ecologia Industrial e avaliação da possibilidade de adaptação e transformação de Distritos Industriais em Parques Industriais Ecológicos: o caso do Município de Vespasiano, na Região Metropolitana de Belo Horizonte, MG**. Trabalho de conclusão do curso de Engenharia de Produção, UFOP, Ouro Preto, MG, Brasil, 2014.

TRAMA, C. P., MAGRINI, A. “A Ecologia Industrial em diversas regiões do mundo: análise de experiências de Simbiose Industrial e Parque Industrial Ecológico na América do Norte, Europa e Ásia”. In: **Congresso Brasileiro de Energia**, E2, COPPE, Rio de Janeiro, Out. 2015.

TREVISAN, M. **A Ecologia Industrial e as Teorias de Sistemas, Institucional e da Dependência de Recursos a partir dos Atores de um Parque Tecnológico**. Tese (Doutorado em Administração), UFRGS, Porto Alegre, RS, Brasil, 2013.

VARIAN, H. **Microeconomia – Princípios Básicos**. 7 ed. Editora Campus, Rio de Janeiro, 2006.

VEIGA, L. B. E. **Diretrizes para a Implantação de um Parque Industrial Ecológico: uma proposta para o PIE de Paracambi**. Tese (Doutorado em Planejamento Energético), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2007.

Anexos

Anexo 1: Modelo de questionário aplicado aos empreendimentos do DI José Vieira de Mendonça, no Município de Vespasiano (MG)

1) Qual o nome da empresa e o setor industrial a que pertence?

Nome: _____

Setor industrial: _____

2) Quais são os atores envolvidos na indústria?

() Setor público (como exemplo, podem ser auxílios de universidades, prefeitura municipal, bancos de desenvolvimento, instituições ligadas ao meio ambiente, entre outros. Esta atuação pode ser em qualquer nível (administrativo, financeiro, ambiental, comercial, social, entre outros).

() Setor privado (bancos particulares, instituições privadas ou investimentos realizados de forma conjunta pelas indústrias do DI)

() Comunidade

Explique: _____

3) Há alguma parceria/ cooperação entre os setores público e privado que viabiliza o financiamento de alguma atividade, seja esta de natureza econômica, social ou ambiental na indústria?

Sim___ Não___

Explique: _____

4) A indústria vende e/ou troca algum insumo/produto/resíduo do seu processo produtivo com outro empreendimento, também instalado no distrito industrial?

Sim___ Não___

Explique: _____

5) O sistema viário utilizado pela indústria está em boas condições de uso?

Sim___ Não___

Explique: _____

6) A indústria possui algum serviço de transporte disponível para realizar trocas simbióticas?

Sim___ Não___

Explique:_____

7) A indústria utiliza algum tipo de “serviço em comum”, ou seja, compartilha algum serviço com outro empreendimento do distrito industrial? Exemplos de serviços comuns: estação de tratamento de efluentes, central de gestão de informações, central de armazenamento e distribuição de resíduos/ materiais, central de reciclagem de óleos lubrificantes/ solventes, atividades relacionadas à reciclagem de resíduos (e/ ou outras iniciativas de gestão compartilhadas).

Sim___ Não___

Explique:_____

8) A indústria realiza o monitoramento da qualidade do meio ambiente?

Sim___ Não___

Explique:_____

9) A indústria adota medidas de melhoria contínua do seu desempenho ambiental?

Sim___ Não___

Explique:_____

10) A indústria possui a certificação ambiental segundo a norma ISO 14.001:2004 – *Sistemas da gestão ambiental – Requisitos com orientações para uso?*

Sim___ Não___

11) A indústria dispõe de inventário de todos os resíduos sólidos gerados em seu processo industrial?

Sim___ Não___

12) A indústria realiza o gerenciamento dos resíduos sólidos, como redução da geração de resíduo na fonte, reutilização, reciclagem, tratamento ou descarte do resíduo sólido?

Sim___ Não___

Explique:_____

13) A indústria dispõe de inventário de todos os efluentes líquidos gerados em seu processo industrial?

Sim___ Não___

14) A indústria adota alguma técnica para minimizar a geração de efluentes líquidos?

Sim___ Não___

Explique:_____

15) A indústria adota alguma medida de eficiência energética em seu processo produtivo?

Sim___ Não___

Explique:_____

16) A indústria já implementou alguma medida de eficiência energética em sua instalação predial?

Sim___ Não___

Explique:_____

Anexo 2: Fotos de algumas áreas industriais do Município de Vespasiano



Vista parcial do Distrito Industrial José Vieira de Mendonça, no Município de Vespasiano (MG)

Fonte: Arquivo pessoal (2015)



Condomínios residenciais (ao fundo) ao lado do Distrito Industrial José Vieira de Mendonça, no Município de Vespasiano (MG)

Fonte: Arquivo pessoal (2015)



Portaria do Parque Norte em Vespasiano (MG)
Fonte: Elaboração própria a partir de Google Earth (2015)



Pátio de entrada da Empresa de Cimentos Liz no centro do Município de Vespasiano (MG)
Fonte: Arquivo pessoal (2015)



Empresa de Cimentos Liz (ao fundo) no centro do Município de Vespasiano (MG)
Fonte: Arquivo pessoal (2015)

Anexo 3: Caracterização dos empreendimentos do DI José Vieira de Mendonça

Belgo-Mineira Bekaert Artefatos de Arame Ltda

| | | | |
|------------------------------------|---|---------------------------|------------------------------|
| TIPOLOGIA INDUSTRIAL | Produção de cabos de Aços Especiais - (STEEL CORD), para o reforço de Pneus Radiais | | |
| CAPACIDADE INSTALADA MENSAL | 2.836,5 toneladas | | |
| PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL | 2.836,5 toneladas | | |
| MATÉRIAS PRIMAS | Identificação | Consumo mensal | Fornecedor |
| | Fio máquina | 4.808,1 kg | ArcelorMittal João Monlevade |
| | Acetato de zinco | 130 kg | Soelbra |
| | Ácido acético | 40,3 kg | HCI |
| | Ácido clorídrico | 171.963,3 kg | Carbocloro Oxipar |
| | Ácido ortofosfórico | 5.306,5 kg | Soelbra |
| | Ácido sulfúrico | 4.236,7 kg | Microquímica |
| | Anti-espumante | 117,5 kg | Sherr Química |
| | Polímero (aquaquench) | 1.083,3 kg | Houghton Brasil |
| | Argila dissecante | 3.824,7 kg | Sigelac |
| | Bactericida | 739,2 kg | Rohm And Haas |
| | Cal hidratada | 54.750,4 kg | Ical |
| | Cloreto de sódio (sal) | 12.691,7 kg | Carvalho Garcia |
| | Cobre | 12.166,7 kg | Ampere |
| | Floculante | 43,8 kg | Master Química |
| | Gás natural | 264.488,4 Nm ³ | Gasmig |
| | Hipoclorito de sódio | 223,8 kg | Sulfal |
| | Microbiocida 5044 | 87,5 kg | Nalco |
| | Microbiocida 5013 | 87,5 kg | Nalco |
| | Óleo | 304,2 L | NV. Bekaert |
| | Oxigênio líquido | 4.338,2 m ³ | White Martins |
| | Palet de madeira | 690 unidades | Pinheiros Embalagens |
| | Papelão | 6.267 unidades | Rigesa |
| | Pirofosfato de potássio | 4.113,3 kg | Bk Guiulini |
| | Pirofosfato de cobre | 91,7 kg | Atotech Uk Limited |
| | Plástico | 2.397 unidades | Fardem Nv |
| | Sabão lubrificante líquido | 9.300 kg | Rhodia |
| | Sabão lubrificante Supersol ADM | 5.200 kg | Chemetall |
| | Sabão lubrificante GSB | 958,3 kg | Henkel |
| | Sabão lubrificante BSSO | 6.826,7 kg | Chemetall |
| | Sabão lubrificante Multidraw | 200 kg | Zeeler |
| | Sabão lubrificante Traxit | 228,3 kg | Traxit International |
| | Soda cáustica | 9.980,2 kg | Carbocloro Oxipar |
| Solvente | 254,4 L | Archem | |
| Tetraborato de sódio | 2.218,8 kg | Etimine | |
| Zinco | 8.776,6 kg | Cia Mineira de Metais | |
| INSUMOS | Identificação | Consumo médio | Fornecedor |
| | Água | 21.025,84 m ³ | Poço |
| | | 986,94 m ³ | Rede pública |
| | Energia elétrica | 7.176.904kWh | CEMIG |
| Gás natural | 327,23 m ³ /h | GASMIG | |

Fonte: Elaboração própria a partir de PT (2011) e RADA (2009)

Bucyrus Brasil Ltda

| | | | |
|------------------------------------|--|-----------------------------|----------------------------------|
| TIPOLOGIA INDUSTRIAL | Fabricação de peças para reposição em maquinário de mineração (engrenagens, pinhões, eixos e buchas) produzidas por demanda. | | |
| CAPACIDADE INSTALADA MENSAL | 300 toneladas | | |
| PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL | 1.400 peças (engrenagens, pinhões, eixos e buchas) | | |
| MATÉRIAS PRIMAS | Identificação | Consumo mensal | Fornecedor |
| | Acetileno | 1 tanque | White Martins |
| | Desengraxante | 20 L | Multilimp |
| | Eletrodo revestido | 5 kg | ESAB |
| | Fluido de corte ilocut 171 | 20 L | Castrol |
| | Gás (GLP) | 8 tanques | Ultragás |
| | Óleo lubrificante | 200 L | Castrol |
| | Óleo solúvel | 80 L | Castrol |
| | Oxigênio | 1 tanque | White Martins |
| | Peças fundidas | Valores variáveis | Vecon, Açoliver, Fundição Moreno |
| | Solvente thinner | 10 L | Diversos |
| INSUMOS | Identificação | Consumo médio mensal | Fornecedor |
| | Água | 180 m ³ | Poço artesiano |
| | Energia elétrica | 30.000 kWh | Cemig |

Fonte: Elaboração própria a partir de AAF (2012) e RCA (2007)

Delp Serviços Industriais Ltda

| | | | |
|--|--|-----------------------------|-------------------|
| TIPOLOGIA INDUSTRIAL | Fabricação de máquinas, aparelhos, peças e acessórios com tratamento térmico e/ ou superficial | | |
| CAPACIDADE INSTALADA MENSAL | 45000 horas trabalhadas | | |
| PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL | 38700 horas trabalhadas | | |
| MATÉRIAS PRIMAS | Identificação | Consumo mensal | Fornecedor |
| | Materiais ferrosos e não ferrosos | 64.757 kg | Diversos |
| | Materiais ferrosos e não ferrosos | 35 m | Diversos |
| | Materiais ferrosos e não ferrosos | 96 peças | Diversos |
| | Arame aws 3,97 mm | 3.600 kg | Diversos |
| | Arame sólido aws 1,2 mm | 150 kg | Diversos |
| | Arame tubular aws 1,2 mm | 1.500 kg | Diversos |
| | Arame tubular aws 1,6 mm | 62,5 kg | Diversos |
| | Cola araldite ultrarrápido transparente | 6 peças | Diversos |
| | Disco corte aço inox super ar 332 norton | 200 peças | Diversos |
| | Disco desbaste norton | 30 peças | Diversos |
| | Disco desbaste aço inox super bda 530 norton | 200 peças | Diversos |
| | Disco desbaste aço inox super bda 630 norton | 200 peças | Diversos |
| | Disco removedor 3m para alfamat | 1 peça | Diversos |
| | Eletrodo grafite | 300 peças | Diversos |
| | Eletrodo tungstênio c/ 1,7 a 2,2% de oxido tório | 30 peças | Diversos |
| | Gás argônio cilindro | 1.465 m ³ | Diversos |
| | Gás carbônico CO2 cilindro | 276 kg | Diversos |
| | Gás carbônico CO2 tanque | 4.460 kg | Diversos |
| | Gás mistura stargold plus cilindro | 130 m ³ | Diversos |
| | Gás natural | 9.613 m ³ | Diversos |
| | Gás nitrogênio líquido cilindro | 33,6 m ³ | Diversos |
| | Gás oxigênio cilindro | 10 m ³ | Diversos |
| | Gás oxigênio líquido tanque | 24.075 m ³ | Diversos |
| | Isolador difusor gás-sumig | 20 peças | Diversos |
| | Lixa norton | 50 peças | Diversos |
| | Lixa pano óxido de alumínio | 100 fl | Diversos |
| | Óleo diesel | 10.000 L | Diversos |
| | Óleo lubrificante | 800 L | Diversos |
| | Óleo sintético p/ refrigeração | 600 L | Diversos |
| | Partícula magnética | 4 kg | Diversos |
| | Solvente thinner | 800 L | Diversos |
| | Vedador líquido | 5 peças | Diversos |
| INSUMOS | Identificação | Consumo médio mensal | Fornecedor |
| | Água | 725,4 m3 | Poço |
| | | 600 m3 | Copasa |
| | Energia elétrica | 243.250kWh | Cemig |
| 1 Gerador a óleo diesel: 1.914 kWA de potência instalada | | Geração própria | |

Fonte: Elaboração própria a partir de FCEI (2010), PCA (2010), PT (2011), RADA (2009) e RCA (2010)

Instituto Hermes Pardini

| | | | |
|------------------------------------|--|-----------------------------|-------------------|
| TIPOLOGIA INDUSTRIAL | Prestação de serviços de análises clínicas | | |
| CAPACIDADE INSTALADA MENSAL | Variável conforme a demanda de exames | | |
| PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL | Variável conforme a demanda de exames | | |
| MATÉRIAS PRIMAS | Identificação | Consumo mensal | Fornecedor |
| | Soluções ácidas | Nd | Nd |
| | Ácido sulfúrico | Nd | Nd |
| | Ácido pícrico | Nd | Nd |
| | Sulfato de cobre | Nd | Nd |
| | Bases | Nd | Nd |
| | Filtros de carvão | Nd | Nd |
| | Catalisadores | Nd | Nd |
| | Papel | Nd | Nd |
| | Plásticos | Nd | Nd |
| | Embalagens de vidro | Nd | Nd |
| | Panos | Nd | Nd |
| | Material de limpeza | Nd | Nd |
| | Solventes | Nd | Nd |
| INSUMOS | Identificação | Consumo médio mensal | Fornecedor |
| | Água | 4.000 m ³ | Copasa |
| | Energia elétrica | 5GWh | Cemig |

Fonte: Elaboração própria a partir de informações fornecidas pela indústria

Sandvik Mining and Construction do Brasil S.A

| | | | |
|------------------------------------|--|-----------------------------|-------------------|
| TIPOLOGIA INDUSTRIAL | Fabricação de máquinas, acessórios, peças e aparelhos sem tratamento químico, superficial. | | |
| CAPACIDADE INSTALADA MENSAL | 20.000 rolos, 40 tambores e 11 britadores | | |
| PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL | 12.000 rolos, 24 tambores e 5 britadores | | |
| MATÉRIAS PRIMAS | Identificação | Consumo mensal | Fornecedor |
| | Acetileno | 100 L | Nd |
| | Agente de proteção a corrosão | 20 L | Nd |
| | Barras planas | 20 t | Nd |
| | Cantoneiras | 300 t | Nd |
| | Chapas | 40 t | Nd |
| | Eixos | 150 t | Nd |
| | Eletrodo de solda | 5.300 kg | Nd |
| | Gás protetor argônio | 6.600 L | Nd |
| | Granalha | 4.250 kg | Nd |
| | Graxa | 1.420 kg | Nd |
| | Óleo lubrificante | 140 L | Nd |
| | Óleo solúvel | 8 L | Nd |
| | Querosene | 90 L | Nd |
| | Removedor | 20 L | Nd |
| | Solvente thinner | 40 L | Nd |
| | Tinta – primer | 1.100 L | Nd |
| | Tubos | 300 t | Nd |
| INSUMOS | Identificação | Consumo médio mensal | Fornecedor |
| | Água | 686,4 m ³ | Poço |
| | Energia elétrica | 161,3 kWh | Cemig |
| | GLP | 880 m ³ | Super Gas Bras |

(*) Nd: Dado não disponível.

Fonte: Elaboração própria a partir de PCA (2007), PT (2008), RADA (2014) e RCA (2007)

Companhia Semeato de Aços S.A.

| | | | |
|------------------------------------|--|-----------------------------|-------------------|
| TIPOLOGIA INDUSTRIAL | Produção de fundidos de ferro e aço, sem tratamento químico superficial, inclusive a partir de reciclagem. | | |
| CAPACIDADE INSTALADA MENSAL | 550.000 kg | | |
| PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL | 200.278,5 kg | | |
| MATÉRIAS PRIMAS | Identificação | Consumo mensal | Fornecedor |
| | Alumínio estrela | 885,4 kg | Nd |
| | Cálcio silício | 477,1 kg | Nd |
| | Ferro cromo alto carbono | 750 kg | Nd |
| | Ferro cromo baixo carbono | 41,7 kg | Nd |
| | Ferro manganês alto carbono | 3.083,3 kg | Nd |
| | Ferro molibdênio | 110,8 kg | Nd |
| | Ferro silício 75% | 1750 kg | Nd |
| | Grafite natural | 3.850 kg | Nd |
| | Níquel catodo | 110,4 kg | Nd |
| | Sucata de aço | 306.529,2 kg | Nd |
| | Sucata de ferro fundido | 38.670 kg | Nd |
| INSUMOS | Identificação | Consumo médio mensal | Fornecedor |
| | Água | 303 m ³ | Poços |
| | Energia elétrica | 313.600 kWh | Cemig |

(*) Nd: Dado não disponível.

Fonte: Elaboração própria a partir de FCEI (2013) e RADA (2011)

Stepan Química Ltda

| | | | |
|------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| TIPOLOGIA INDUSTRIAL | Fabricação de ácido sulfônico | | |
| CAPACIDADE INSTALADA MENSAL | 7.000 toneladas | | |
| PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL | 3.500 toneladas | | |
| MATÉRIAS PRIMAS | Identificação | Consumo mensal | Fornecedor |
| | Alcane | 2.500 t | Deten Ltda |
| | Enxofre | 350 t | Petrobras |
| | Soda | 60 t | Daw Química Ltda |
| INSUMOS | Identificação | Consumo médio mensal | Fornecedor |
| | Água | 336 m ³ | Poço |
| | Energia elétrica | 1GWh | Rede pública |
| | | Sub estação: 13,8 kVA | Cemig |
| | | | Geração própria |

Fonte: Elaboração própria a partir de PCA (2006), PT (2011), RADA (2007) e RCA (2006)

Tecnometal Engenharia e Construções Mecânicas Ltda

| | | | |
|------------------------------------|---|-----------------------------|---|
| TIPOLOGIA INDUSTRIAL | Fabricação de estruturas metálicas | | |
| CAPACIDADE INSTALADA MENSAL | 720 toneladas de produtos | | |
| PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL | Não se aplica, pois a indústria trabalha por projeto. | | |
| MATÉRIAS PRIMAS | Identificação | Consumo mensal | Fornecedor |
| | Acetileno gás | 108 kg | Nd |
| | Acoplamentos | Nd | Nd |
| | Barra de aço | 18.035 um | Nd |
| | Cantoneira de aço | 102.752 um | Nd |
| | Chapa de aço | 315.047 um | Nd |
| | Correias transportadoras | Nd | Nd |
| | Diluentes | 1,6 t | Nd |
| | Gás natural | 4.430 kg | Nd |
| | GLP | 773,46 kg | Nd |
| | Madeira | Nd | Madeiras Mademelo (Município de Contagem) |
| | Mancais | Nd | Nd |
| | Motores | Nd | Nd |
| | Nitrogênio | 2 m3 | Nd |
| | Óleo solúvel | 400 L | Nd |
| | Oxigênio gás | 220 m3 | Nd |
| | Oxigênio líquido | 17.386 m3 | Nd |
| | Rolos para base de roletes | Nd | Nd |
| | Solvente | 2 t | Nd |
| | Tinta epóxi | 8 t | Nd |
| Tinta poliuretano | 6 t | Nd | |
| Tubos de aço | 36.644 um | Nd | |
| Vigas de aço | 194.015 um | Nd | |
| INSUMOS | Identificação | Consumo médio mensal | Fornecedor |
| | Água | 1.300 m3 | Poço |
| | Energia elétrica | 800 kWh | Cemig |

(*) Nd: Dado não disponível.

Fonte: Elaboração própria a partir de PCA (2008), PT (2007) e RCA (2013)

Anexo 4: Caracterização dos resíduos sólidos gerados nos processos industriais dos empreendimentos do DI José Vieira de Mendonça

| Empreendimento | Resíduos sólidos | Taxa de geração (kg/dia) | Classificação NBR 10.004 | Origem | Destino |
|-------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|------------------------|---|
| Belgo – Mineira Bekaert | Carepa de fio máquina | 1.164 | 2 | Trefilação seca | Reutilização na siderurgia |
| | EPI usado | 5 | 1 | Processo industrial | Toalheiro Paulista |
| | Lâmpada | 1 un | 1 | Processo industrial | Recitec |
| | Óleo lubrificante | 9 | 1 | Processo industrial | Lwart |
| | Papel/papelão | 12 | 2 | Processo industrial | Asmare |
| | Plástico | 15 | 2 | Processo industrial | Asmare |
| | Sabão lubrificante seco | 202 | 2 | Trefilação seca | Coprocessamento |
| | Solvente | 5 | 1 | Processo industrial | Lwart |
| | Sucata metálica | 3.379 | 2 | Processo e Manutenção | Reciclagem |
| | Torta de filtro Lodo de ETE | 6.282 | 2 | ETE | Coprocessamento |
| Bucyrus Brasil Ltda | Borra de tinta Lâmpadas Papel Plástico | 30 | Nd | Administração | Reutilização de papel e plástico Descarte de lâmpadas Reciclagem da tinta |
| | Madeira Metal Óleos | 183 | Nd | Produção | Reciclagem |
| | Papel Trapos | 1,60 | Nd | Controle de qualidade | Reutilização |
| | Madeira | 3,30 | Nd | Carpintaria | Nd |
| | Matéria orgânica | 17 | Nd | Refeitório | Aterro |
| | Material particulado Podas | 3,30 | Nd | Área externa | Aterro |
| | Lodo da fossa séptica | 0,33 | Nd | Fossa séptica | ETA Copasa |
| Delp | Borra de tinta | 655,45 | 1 | Cabine de pintura | Coprocessamento |
| | Escória | 11.900,00 | 2B | Preparação | Reciclagem |
| | Filtro de éster de celulose | 15,39 | 1 | Sistema de filtros | Coprocessamento |
| | Lâmpadas | 47,44 | 1 | Instalações da empresa | Descontaminação |
| | Lodo de ETE | 5.555,56 | 2ª | ETE | Nd |
| | Madeira | 2.448,89 | 2B | Almoxarifado/expedição | Reciclagem |
| | Metais ferrosos | 81.799,6 | 2B | Matéria prima/processo | Reciclagem |

| | | | | | |
|---|------------------------------|------------|----------------|---|------------------------------------|
| | | | | produtivo | |
| | Metais não ferrosos | 381,83 | 2B | Matéria prima/ processo produtivo | Reciclagem |
| | Papel e papelão | 710,56 | 2ª | Escritórios/ expedição | Reciclagem |
| | Plástico | 700,56 | 2B | Escritórios/ expedição/ áreas de produção | Reciclagem |
| | Resíduo oleoso | 499,78 | 1 | Sistema separador de água e óleo | Coprocessamento |
| | Vidro | 178,33 | 2B | Caldeiraria e restaurante | Reciclagem |
| Instituto Hermes Pardini | Amostras de sangue | Nd | Nd | Processos | Nd |
| | Material diverso contaminado | Nd | Nd | Processos | Nd |
| | Papel | Nd | Nd | Escritório | Nd |
| | Plásticos | Nd | Nd | Escritório | Nd |
| | Vidros | Nd | Nd | Laboratório | Nd |
| | Resíduos ácidos | Nd | Nd | Processos | Nd |
| Resíduos alcalinos | Nd | Nd | Processos | Nd | |
| Sandvik Mining and Construction do Brasil S.A | Cerâmica | 7,58 | 2 A | Áreas diversas | Aterro |
| | Lâmpadas | Nd | 1 | Áreas diversas | Descontaminação |
| | Lodo ETE | 97,4 | 1 | Áreas diversas | Reciclagem |
| | Madeira | 598 | 2 A | Áreas diversas | Reciclagem/ Energia alternativa |
| | Óleo lubrificante | 17 | 1 | Áreas diversas | Re-refino |
| | Óleo vegetal | 4 | 1 | Restaurante | Reciclagem |
| | Orgânico | 138,5 | 2 A | Restaurante | Compostagem |
| | Papel/papelão | 92 | 2 A | Áreas diversas | Reciclagem |
| | Plástico | 17 | 2 A | Áreas diversas | Reciclagem |
| | Sucata elétrica | 9,3 | 2 A | Áreas diversas | Reciclagem |
| Sucata metálica | 4 | 2 A | Áreas diversas | Reciclagem | |
| Semeato | Resíduo oleoso | 0,55 L/dia | 1 | Setor produtivo | Lwart Lubrificantes Ltda |
| | Escória | 1000 | 2ª | Setor produtivo | Reuso |
| | Óleo lubrificante | 1,37 L/dia | 1 | Setor produtivo | Lwart Lubrificantes Ltda |
| | Plástico, papel, papelão | 10 | 2B | Todos os setores da empresa | Reciclagem |
| | Sucata metálica | 657 | 2B | Setor produtivo | Reciclagem |
| Stepan | Borra de enxofre | 4,8 | 1 | Sulfonação | Incineração |
| | Cartucho de impressora | 0 | 3 | Todos os setores | Estocagem temporária |
| | Carvão | 0 | 2 | Engenharia | Estocagem |

| | | | | | |
|------------|--|--------|---|---------------------------|--|
| | ativado | | | | temporária |
| | Esfera refratária contaminadas com enxofre | 6,3 | 1 | Sulfonação | Incineração |
| | Etileno glicol | 0 | 1 | Sulfonação | Incineração |
| | Isolamento térmico contaminado com enxofre | 0,06 | 1 | Sulfonação | Incineração |
| | Lâmpadas | 0,06 | 1 | Sulfonação | Incineração |
| | Lodo da ETE | 1 | 2 | Sulfonação | Incineração |
| | Solvente | 0,2 | 1 | Sulfonação | Incineração |
| | Membrana de osmose reversa | 0 | 2 | Engenharia | Estocagem temporária |
| | Metais | 10,33 | 3 | Todos os setores | Reciclagem |
| | Resíduo oleoso | 2,5 | 1 | Engenharia | Rerrefino |
| | Papel/papelão | 2,4 | 3 | Todos os setores | Reciclagem |
| | Pasta ácida | 0,6 | 1 | Sulfonação | Incineração |
| | Óxido de vanádio | 1,8 | 1 | Sulfonação | Incineração |
| | Plásticos | 3,06 | 3 | Todos os setores | Reciclagem |
| | Resíduo de capina/varrição | 30 | 3 | Todos os setores | Disposição final |
| | Sílica gel | 0 | 2 | Sulfonação | Incineração |
| | Sulfato | 0,9 | 2 | Sulfonação | Incineração |
| | Vidro | 0,4 | 3 | Todos os setores | Reciclagem |
| Tecnometal | Abrasivos | 9 | 2 | Corte e desgaste de peças | Ascontec Indústria e Comércio de Abrasivos – reciclagem |
| | Borra de tinta | 130 | 1 | Pintura | Colormax – reciclagem |
| | EPI's | 30 | 2 | Processo industrial | Uniformes e Equipamentos de Proteção Individual – EPP – reciclagem |
| | Lâmpadas | 8 un | 1 | Administração | HG Descontaminação |
| | Latas de solventes | 170 | 1 | Pintura | Reuso |
| | Lodo da fossa séptica | 800 m3 | 2 | Fossa séptica | ETA Copasa |
| | Madeira | 360 | 2 | Expedição | Reciclagem |
| | Papel/papelão/plástico | 890 | 2 | Administração | Coopare – Cooperativa Paroquial de Reciclagem de Vespasiano – reciclagem |
| | Pilhas e | 2 | 1 | Administração | Port Informática – |

| | | | | | |
|--|-------------------------|-------|---|---------------------|---------------------------|
| | baterias | | | | reciclagem |
| | Resíduo ambulatorial | 0,04 | 1 | Ambulatório | Incineração |
| | Resíduos de eletrônicos | 20 | 2 | Administração | Emile |
| | Resíduos orgânicos | 1.500 | 2 | Refeitório | Aterro municipal |
| | Sucata metálica | 4.968 | 2 | Processo industrial | Metavim Ltda – reciclagem |

(*) As indústrias Belgo-Mineira, Stepan e Tecnometal adotaram a classificação NBR 10.004: 1987 para classificar os seus resíduos sólidos, enquanto as indústrias Delp, Sandvik e Semeato adotaram a classificação NBR 10.004:2004 para os resíduos sólidos gerados em suas plantas industriais.

(**) Nd: Dado não disponível.

Fonte: Elaboração própria a partir de Relatórios de Avaliação de Desempenho Ambiental – RADA, Relatórios de Controle Ambiental – RCA, Planos de Controle Ambiental – PCA e informações fornecidas pela indústria Hermes Pardini

Anexo 5: Caracterização dos empreendimentos Cimentos Liz, SEM Equipamentos elétricos e mecânicos e Topfilme

Empresa de Cimentos Liz S.A.

| | | | |
|------------------------------------|--|--|------------------------------------|
| TIPOLOGIA INDUSTRIAL | Fabricação de cimento | | |
| CAPACIDADE INSTALADA MENSAL | 183.334 toneladas de clínquer | | |
| PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL | 155.900 toneladas de clínquer | | |
| MATÉRIAS PRIMAS | Identificação | Consumo mensal | Fornecedor |
| | Argical (argila e calcário misturados) | 122.145 t | Mina própria |
| | Calcário p/ farinha | 10.277,22 t | Mina própria |
| | Aditivo líquido de moagem | 67.078,22 L | Grace |
| | Calcário p/ cimento | 14.204,22 t | Mina própria |
| | Clínquer | 90.525,10 t | Mina própria |
| | Coque | 6.421,85 t | Isopar/ SSM Coal |
| | Corpos moedores | 25.190 unidades | Magotteaux |
| | Escória ácida | 11.743,56 t | Minerais Rio Kolbe |
| | Escória básica bruta | 25.786,92 t | Belgo |
| | Escória básica moída | 16.512,58 t | Central Ibec |
| | Gesso farelado | 500,48 t | Copebrás |
| | Gesso pedra | 3.259,77 t | Gesso América/ São Jorge |
| | Lubrificantes (graxas) | 97,89 t | Bel Lurbe/ Jair Óleos |
| | Lubrificantes (óleo) | 8.099,88 L | Petrobras/ Shell |
| | Mangas de filtro | Nd | Rênnir/ Albany |
| | Metais refratários | 56.564,11 t | Magnesita |
| | Minério de ferro | 755,60 t | Petrarca Peixoto |
| | Moinha | 4.757,76 t | Petrarca/ Dion/ Transdicar |
| | Pallets de madeira | 6 t | Nd |
| Sacaria | 1.744,44 sacos | Trombim | |
| INSUMOS | Identificação | Consumo médio mensal | Fornecedor |
| | Água | Nd | Ribeirão da Mata |
| | | 65.092 m ³ | Poço |
| | Energia elétrica | 15.494,43kWh | Cemig |
| | | 1 Gerador a óleo diesel: 375 kW de potência instalada 3 Geradores a óleo diesel: 435 kW de potência instalada | Geração própria Geração própria |
| | Coque | 7.200 t/h | Unimetal |
| Moinha | 7.200 t/h | Petrarca/ Dion/ Transdicar | |
| Óleo combustível tipo 6A: | 7.200 t/h | Petrobras/ Shell | |

(*) Nd: Dado não disponível.

Fonte: Elaboração própria a partir de RADA (2007)

SEM Equipamentos Mecânicos e Elétricos Ltda

| | | | |
|------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| TIPOLOGIA INDUSTRIAL | Fabricação de artigos elétricos | | |
| CAPACIDADE INSTALADA MENSAL | Variável | | |
| PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL | Variável | | |
| MATÉRIAS PRIMAS | Identificação | Consumo mensal | Fornecedor |
| | Material elétrico | Nd | Diversos |
| INSUMOS | Identificação | Consumo médio mensal | Fornecedor |
| | Água | Nd | Rede pública |
| | Energia elétrica | Nd | Cemig |

Fonte: Elaboração própria a partir de informações fornecidas pela indústria

Topfilme Indústria de Materiais Plásticos Ltda

| | | | |
|------------------------------------|---|-----------------------------|----------------------------|
| TIPOLOGIA INDUSTRIAL | Indústria de produtos de matéria plástica | | |
| CAPACIDADE INSTALADA MENSAL | 260 toneladas de produtos | | |
| PRODUÇÃO MÉDIA MENSAL | 200 toneladas de produtos | | |
| MATÉRIAS PRIMAS | Identificação | Consumo mensal | Fornecedor |
| | Fita adesiva | 90 kg | Manuli Fitas do Brasil S.A |
| | Filho | 100 kg | Comercial Lupertec |
| | GNV | 144 L | Supergasbrás |
| | Graxa lubrificante | 0,6 kg | Unifort Ltda |
| | Óleo | 6,9 L | Bel Lub Ltda |
| | Pano | 30 kg | Orcom Oriente Ltda |
| | Papelão | 2 t | Renova Embalagens Ltda |
| | Pigmento | 30 kg | Cromex S.A |
| | Solvente | 800 kg | Álcool Santa Cruz |
| | Stretch (filme de PVC) | 1 t | AG Remy |
| | Tinta para impressão | 200 kg | Anjo Química Ltda |
| | Tubetes/ tarugos | 6 t | Tulolix Embalagens Ltda |
| INSUMOS | Identificação | Consumo médio mensal | Fornecedor |
| | Água | 20 m ³ | Copasa |
| | Energia elétrica | 60.000 kWh | Cemig |

Fonte: Elaboração própria a partir de RCA (2010)

Anexo 6: Caracterização dos resíduos sólidos gerados nos processos industriais dos empreendimentos Cimentos Liz, SEM Equipamentos elétricos e mecânicos e Topfilme

| Empreendimento | Resíduos sólidos | Taxa de geração (kg/dia) | Classificação NBR 10.004 | Origem | Destino |
|----------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|--|---|
| Cimentos Liz | EPI's | 280,3 | 1 | Manutenção de equipamentos | Coprocessamento |
| | Lâmpadas | 44 | 1 | Toda a fábrica | Coleta municipal |
| | Óleo lubrificante | Nd | 1 | Manutenção de equipamentos | Coprocessamento |
| | Pallets de madeira | 978,2 | 2B | Expedição | Doação, coprocessamento |
| | Pilhas e baterias | Nd | 1 | Toda a fábrica | Coleta municipal |
| | Pneus | 15 | 2B | Oficina de manutenção de veículos | Regigante – Recuperador de Pneus Gigante Ltda |
| | Resíduo do sistema de controle de emissões atmosféricas | 356 | 2A | Filtro eletrostático e filtros de mangas | Retorna ao processo |
| | Resíduos de borracha | 290,3 | 2B | Toda a fábrica | Coprocessamento |
| | Resíduos de papel e papelão | 158,8 | 2B | Toda a fábrica | Doação à COOPARE |
| | Resíduos de varrição de fábrica | Nd | 2B | Pátios e vias da fábrica | Aterro |
| | Resíduos hospitalares em geral | 0,35 | 1 | Ambulatório médico | Coleta municipal |
| | Restos de alimentos | 110,7 | 2B | Restaurante | Doação para particulares |
| | Sucata de materiais ferrosos | 2.439,5 | 2B | Serviços de mecânica | Venda a terceiros |
| | Tambores de corpos moedores | Nd | 2B | Moinhos de bolas | Reutilização |
| SEM Equipamentos elétricos | EPI | Nd | Nd | Processo | Reciclagem |
| | Óleo lubrificante | Nd | Nd | Processo | Nd |
| | Papelão | Nd | Nd | Embalagem | Reciclagem |
| | Plástico | Nd | Nd | Processo | Reciclagem |
| | Sucata metálica e elétrica | Nd | Nd | Processo | Reciclagem |
| | Vidro | Nd | Nd | Diversas | Reciclagem |
| Topfilme | Panos contaminados | Nd | 1 | Processo industrial | Orcom Oriente Ltda |
| | Papel/ papelão | Nd | 2 A | Administração | Coleta urbana |
| | Plásticos | Nd | 2 A | Processo industrial | Organizações Irmãos Carneiro/ |

| | | | | | |
|--|---------------------------------|----|-----|------------------------|----------------------------|
| | | | | | Minas Plus – reciclagem |
| | Sobras de matérias primas | Nd | | Processo industrial | Refiate – reutilização |
| | Tubetes | Nd | 2 A | Processo industrial | Refiate – reutilização |

(*) Nd: Dado não disponível.

Fonte: Elaboração própria a partir do RADA (2007) da Cimentos Liz, do RCA (2010) da Topfilme e de informações fornecidas pela SEM Equipamentos elétricos e mecânicos