



Universidade de Brasília

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (PPG-CDS)

Tese de doutorado

Do cluster ao ecossistema industrial: uma análise do comportamento das organizações em direção a um modelo circular de produção sob a lente da Simbiose Industrial

Emília de Oliveira Faria

Brasília-DF
Março/2022

Emília de Oliveira Faria

Do cluster ao ecossistema industrial: uma análise do comportamento das organizações em direção a um modelo circular de produção sob a lente da Simbiose Industrial

Tese de Doutorado submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração em Política e Gestão da Sustentabilidade.

Orientador: Professor Doutor Armando de Azevedo Caldeira-Pires

Coorientadora: Professora Doutora Cristiane Barreto

Brasília-DF

Março/2022

Do cluster ao ecossistema industrial: uma análise do comportamento das organizações em direção a um modelo circular de produção sob a lente da

Simbiose Industrial

Emília de Oliveira Faria

Tese de Doutorado submetida ao Centro de Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Desenvolvimento Sustentável, área de concentração em Política e Gestão da Sustentabilidade.

Aprovada por:

Prof. Dr. Armando de Azevedo Caldeira-Pires (CDS/UnB)
(Orientador)

Prof. Dr. Mauro Guilherme Maidana Capelari (CDS/UnB)
(Examinador Interno)

Profa. Dra. Patrícia Guarnieri dos Santos (PPGA/UnB)
(Examinadora Interna)

Profa. Dra. Simone Sehnem (UNOESC/UnB)
(Examinadora Externa)

AGRADECIMENTOS

A busca pelo que ainda não temos não pode se sobrepor a gratidão pelo que já alcançamos. A capacidade de estabelecer novas conquistas está intimamente ligada à nossa capacidade de reconhecer o valor de tudo que a vida nos deu. Quem nos põe diante do novo é a gratidão.

Pe. Fábio de Melo

É com muita gratidão a Deus que eu chego ao final dessa jornada! Foi um caminho longo, exaustivo, de muito aprendizado e crescimento!

Agradeço inicialmente a minha mãe que é minha fonte de inspiração, força e determinação;

Ao prof. Alexandre Maduro pelo incentivo e pelo direcionamento na escolha do Doutorado do CDS;

Ao prof. Antônio Junior por acreditar no meu potencial e me desafiar a crescer cada dia mais;

Ao meu orientador prof. Armando pelos conhecimentos transmitidos e por ter me apresentado sua área de estudos;

À minha coorientadora profa. Cristiane pelo carinho, acolhimento e ensinamentos;

Aos colegas de turma, especialmente o Gilmar, que se tornou um amigo querido;

Aos colegas de orientação, Maria Cristina e Milton pelas trocas;

Aos docentes do CDS que compartilharam conhecimento e vivências ao longo desse período;

À FAPDF pela concessão de auxílio financeiro para apresentar os resultados das minhas pesquisas na Colômbia e na China;

À UnB pelo apoio financeiro para publicação do estudo 1 da minha tese;

Ao CEAG pelas oportunidades de aprendizados,

Aos meus amigos e amigas que não me abandonaram mesmo com minhas ausências;

À minha família pela torcida e orações;

Por fim, agradeço ao Alisson pela paciência, compreensão, generosidade e amor.

DEDICATÓRIA

À minha avó Duquinha que embora não esteja mais presente entre nós, continua muito presente em nossas vidas.

RESUMO

O objetivo geral desta tese é analisar os elementos críticos da Simbiose Industrial (SI) em direção a um modelo circular de produção. A tese é composta por três estudos interdependentes, realizados sequencialmente, na seguinte ordem: (1) análise dos processos de implementação da SI nos parques industriais de Kalundborg/Dinamarca, Ulsan/Coreia do Sul e Kwinana/Austrália. A partir dos dados levantados, um quadro teórico-analítico foi proposto com base nas convergências encontradas nos três casos. Os resultados mostram que as decisões relacionadas à implementação da SI foram moldadas por um conjunto semelhante de variáveis que incluem: a diversidade de indústrias; a viabilidade econômica das trocas; questões ambientais críticas como motivadores de práticas mais sustentáveis; acordos bilaterais como precursores do SI; engajamento coletivo por meio de fóruns, clubes, conselhos e associações; confiança para estabelecer relações de cooperação; estratégias de comunicação e compartilhamento de informações; uma estrutura regulatória alinhada nos níveis nacional, regional e local; congruência entre as ações do governo e da empresa para criar um ambiente cooperativo; e uma estrutura de governança que envolve o governo local, empresas, instituições de P&D e uma entidade coordenadora. (2) de modo a complementar os dados do primeiro estudo, evidências empíricas sobre a SI no Brasil foram levantadas a partir da análise do comportamento das organizações no processo de implementação da SI no Projeto Piloto de EC do distrito industrial de Sete Lagoas. A contribuição do estudo 2 para o objetivo geral da pesquisa está em apontar os elementos críticos do processo de SI a partir da realidade brasileira uma vez que o corpo teórico de SI se sustenta basicamente a partir de casos de implementação de SI em países desenvolvidos. (3) os dados empíricos oriundos dos estudos 1 e 2 evidenciaram que a compreensão a respeito da mudança de comportamento das organizações na transição para o modelo circular não se restringe apenas às dimensões técnicas e econômicas, o que expôs as fragilidades teóricas do campo quando se trata das dimensões sociais, culturais, institucionais e organizacionais. Nesse sentido, o estudo três

integrou as abordagens teóricas do Neoinstitucionalismo e das Relações Interorganizacionais ao corpo teórico da SI de modo a contribuir na construção de um entendimento mais amplo.

Palavras-chave: Simbiose Industrial, Ecologia Industrial, Economia Circular, Ecossistemas Industriais.

ABSTRACT

The general objective of this thesis is to analyze the critical elements of Industrial Symbiosis (IS) towards a circular model of production. The thesis is composed by three interdependent studies, carried out sequentially, in the following order: (1) analysis of the IS implementation processes in the industrial parks of Kalundborg/Denmark, Ulsan/South Korea and Kwinana/Australia. From the data collected, a theoretical-analytical framework was proposed with basis on the convergences found in the three cases. The results show that decisions related to IS implementation were molded by a similar set of variables that include: the diversity of industries; the economic viability of the exchanges; critical environmental issues as motivators for more sustainable practices; bilateral agreements as precursors to IS; collective engagement through forums, clubs, councils, and associations; trust to establish cooperative relationships; communication and information sharing strategies; an aligned regulatory framework at the national, regional, and local levels; congruence between government and company actions to create a cooperative environment; and a governance structure that involves local government, companies, R&D institutions, and a coordinating entity. (2) In order to complement the data from the first study, empirical evidence on IS in Brazil was raised from the analysis of the behavior of organizations in the IS implementation process in the CE Pilot Project of the Sete Lagoas industrial district. The contribution of study 2 to the general research objective is in pointing out the critical elements of the IS process from the Brazilian reality since the IS theoretical body is basically sustained from IS implementation cases in developed countries. (3) The empirical data from studies 1 and 2 showed that the understanding about the change in behavior of organizations in the transition to the circular model is not restricted only to the technical and economic dimensions, which exposed the theoretical weaknesses of the field when it comes to the social, cultural, institutional and organizational dimensions. In this sense, the study three integrated the theoretical approaches of Neoinstitutionalism and Interorganizational Relations to the IS theoretical body in order to contribute to the construction of a broader understanding.

Keywords: Industrial Symbiosis, Industrial Ecology, Circular Economy, Industrial Ecosystems.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Procedimento de Estudo de Caso Múltiplo.....	34
Figura 2: Componentes básicos da estrutura IAD	37
Figura 3: Trocas simbióticas do ecossistema industrial de Kalundborg.....	39
Figura 4. Estrutura de Governança de Kalundborg	43
Figura 5: Trocas simbióticas do ecossistema industrial de Ulsan.....	46
Figura 6: Estrutura de governança de Ulsan	50
Figura 7: Trocas simbióticas do ecossistema industrial de Kwinana	53
Figura 8: Estrutura de governança de Kwinana.....	57
Figura 9: Modelo teórico-analítico do processo de SI.....	59
Figura 10: Modelo teórico-analítico do processo de SI.....	74
Figura 11: Fluxos de recursos entre as empresas participantes do projeto	95
Figura 12: Principais elementos do processo de SI do DI de Sete Lagoas.....	109
Figura 13: Os elementos da Ecologia Industrial e seus níveis de operação	119
Figura 14: Estrutura social antecedente a formação da confiança interorganizacional.....	135
Figura 15: Modelo Conceitual de transição para a Simbiose Industrial	140

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estrutura das Categorias e Subcategorias	82
Tabela 2: Estrutura de Codificação da Categoria 1	88
Tabela 3: Estrutura de Codificação da Categoria 2 - Elementos objetivos	92
Tabela 4: Estrutura de Codificação da Categoria 2 - Elementos subjetivos.....	92
Tabela 5: Estrutura de Codificação da Categoria 3 - Barreiras.....	104

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Matriz Metodológica de Amarração	24
Quadro 2: O processo de revisão sistemática da literatura	36
Quadro 3: Programas e Projetos de SI no Brasil	75
Quadro 4: Estudos de Caso Setoriais de SI no Brasil	76
Quadro 5: Ficha Técnica dos entrevistados e atividades econômicas das empresas	79
Quadro 6: Ficha Técnica dos atores institucionais	80
Quadro 7: Metodologia de Implementação do Projeto.....	86
Quadro 8: Subcategoria Normatização	89
Quadro 9: Subcategoria Viabilidade Econômica	93
Quadro 10: Subcategoria – Interface com a Comunidade.....	97
Quadro 11: Interações Organizacionais do Projeto Piloto de EC	98
Quadro 12: Interações Organizacionais depois do Projeto Piloto de EC	99
Quadro 13: Mecanismo de Coordenação.....	100
Quadro 14: Subcategoria – Ausência de Ações Governamentais	102
Quadro 15: Síntese Conceitual da Ecologia Industrial.....	117
Quadro 16: Três Pilares das Instituições.....	124
Quadro 17: Contribuições da formalização para criação de sentido.....	137

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	16
1.1.	Contextualização	16
1.2.	Problemática e Justificativa	18
1.3.	Objetivos	22
1.4.	Estruturação da tese	23
2.	CONFIGURAÇÕES SOCIAIS, ECONÔMICAS E INSTITUCIONAIS DO PROCESSO DE SIMBIOSE INDUSTRIAL: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DA LITERATURA E PROPOSIÇÃO DE UM QUADRO TEÓRICO-ANALÍTICO	25
2.1.	Introdução	26
2.2.	Fundamentação Teórica.....	29
2.3.	Aspectos Metodológicos.....	34
2.4.	Resultados	38
2.4.1.	Distrito Industrial de Kalundborg/Dinamarca	38
2.4.1.1.	Situação de Ação	38
2.4.1.2.	Condições Biofísicas	40
2.4.1.3.	Atributos da Comunidade	41
2.4.1.4.	Regras em uso	43
2.4.2.	Distrito Industrial de Ulsan, Coreia do Sul.....	44
2.4.2.1.	Situação de Ação	44
2.4.2.2.	Condições Biofísicas	47
2.4.2.3.	Atributos da comunidade.....	48
2.4.2.4.	Regras em uso	50
2.4.3.	Distrito Industrial de Kwinana, Austrália	52
2.4.3.1.	Situação de ação.....	52
2.4.3.2.	Condições biofísicas	53

2.4.3.3.	Atributos da comunidade.....	55
2.4.3.4.	Regras em uso.....	57
2.5.	Discussão.....	58
2.6.	Conclusões	64
3.	UMA ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DAS ORGANIZAÇÕES EM DIREÇÃO A SIMBIOSE INDUSTRIAL A PARTIR DO PROJETO-PILOTO DE ECONOMIA CIRCULAR DE SETE LAGOAS.....	66
3.1.	Introdução	68
3.2.	Fundamentação Teórica.....	70
3.2.1.	Simbiose Industrial.....	70
3.2.1.1.	Simbiose Industrial no Brasil	74
3.3.	Aspectos Metodológicos.....	78
3.4.	Resultados	83
3.4.1.	Contexto do estudo de caso e sua história	83
3.4.2.	Projeto Piloto de Economia Circular.....	86
3.4.3.	A dinâmica da SI em Sete Lagoas	87
3.4.3.1.	Categoria 1 – Elementos Exógenos	88
3.4.3.2.	Categoria 2 – Ação Interorganizacional.....	92
3.4.3.2.1.	Subcategoria – Elementos Objetivos	92
3.4.3.2.2.	Subcategoria – Elementos Subjetivos.....	96
3.4.3.3.	Categoria 3 – Barreiras	102
3.5.	Discussão.....	105
3.6.	Considerações Finais	109
4.	REFLEXÕES ACERCA DO COMPORTAMENTO DAS ORGANIZAÇÕES EM DIREÇÃO AO MODELO CIRCULAR DE PRODUÇÃO A PARTIR DE UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR.....	111

4.1. Contextualização.....	113
4.2. Ecologia industrial, simbiose industrial e economia circular.....	116
4.3. Contribuições da perspectiva neo-institucional para análise do comportamento das organizações	121
4.4. Contribuições da perspectiva das relações interorganizacionais para análise do comportamento das organizações	125
4.4.1. Conceitos de troca organizacional e relações interorganizacionais.....	125
4.4.2. Dicotomia entre competição e cooperação	128
4.4.3. Porque as organizações se relacionam?	129
4.4.4. Como facilitar as relações interorganizacionais	132
4.4.4.1. Confiança Interorganizacional	133
4.4.4.2. Capacidade absorptiva e capacidade de processamento de informação	135
4.4.4.3. Criação de sentido	136
4.4.4.4. Estrutura de governança	138
4.5. Modelo Conceitual de transição para a SI	139
4.6. Considerações Finais	146
5. CONCLUSÃO.....	149
REFERÊNCIAS	154
APÊNDICE A	186
APÊNDICE B	188
APÊNDICE C.....	191

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

O conceito de desenvolvimento sempre esteve vinculado à ideia de evolução, progresso, avanços e melhoramentos. Em meados do século XX, além dessa conotação, desenvolvimento tornou-se indissociável de outro conceito: modernização. Baseado nessa concepção, o novo conceito de desenvolvimento se disseminou em forma de políticas, programas e projetos por todo o mundo (Schröder, 2011). Esse modelo, pautado na expansão industrial e no consumo em massa acelerou a extração e o processamento dos recursos naturais. O padrão da atividade econômica foi construído a partir de um fluxo permanente de materiais que são extraídos, transformados, consumidos e descartados. De 1970 a 2017, a extração global de materiais triplicou e não apresenta tendência de declínio ou estabilização para os próximos anos (Oberle et al., 2019). No Brasil, dados apontam para uma retração de 15,7% da superfície de água em todas as regiões desde o início dos anos 90 (MAPBIOMAS, 2021).

Diante desse contexto, as questões ambientais e a preocupação sobre a escassez dos recursos naturais têm crescido em urgência. O interesse dos cientistas, dos políticos e da população em geral em saber como lidar com o crescimento populacional, a emissão de gases do efeito estufa, as mudanças climáticas, a pobreza, a escassez de recursos hídricos, a insegurança alimentar, dentre outros desafios, suscita questões como: Como será o futuro? Quais são as alternativas de que dispomos para responder a essas inquietações de forma adequada e a tempo de evitar danos aos sistemas planetários que sustentam a vida? (Harris & Roach, 2017).

Novos modelos de desenvolvimento baseados no aumento da integração entre os sistemas econômicos e ecológicos estão surgindo em resposta a um paradigma estritamente voltado para a eficiência econômica (Colby, 1991). As abordagens da Economia Circular (EC) e Ecologia Industrial (EI) em países como a China, Estados Unidos e União Europeia já fazem

parte desse discurso econômico e político associado à ideia de uma mudança necessária e iminente nos modos de produção e consumo, para preservar os recursos e o planeta (Geng et al., 2012; Han et al., 2017; McDowall et al., 2017).

Na literatura sobre EI, há o conceito de simbiose industrial (SI), que seria uma analogia ao ecossistema natural de trocas que acontece entre seres vivos. No caso da SI, as trocas físicas de materiais, energia, água e subprodutos ocorrem entre empresas em seus processos produtivos. Nesse sentido, os ecossistemas industriais são vistos como realizações concretas desse conceito (Chertow, 2000).

Nos últimos dez anos, a noção de EC ganhou notoriedade no ambiente empresarial e acadêmico como uma alternativa ao modelo linear de produção e embora o conceito se apresente como algo novo, a sua fundamentação teórica a partir do conceito de ciclagem de materiais já estava presente nos primeiros textos da EI de autores como: Ayres (1994), Erkman (1997), Ayres e Ayres (2002) e Desrochers (2002).

As duas abordagens, EC e EI, preconizam novas experiências de produção e consumo baseadas em um modelo industrial destinado a otimizar o uso de recursos, bem como reduzir ou eliminar o desperdício. Entretanto, os avanços na agenda do desenvolvimento sustentável e o crescente progresso acadêmico dessas abordagens ainda não se converteram em uma mudança concreta. A economia global ainda tem como modelo vigente o modo linear de produção, no qual os bens de consumo são fabricados a partir de matérias-primas, vendidos, usados e descartados como resíduos (Saavedra et al., 2018).

Dados provenientes da realidade brasileira corroboram esse entendimento. No período de 2010 a 2019, a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil aumentou de 67 milhões para 79 milhões de toneladas por ano. Em que pese a quantidade de resíduos coletados também ter crescido, passando de 59 milhões de toneladas em 2010 para 72,7 milhões de toneladas em 2019, a maior parte deles ainda segue para disposição em aterros sanitários e para unidades inadequadas como os lixões (ABRELPE, 2020).

A nível organizacional algumas práticas e programas vem sendo implementados pelas empresas, como as práticas de produção mais limpa (de Oliveira et al., 2019; Sakr & Sena, 2017; Sousa-Zomer et al., 2018), o *ecodesign* (Cicconi, 2020; Donnelly et al., 2006) e a logística reversa (Caiado et al., 2017; Chileshe et al., 2018; Kaviani et al., 2020). Entretanto, em nível interorganizacional, poucas iniciativas relacionadas ao reaproveitamento dos fluxos de materiais e energia residuais têm sido registradas. Nesse sentido, a SI apresenta-se como uma estratégia de abrangência mais ampla na qual as organizações cooperam com o objetivo de alcançar a sustentabilidade industrial.

1.2. Problemática e Justificativa

A história da humanidade é marcada por revoluções que mudaram os padrões de produção e o estilo de vida das populações. A primeira revolução, chamada de revolução agrícola, trouxe o conceito de propriedade privada e fez surgir as ideias de riqueza, status, herança, comércio, dinheiro e poder. A agricultura e sua nova forma de organização da sociedade permitiram ainda mais o crescimento populacional. Com isso novas demandas relacionadas à propriedade e à energia também surgiram e uma nova revolução se fez necessária. Com a revolução industrial, as máquinas, em substituição a terra, se tornaram o principal meio de produção. Fábricas, ferrovias, estradas, chaminés, força de trabalho industrial, tecnologia, transformaram o modo de vida da sociedade novamente (Meadows et al., 2004).

O objetivo da indústria é a produção de bens que ocorre por meio da transformação de matérias-primas em produtos. Esse sistema particular de produção afeta todo o sistema econômico e, por conseguinte, todo o sistema social. As fábricas que remontam o século XX evoluíram para corporações modernas. Elas são instituições econômicas complexas que devem ser compreendidas principalmente como o produto de uma série de inovações que tem como propósito reduzir os custos de transação (Mantoux, 2013; Williamson, 1981).

Os custos de transação são centrais para o estudo da economia uma vez que explicam as diferentes formas organizacionais prevalentes nos mercados. Eles referem-se aos custos decorrentes dos processos de trocas entre as empresas e podem ser divididos em quatro tipos: (1) custos de pesquisa, (2) custos de contratação (3) custos de monitoramento e (4) custos de execução. Os custos de pesquisa incluem os custos de coleta de informações para identificar e avaliar possíveis parceiros comerciais. Os custos de contratação referem-se aos custos associados à negociação e redação de um contrato. Os custos de monitoramento referem-se aos custos associados ao monitoramento do contrato para assegurar que cada parte cumpra o conjunto predeterminado de obrigações. Os custos de execução referem-se aos custos associados à negociação *ex post* e à sanção de um parceiro comercial que não executa de acordo com o contrato (Allen, 1999; Dyer, 1997; Williamson, 1979).

Nas teorias organizacionais e na prática empresarial, as organizações eram tidas como entidades autônomas e independentes, inseridas em determinado ambiente, que buscavam a melhor estratégia competitiva, a partir de seus recursos e de suas capacidades internas (Porter, 1980; Vale, 2007). Entretanto, a fim de reduzir esses custos de transação, diversas estruturas de governança começaram a surgir e novas conformações produtivas se proliferaram a partir da década de 70. Sendo assim, as abordagens organizacionais mais recentes passaram a considerar a organização a partir de sua inserção e interação em um contexto mais abrangente (Storper & Harrison, 1991; Vale, 2007; Williamson, 1979).

A evolução do modo como as empresas se estruturam para obter o máximo de vantagem competitiva baseia-se nessa noção de que as empresas entrarão em quaisquer arranjos que minimizem os custos dessas transações (Williamson, 1979). As inter-relações entre tecnologia, inovação, conhecimentos, no âmbito industrial passaram a ser vistas como características essenciais ao desenvolvimento regional. Deste modo, a região se tornou foco de estudos não só da teoria econômica, como também das áreas de políticas públicas, geografia e gestão. Essas pesquisas, ao estudar as aglomerações e especialização das industriais locais,

buscavam entender os fatores que explicam por que determinados tipos de tecnologias parecem florescer em determinadas localidades e como isso afeta o crescimento econômico local e estimulam a competitividade econômica (Iammarino & McCann, 2006; Martin & Sunley, 2003; Vale, 2007).

A aglomeração industrial é uma coleção de unidades de produção em um território limitado (cidade, região, comunidade). Essas aglomerações estão, frequentemente, mas não necessariamente, concentradas em um determinado ramo de atividade. Elas podem ser classificadas em: coleções de unidades funcionalmente não relacionadas, em um extremo, ou, unidades dentro de um único sistema de entrada-saída, com inter-relações muito densas entre as unidades, no outro extremo (Storper & Harrison, 1991).

Com base nessa classificação, surgem os conceitos de cluster e distritos industriais. Embora os dois conceitos remontem a raízes teóricas semelhantes, eles surgiram para explicar um conjunto de fenômenos diferentes. A noção de distritos industriais está baseada na ideia de grupos de pequenas e médias empresas instalados em um mesmo local que operam nos setores de manufatura da economia e que possuem uma rede densa de relações não só entre as empresas, como também, com as pessoas que vivem na mesma região e que compartilham características sociais e culturais (Becattini, 1991; Porter & Ketels, 2009).

Por outro lado, a definição de cluster é mais ampla, abrangendo outras configurações de empresas e instituições. Os clusters abrangem a configuração encontrada nos distritos industriais, de modo que os distritos industriais são um tipo de cluster. A teoria do cluster propõe uma estrutura mais ampla para entender a influência do local na competitividade das empresas, baseando-se fortemente na economia industrial, na pesquisa sobre a cadeia de valor, nas fontes de vantagem competitiva e na estratégia (Martin & Sunley, 2003; Porter & Ketels, 2009).

O modelo de cluster industrial, além de um conceito analítico, se tornou ferramenta política para o desenvolvimento regional em todo o mundo e não se limitou às economias mais

avançadas, países em desenvolvimento também adotaram esse modelo (Asheim et al., 2011; Galvão, 2000; Martin & Sunley, 2003). Contudo, esse modelo de aglomerações de empresas baseado na lógica da competição e da eficiência econômica já não atendem mais as demandas atuais.

No passado, os custos ambientais eram relativamente pequenos e considerados como externalidades ao processo produtivo. Os arranjos organizacionais envolviam várias formas de integração ao longo da cadeia de suprimentos de modo a reduzir custos financeiros. Entretanto, mais recentemente, os custos de transação decorrentes da gestão ambiental alteraram a forma como as organizações lidam com essa temática. Novos arranjos estão surgindo baseados sobretudo na lógica da cooperação e do uso eficiente dos recursos (Chertow & Ehrenfeld, 2002).

As organizações, assim como, o Estado, a academia e a sociedade, devem se comprometer em reduzir os impactos negativos das suas atividades ao meio ambiente. Usar os recursos de forma mais eficiente deve ser a premissa norteadora para a transformação do sistema industrial atual em um ecossistema industrial. A SI surge com essa ideia de que o resíduo de um processo industrial pode servir como matéria prima para outro e assim reduzir o impacto da indústria no ambiente. É uma abordagem essencialmente holística uma vez que considera toda a cadeia de interações entre energia, materiais e ambiente (Chertow, 2008; Lombardi & Laybourn, 2012). Apesar de todo um corpo teórico já consistente e do seu potencial benefício, ainda resta um desafio prático de implementar esse modelo em diversos contextos.

Nesse estudo, as organizações são consideradas partes constituintes importantes dos padrões e forças que se desenvolvem na sociedade. Sendo que o foco analítico está em compreender as organizações e seu comportamento a partir das dinâmicas sociais nas quais elas estão inseridas. Assim, as organizações são consideradas sistemas objetivos, pois possuem estruturas parcialmente modificáveis por ações individuais, mas ao mesmo tempo são

subjetivas visto que essas estruturas abrigam indivíduos que atuam com base em suas próprias percepções (Astley & de Ven, 1983).

Aprofundar os estudos nessa área representa um esforço para compreender como as estruturas organizacionais e institucionais fariam essa transição para ecossistemas industriais, que são a materialização do conceito de SI, e quais seriam os elementos necessários para isso. Essa transição envolve testar e implementar novos conceitos, procedimentos e tecnologias de modelos ou hábitos já consolidados econômico e culturalmente. Ou seja, uma transformação em nível coletivo que certamente demandará tempo, convencimento e envolvimento de diversos atores e, sobretudo adaptação dos mecanismos de regulação que regem a ética de cada indivíduo e as normas que condicionam as condutas na sociedade (Baas, 2008; Boons & Howard-Grenville, 2009; Bursztyn & Bursztyn, 2012; Wallner, 1999). Nesse sentido, as questões norteadoras dessa tese são: Como novos modelos estruturais surgem e são implementados? Como as organizações se comportam diante dessas tensões entre manter o padrão atual e adotar o novo? Quais são os elementos críticos para o desenvolvimento desses novos padrões? Como facilitar essa transição?

A implementação de ações de SI é vista como uma alternativa possível para reduzir os impactos ambientais da atividade industrial e, ao mesmo tempo, melhorar o desenvolvimento econômico da indústria e o bem estar da comunidade. Contudo, nos países em desenvolvimento, essas práticas não são muito comuns. Nesse sentido, analisar a aplicação da SI no Brasil, pode trazer contribuições consistentes para o campo (Portugal Júnior et al., 2012; Saraceni et al., 2017; Veiga et al., 2009).

1.3. Objetivos

O objetivo geral da tese é analisar os elementos críticos da simbiose industrial em direção a um modelo circular de produção. Para alcançar o objetivo geral, definiram-se os seguintes objetivos específicos:

- I. Analisar o processo de implementação de SI em três casos de sucesso de SI na literatura, identificando seus elementos contextuais;
- II. Propor um *framework* teórico e analítico com base nas convergências e semelhanças encontradas nos três casos;
- III. Analisar o comportamento das organizações no processo de implementação da SI no Projeto Piloto de EC do distrito industrial de Sete Lagoas a partir da percepção dos principais atores envolvidos;
- IV. Compreender como a integração entre os pressupostos da teoria neo-institucional e das relações interorganizacionais ao corpo teórico da EI pode contribuir no entendimento do comportamento das organizações em direção a um modelo circular de produção.

1.4. Estruturação da tese

Essa tese foi estruturada e dividida na forma de artigos. A primeira parte apresenta a Introdução, dividida em contextualização, problematização e justificativa, e objetivos. Na segunda parte, seções 2, 3 e 4, constam os estudos que estão apresentados na Matriz Metodológica de Amarração (Quadro 1), adaptada de (da Costa et al., 2019) que inclui os títulos, as questões de pesquisa, objetivos gerais de cada artigo, as estratégias metodológicas adotadas e o *status* de cada publicação. Por fim, a conclusão da tese, quinta seção, conecta as conclusões específicas das seções 2, 3 e 4 com o objetivo geral da pesquisa. Apresentam-se ainda nessa parte, as limitações do trabalho realizado e sugestões para pesquisas futuras.

Quadro 1: Matriz Metodológica de Amarração

Questão central de pesquisa Quais são os elementos críticos para a simbiose industrial em direção a um modelo circular de produção?			
Objetivo geral analisar os elementos críticos da simbiose industrial em direção a um modelo circular de produção.			
	Estudo 1	Estudo 2	Estudo 3
Questão de pesquisa	Como ocorreram os processos de implementação dos ecossistemas industriais nos parques industriais de Kalundborg/Dinamarca, Ulsan/Coreia do Sul e Kwinana/Austrália?	Como as empresas estão se comportando diante do processo de implementação da SI no distrito industrial de Sete Lagoas?	Como uma abordagem interdisciplinar pode contribuir para o entendimento do comportamento das organizações em direção a um modelo circular de produção?
Objetivo Geral	Analisar o processo de implementação de SI em cada caso, identificando seus elementos contextuais; Propor um framework teórico e analítico com base nas convergências e semelhanças encontradas nos três casos.	Analisar o comportamento das organizações no processo de implementação da SI no Projeto Piloto de EC do distrito industrial de Sete Lagoas a partir da percepção dos principais atores envolvidos.	Compreender como a integração entre os pressupostos da teoria neo-institucional e das relações interorganizacionais ao corpo teórico da EI pode contribuir no entendimento do comportamento das organizações em direção a um modelo circular de produção.
Estratégias metodológicas	Revisão sistemática da literatura IAD framework	Estudo de caso Análise documental Entrevistas semiestruturadas Análise de conteúdo	Ensaio Teórico
Status da publicação	Aprovado e publicado na Revista <i>Sustainability</i> Link de acesso: https://www.mdpi.com/2071-1050/13/13/7123		

2. CONFIGURAÇÕES SOCIAIS, ECONÔMICAS E INSTITUCIONAIS DO PROCESSO DE SIMBIOSE INDUSTRIAL: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DA LITERATURA E PROPOSIÇÃO DE UM QUADRO TEÓRICO-ANALÍTICO

RESUMO

Este artigo tem como objetivo analisar comparativamente o processo de Simbiose Industrial (SI) em três casos empíricos notáveis: Kalundborg/DK, Ulsan/ROK e Kwinana/AUS. Para compreender cada processo optou-se por utilizar o framework IAD da Ostrom e suas categorias de análise como ferramenta de diagnóstico e análise dos dados. A partir do levantamento dos elementos contextuais do ambiente social, econômico, institucional e físico que moldaram o comportamento das organizações em direção às práticas de SI, um quadro teórico-analítico foi proposto. Os resultados da análise comparada dos três casos mostram que, embora não exista uma ordem clara e linear em que os atores desenvolvem as relações simbióticas, as decisões relacionadas à SI foram moldadas por um conjunto semelhante de variáveis. Essas variáveis vão desde aspectos técnicos e econômicos como diversidade de indústrias e viabilidade de trocas, até aspectos sociais e institucionais, abrangendo questões ambientais críticas; acordos bilaterais; engajamento coletivo; confiança para construir relacionamentos cooperativos; estratégias de comunicação e compartilhamento de informações; quadro regulatório integrado em três níveis; congruência entre as ações do governo e da empresa para criar um ambiente cooperativo; e estruturas de governança envolvendo governo local, empresas, instituições de pesquisa e desenvolvimento e uma entidade coordenadora ou o campeão. Espera-se que esse quadro possa servir como referência para análises de diagnóstico em que a SI já esteja em curso, a fim de avaliar aspectos que possam ser aprimorados, bem como em análises prescritivas, em que se pretende avaliar o potencial de implementação da SI em determinado contexto.

Palavras-chave: Ecossistemas Industriais; Simbiose Industrial; Ecologia Industrial; Economia Circular; IAD.

2.1. Introdução

Novos modelos de desenvolvimento como a Economia Circular (EC), a Bioeconomia e a Ecologia Industrial (EI) surgiram em resposta a um paradigma dominante estritamente voltado para a eficiência econômica. Esses modelos têm em comum o mesmo ideal: aumentar a integração entre os sistemas econômicos e ecológicos e conciliar objetivos econômicos, ambientais e sociais (Colby, 1991; D'Amato et al., 2017; Saavedra et al., 2018).

A despeito dessas novas abordagens e suas práticas cada vez mais difundidas, muitos dos procedimentos e rotinas industriais ainda estão assentados em práticas insustentáveis. A complexidade e as incertezas que envolvem testar e implementar novos conceitos, procedimentos e tecnologias de modelos ou hábitos já consolidados cultural e economicamente são frequentemente vistos com ceticismo. A transição de um modelo industrial insustentável para um ecossistema industrial viável passa necessariamente por uma mudança nas bases do modelo de desenvolvimento atual. Para além dos avanços tecnológicos e científicos, essa transformação certamente demanda tempo, convencimento e envolvimento de diversos atores e, sobretudo adaptação dos mecanismos de regulação que regem a ética de cada indivíduo e as normas que condicionam as condutas na sociedade (Baas, 2008; Boons & Howard-Grenville, 2009; Bursztyn & Bursztyn, 2012; Wallner, 1999).

A simbiose industrial (SI), subcampo da EI, surgiu como um novo modelo industrial capaz de endereçar essas questões. Em analogia ao ecossistema biológico, devido às suas características de integração e ciclo da matéria, a SI defende a ideia de que o resíduo de um processo industrial pode servir como matéria prima para outro e assim reduzir o impacto da indústria no ambiente. É uma abordagem holística uma vez que considera toda a cadeia de interações entre energia, materiais e ambiente (Ayres & Ayres, 2002; Chertow, 2000; Erkman, 1997; Frosch & Gallopoulos, 1989).

Nas últimas décadas, um número crescente de estudos avaliou a aplicação dos modelos de SI (Neves et al., 2020). A ênfase maior desses estudos está em desenvolver

métodos e indicadores para quantificar os impactos econômicos, ambientais e, em menor grau, os impactos sociais dos fluxos de materiais e energia resultantes das atividades humanas (Bain et al., 2010; Chertow & Lombardi, 2005; Jacobsen, 2006; Van Berkel et al., 2009). Os impactos das práticas de SI têm se mostrado positivos. Relatórios da EU (European Commission, 2018) e do NISP (*National Industrial Symbiosis Programme*) (Laybourn, 2013) apresentam dados expressivos relacionados à redução na quantidade de resíduos despejados em aterros, no uso de matérias primas virgens e na emissão de dióxido de carbono (CO₂). Além da diminuição dos custos com descarte, armazenamento e transporte e receita gerada pelas vendas adicionais.

Os estudos de caso focados em determinados setores industriais, como ferro/aço, cimento e resíduos eletroeletrônicos (REEs), apresentam bons exemplos do processo de SI em nível de fábrica. O setor siderúrgico europeu tem feito esforços para diminuir as emissões de CO₂ e melhorar a recuperação e a qualidade dos subprodutos, usando tecnologia e soluções inovadoras e sustentáveis. Como uma indústria de processo típica, a indústria do aço tem vantagens específicas para a adoção de SI porque a transformação de materiais é uma parte padrão dos seus procedimentos operacionais (Branca et al., 2020; Yu et al., 2015; Zhang et al., 2013). O setor de cimento também contribui para emissões massivas de CO₂, mas seu impacto pode variar significativamente entre os diferentes sistemas de produção e diferentes tipos de produtos de cimento. Existem benefícios relacionados à redução das emissões de CO₂ e conservação dos recursos naturais decorrentes das práticas de SI no setor de cimento (Ammenbergh et al., 2015; Hashimoto et al., 2010). No setor de REE, apenas uma pequena porcentagem dos resíduos é devidamente tratada e recuperada. Ao adotar o modelo de SI, os materiais e componentes podem ser remanufaturados ou reutilizados para diferentes produtos e aplicações (Marconi et al., 2018).

Diante dessa produção profícua e do reconhecimento dos impactos positivos da SI, persiste um questionamento: por que as práticas de SI ainda não foram amplamente adotadas? Cohen-Rosenthal (2000) advoga que apenas o conhecimento sobre os tipos de fluxos de

resíduos e seus benefícios não é suficiente para determinar a realização dessas conexões. Há idiosincrasias de base social, ligadas a questões políticas, gerenciais, culturais entre outras, que podem influenciar a adoção ou não dessas práticas industriais. Por isso, a importância de enfatizar também os processos sociais que moldam essa decisão. Não é possível dissociar a adoção das práticas simbióticas do contexto em que elas estão inseridas (Boons et al., 2014; Boons & Howard-Grenville, 2009; Gibbs et al., 2005).

Nessa linha, esforços recentes de pesquisa foram empreendidos a fim de verificar os principais impulsionadores e barreiras para a evolução da SI. Uma lista de fatores aponta para a relevância dos aspectos econômicos, técnicos, relações sociais, regulamentação, cultura (Belaud et al., 2019; Cui et al., 2018; Liu et al., 2012; Lombardi, 2017; Mortensen & Kørnø, 2019; Neves et al., 2020; Valentine, 2016; Walls & Paquin, 2015). Em que pese a relevância desses estudos para a ampliação do entendimento sobre o fenômeno da SI, a maioria das análises é estática (Jiao & Boons, 2014) e se baseia em um único caso o que dificulta na construção de uma compreensão mais ampla e criteriosa das condições necessárias para que as organizações adotem efetivamente esse novo modelo (Boons et al., 2014, 2016; Doménech & Davies, 2009).

De modo a preencher essa lacuna, três casos bem sucedidos de relevância para a literatura de SI foram escolhidos para serem examinados em profundidade. Como ferramenta de análise optou-se pela estrutura do IAD (*Institutional Analysis and Development*), uma vez que fornece uma estrutura lógica para analisar situações dinâmicas nas quais os indivíduos desenvolvem novas regras, novas normas e novas tecnologias (McGinnis, 2011).

Considerando a contribuição potencial que a análise comparativa das iniciativas de SI pode trazer, coloca-se a seguinte questão de pesquisa: como ocorreu o processo de implementação dos ecossistemas industriais estabelecidos nos parques industriais de Kalundborg/Dinamarca, Ulsan/Coreia do Sul e Kwinana/Austrália? Pretende-se, com a resposta a esta indagação, atingir dois objetivos: analisar o processo de implementação da SI de cada

um dos casos a partir da identificação de seus elementos contextuais e propor um quadro teórico-analítico a partir das convergências e similaridades encontradas nos três casos.

A fim de endereçar essa questão, este artigo divide-se em cinco partes, além desta introdução: 1) apresenta-se a literatura sobre a SI com foco nos fatores que levam as organizações a adotarem as práticas de SI; 2) expõe-se a metodologia; 3) percorre-se o processo de implementação da SI em cada um dos casos selecionados e elenca esses elementos; 4) discute-se o quadro encontrado a partir da análise comparativa dos casos; 5) apresenta-se as considerações finais.

2.2. Fundamentação Teórica

Passaram-se mais de trinta anos desde a caracterização em 1989 da SI de Kalundborg em 1989. O caso tornou-se referência de desenvolvimento industrial sustentável baseado em trocas de subprodutos e compartilhamento de serviços (Branson, 2016). Nesse ínterim, grande parte da literatura concentrou-se na perspectiva tecnológica para respaldar a relevância das práticas de SI (Baas, 2008). Entretanto, estudos que extrapolam os limites das ciências exatas vêm ganhando força no campo da EI a partir da integração das dimensões técnicas, econômicas, ambientais e sociais nas análises.

A própria definição de SI também sofreu alterações em virtude dessa nova perspectiva. Inicialmente, Chertow (2000) conceituou SI como o engajamento de indústrias tradicionalmente separadas envolvendo trocas físicas de materiais, energia, água e subprodutos com o propósito de criar vantagem competitiva. A colaboração e as possibilidades sinérgicas oferecidas pela proximidade geográfica eram apontadas como os fatores-chave para o fenômeno. Em 2012, Lombardi & Laybourn (2012) propuseram uma atualização do conceito proposto por Chertow (2000) de modo a comunicar a essência da SI como o envolvimento de diversas organizações em uma rede para promover a ecoinovação e a mudança cultural de longo prazo. Nessa definição a inclusão da inovação e da cultura demonstram uma ampliação da noção de SI.

Nesse estudo, assim como em Boons et al. (2016), optou-se por tratar a SI como um processo social complexo em que diferentes atores industriais, ao identificarem o potencial dos seus recursos subutilizados, conectam seus fluxos de material secundário, água, recursos energéticos, serviços, infraestrutura e tecnologia. Essa interação entre os atores em transações mutuamente benéficas do ponto de vista econômico e ambiental pode desencadear a mobilização de ativos intangíveis como capital intelectual e capital social, criando uma cultura de cooperação. Dentro dessa concepção, a SI pode estar materializada em diversos arranjos como os ecoparques industriais (EPIs), as redes virtuais de SI e os ecossistemas industriais.

Pesquisas empíricas vêm sendo realizadas em diversas partes do mundo a fim de levantar os fatores que são determinantes na formação desses arranjos. No Reino Unido, Mirata (2004), ao analisar três casos de SI em estágio inicial de implementação, não conseguiu estabelecer fatores em comum de sucesso para o desenvolvimento da SI. Entretanto, ele destacou a relevância de alguns fatores, como a natureza das operações e histórico industrial das empresas, a pressão dos pares e o papel do órgão de coordenação da SI. Heeres et al. (2004) analisaram seis projetos de EPIs em estágio de desenvolvimento inicial, três da Holanda e três dos Estados Unidos. Os resultados indicaram que os projetos holandeses eram mais bem-sucedidos do que os americanos. Essa diferença foi atribuída à maior participação e ao envolvimento das empresas, bem como à presença de uma associação como plataforma de comunicação. Em Kalundborg, Jacobsen (2007) também verificou que o contexto social baseado nas relações pessoais mais próximas contribuiu para a redução das incertezas técnicas e econômicas relacionadas à implementação da SI.

Esses achados indicavam a relevância das relações sociais para a consolidação e o sucesso dos projetos de SI. A presença de um órgão, uma associação, um conselho, ou até uma das indústrias do parque, que se responsabilizasse por promover e coordenar as interações sociais passou a ser vista como um catalisador desse processo. Roberts (2004) fortalece essa ideia ao analisar uma iniciativa de criação de um EPI em Queensland na

Austrália. Ter uma equipe responsável por disseminar o conceito de EPI, integrar atores industriais e envolver a comunidade, o governo e as indústrias no processo foi primordial para o êxito da iniciativa.

Ainda nessa linha, Hewes e Lyons (2008) avaliaram a importância de ter uma pessoa com conhecimento técnico, uma autoridade da cidade, ou um líder comunitário responsável por conduzir o processo de SI, chamado na literatura de *champion*, que tenha capacidade de fazer parcerias e obter apoio local para alavancar a SI. Em estudo etnográfico realizado pelos autores em EPIs em Massachusetts e na Ucrânia, eles identificaram que os fatores-chave para a viabilidade dos projetos foram a importância do *champion*, a confiança, a inserção na comunidade e a proximidade geográfica.

A despeito de um consenso que vinha sendo estabelecido ao longo dos anos a respeito da relevância de certos fatores para a materialização do conceito de SI, alguns deles foram sendo questionados. A partir das experiências do NISP - programa em nível nacional de SI fomentado pelo governo do Reino Unido - as variáveis proximidade geográfica e a familiaridade entre os membros não se mostraram determinantes. A questão da necessidade de proximidade tanto geográfica quanto social foi solucionada pelo órgão (NISP) ao assumir a responsabilidade de identificação das sinergias e o cálculo da viabilidade econômica das trocas (Jensen et al., 2011; Lombardi & Laybourn, 2012). Assim, outras variáveis foram consideradas mais relevantes como contexto institucional, estrutura de governança e oportunidades comerciais sólidas (Abreu & Ceglia, 2018; Lombardi & Laybourn, 2012).

Jensen et al. (2011) ressaltaram, porém, que duas características desempenharam um papel significativo para o bom desempenho do NISP. Primeiro, os acordos eram propostos e facilitados por um consultor. Segundo, a adesão ao programa era voluntária e nenhuma receita era cobrada pelos serviços de identificação das oportunidades, ou seja, não havia custos para participação e a adesão ao programa já sinalizava um desejo de cooperar por parte das empresas.

Diante de entidades como NISP e do *champion*, como catalisadores da SI, autores como Doménech e Davies (2009) contestaram a possibilidade de se desenvolver uma cultura de cooperação a partir desses mecanismos e questionaram qual seria o papel desempenhado pelos atores públicos na condução de projetos de SI. De modo a clarificar essas questões e verificar como a estrutura da rede de atores, a comunicação e o compartilhamento de normas se correlacionam com a SI, a análise de redes sociais passou a ser incorporada aos estudos da área.

Em estudos realizados em Porto Rico, correlações positivas foram encontradas entre as variáveis relacionamento pessoal, posição do ator na rede e as sinergias no parque de Barceloneta. Em Guayama, ainda em Porto Rico, a familiaridade entre os principais atores e a criação de comitês foram as características mais importantes (Ashton, 2008; Chertow et al., 2008). Em estudo realizado na Índia, também utilizando análise de redes sociais, Ashton e Bain (2012) identificaram um nível alto de normas compartilhadas na rede, porém, as trocas de subprodutos apresentaram correlação fraca com estrutura e comunicação.

Em análises mais recentes de SI, as experiências australianas apontaram o apoio do governo local e estadual, o fator econômico e a regulamentação como fatores importantes para estimular ou impedir o interesse em estabelecer relações de sinergia (Corder et al., 2014). Em outra análise, ainda na Austrália, Golev et al. (2015) identificaram que os aspectos não técnicos, cooperação e confiança, foram os mais significativos para o desenvolvimento das sinergias da região. Na Finlândia, Kokoulina et al. (2019), ao reconhecerem a pouca atenção dada às questões de SI em nível individual, examinaram o seu processo de facilitação a partir da análise do papel do *champion*. No contexto brasileiro, em investigação sobre as barreiras sociais a serem superadas para promoção das sinergias entre as empresas, os resultados indicaram que valores como benevolência e universalismo, confiança, domínio cognitivo sobre resíduos e engajamento ambiental foram fundamentais (Domenico Ceglia et al., 2017). De modo geral, os estudos de SI passaram a assumir a relevância de fatores sociais, como

confiança e colaboração, no estabelecimento da SI (Gibbs, 2003; Hewes & Lyons, 2008). Contudo, ainda há pouca literatura detalhando o que realmente constitui confiança e colaboração e como elas operam para influenciar decisões (Branson, 2011; Spekkink, 2013). Outros fatores como dificuldades organizacionais (Ristola & Mirata, 2007), motivações e dinâmicas individuais (Walls & Paquin, 2015), ação governamental (Jiao & Boons, 2014) também integram essa lista de fatores relevantes, porém, como afirmam Yap e Devlin (2017), na maioria das análises de SI o nível da empresa costuma ser subexaminado e o contexto, quando reconhecido, subespecificado.

Quanto aos impactos dos instrumentos e mecanismos de intervenção política na facilitação da SI ainda não há uma clareza. No entanto, é evidente que o governo desempenha um papel crucial na condução desse tipo de iniciativa (Behera et al., 2012; Jiao & Boons, 2014; Lehtoranta et al., 2011). Van Berkel et al. (2009b) analisaram os resultados e experiências dos principais esforços do Japão para promover SI e listou os seguintes fatores que levaram ao seu sucesso: disponibilidade de subsídios de investimento, legislação voltada para a reciclagem, acesso a recursos tecnológicos do setor privado e uma urgência de atuação nas questões ambientais. Em uma análise comparativa, Mathews e Tan (2011) descobriram que uma abordagem *top down* garantida por arranjos institucionais, como requisitos regulatórios, facilitou a evolução dos Ecoparques Industriais na China.

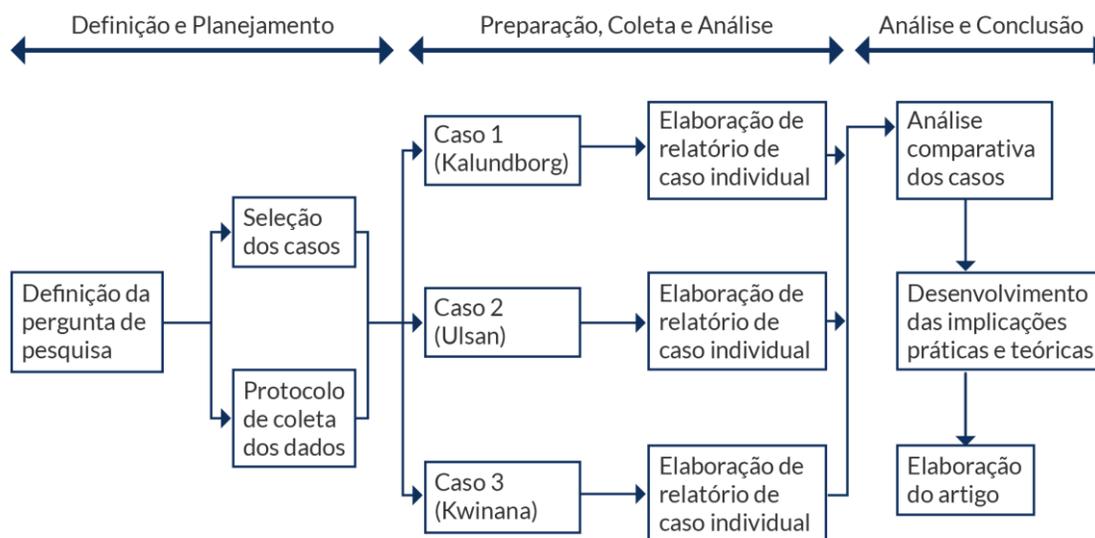
Os estudos até aqui apresentados apontam para avanços valiosos na compreensão da complexidade do fenômeno SI. No entanto, a maioria das análises é baseada em estudos que examinam um único caso e enfocam diferentes fatores isoladamente (Boons et al., 2011). Essa diversidade de descobertas e abordagens inibe uma formulação mais abrangente do fenômeno e fragmenta o campo. Para fornecer uma melhor compreensão da dinâmica envolvida no processo de SI, esta comparação sistemática de diferentes contextos explora as seguintes questões fundamentais: O que faz com que o SI surja em diferentes países? Até que ponto essas causas são específicas de cada país? Que condições são geralmente mais ou

menos favoráveis? Quem são os principais atores e quais são seus papéis na implementação de SI? Quais mecanismos de intervenção política são mais eficazes no apoio à implementação de SI?

2.3. Aspectos Metodológicos

Tendo em vista a necessidade de aprofundar e detalhar o processo de implementação da SI, considerou-se pertinente o uso da abordagem qualitativa para atingir esse fim (Velenturf & Jensen, 2016). Como estratégia de pesquisa, o estudo de casos múltiplos (Figura 1) aliado à pesquisa documental mostrou-se propício para a análise da SI, uma vez que a pergunta de pesquisa do estudo se propõe a explicar um fenômeno social contemporâneo e por exigir uma descrição extensa e aprofundada dos três casos (Yin, 2017). Na pesquisa documental, as fontes de informação foram inicialmente artigos científicos. Adicionalmente, se recorreu a sítios eletrônicos, relatórios de pesquisa, teses e dissertações.

Figura 1: Procedimento de Estudo de Caso Múltiplo



Fonte: Adaptado de Yin (2017).

Os casos foram selecionados em função de três critérios: acessibilidade e qualidade dos dados disponíveis, grau de maturidade das relações interorganizacionais e grau de

homogeneidade dos casos. Para avaliar a acessibilidade e a qualidade dos dados, utilizou-se uma revisão abrangente desenvolvida por Neves et al. (2020), que mapeou todos os casos de SI existentes no mundo. A partir da análise dos casos, verificou-se os métodos aplicados e os tipos de dados disponíveis para cada estudo. Com base nessas informações, os casos de Kalundborg, Kwinana e Ulsan tornaram-se viáveis, pois os dados incluíam dados quantitativos sobre benefícios ambientais, econômicos e sociais; emissões de gases de efeito estufa; visitas de campo, entrevistas e análises do processo de desenvolvimento de SI.

No que diz respeito ao nível de maturidade das relações interorganizacionais, Kalundborg é considerado o modelo padrão para o desenvolvimento dos EPI no mundo. Devido à sua tremenda integração entre os gerentes e sua percepção de oportunidades de colaboração, as indústrias do EPI de Kalundborg são conhecidas por sua “curta distância mental” (Jacobsen, 2007). Em termos de nível e maturidade de envolvimento e colaboração da indústria e compromisso com os recursos de sinergia regional futuros, Kwinana é comparado a exemplos internacionais renomados de desenvolvimento de sinergia regional, como Kalundborg (van Beers et al., 2007). As sinergias entre as empresas da Ulsan têm evoluído continuamente desde 1990. Elas possuem parcerias ativas, enquanto outras estão em negociação e em fase de projeto, e a viabilidade de diversas parcerias estão sob investigação, todas demonstrando maturidade nas relações interorganizacionais (Park et al., 2008).

Para determinar a homogeneidade dos casos, os seguintes parâmetros foram empregados: diversidade de setores, número de sinergias e dinâmica inicial de desenvolvimento de SI. Quanto aos tipos de indústria, os três casos incluem manufatura, abastecimento de energia, água e resíduos, agricultura, comercialização e reparação, construção e mineração e extração, constituindo assim diversidade nas atividades econômicas. Com relação ao número de sinergias, os casos que apresentavam maior nível de complexidade/relacionamento entre as empresas foram selecionados. O EPI de Kalundborg contém 13 firmas e 14 pares simbióticos, Kwinana 16 firmas e 28 pares simbióticos, e Ulsan 11

firmas e oito pares simbióticos. Além disso, Kalundborg e Kwinana têm cinco e nove redes de serviços, respectivamente (Zhu & Ruth, 2014). Em relação à dinâmica inicial de desenvolvimento de SI, que Boons et al. (2016) definem como os caminhos típicos pelos quais o processo de SI se desdobra, os EPIs de Kalundborg e Kwinana foram formados por meio da auto-organização. Em outras palavras, o desenvolvimento de atividades simbióticas resultou das estratégias automotivadas dos atores industriais. Embora o EPI de Ulsan não esteja listado como um EPI auto-organizado, na classificação de (Park et al., 2008), ele desenvolveu-se espontaneamente, incitado por benefícios econômicos e restrições regulatórias. Portanto, os três EPIs atendem a esse critério final.

Uma vez definidos os casos, três revisões sistemáticas da literatura (RSL) foram realizadas conforme as etapas listadas no (Quadro 2), a fim de extrair a lista mais abrangente possível de todos os estudos publicados com base em critérios rigorosos e explícitos (Cronin et al., 2008). De acordo com Chandler et al. (2021), uma RSL constitui uma revisão de uma questão claramente formulada que usa métodos sistemáticos e explícitos para identificar, selecionar e avaliar criticamente pesquisas relevantes e para coletar e analisar dados.

Quadro 2: O processo de revisão sistemática da literatura

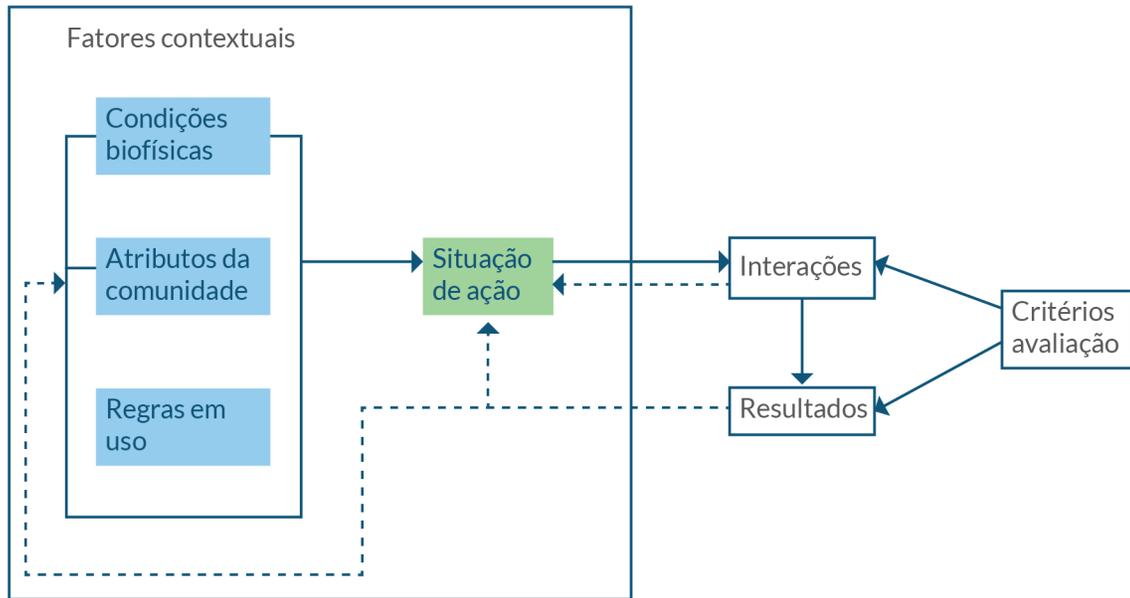
Etapas	Descrição	Aplicação
(i) Formular a pergunta de pesquisa	A questão de pesquisa identifica o problema a ser estudado e direciona todo o processo de RSL.	Como ocorreu o processo de implantação dos ecossistemas industriais dos parques industriais de Kalundborg, Dinamarca; Ulsan, Coreia do Sul; e Kwinana, na Austrália?
(ii) Definir critérios de inclusão e exclusão	Os critérios de seleção podem incluir bancos de dados, palavras-chave, tipos de periódicos, idioma, período de pesquisa.	Os dados foram coletados de três bancos de dados: <i>Scopus</i> , <i>Web of Science</i> e <i>Science Direct</i> . Apenas artigos científicos foram selecionados sem definir nenhum critério temporal. Quanto às palavras-chave, foram usadas as seguintes combinações: “industrial ecology” OR “industrial symbiosis” OR “industrial ecosystem” e cada um dos

		casos “Ulsan,” “Kalundborg,” and “Kwinana” nos títulos, resumos e palavras-chave.
(iii) Selecionar e acessar a literatura	Nesta fase, os artigos são selecionados e os documentos duplicados são eliminados.	Após o descarte das duplicatas, o número total de artigos para cada caso foi: Kalundborg, 55; Ulsan, 24; e Kwinana, 17.
(iv) Avaliar a qualidade da literatura incluída na revisão	Cada resumo, título e palavras-chave de cada artigo são avaliados de acordo com critérios de qualidade.	Após avaliação dos resumos, títulos e palavras-chave quanto a relevância, alinhamento e qualidade, foram mantidos 96 artigos.
(v) Analisar, sintetizar e expor os achados	Após a seleção final, os artigos são analisados na íntegra. Métodos estatísticos podem ser usados para relatar os resultados.	Por fim, todos os artigos foram analisados na íntegra. A partir disso, os resultados foram sintetizados e apresentados de acordo com as categorias da estrutura do IAD.

Para compreender esse processo optou-se por utilizar a estrutura IAD como ferramenta de diagnóstico e análise dos dados. De acordo com Hess e Ostrom (2007), a IAD pode ser usada para investigar qualquer assunto amplo onde pessoas repetidamente interagem dentro de regras e normas que guiam suas escolhas de estratégias e comportamentos.

A IAD atribui categorias a todos os fatores explicativos e variáveis relevantes de uma situação e as localiza dentro de uma estrutura fundamental de relacionamentos lógicos, conforme Figura 2 (McGinnis, 2011). Optou-se por utilizar apenas as categorias de análise situação de ação e os fatores contextuais, pois não fez parte do escopo do estudo avaliar os resultados obtidos com a SI.

Figura 2: Componentes básicos da estrutura IAD



Fonte: Ostrom (2011).

A situação de ação é uma abstração do ambiente decisório em que um conjunto de atores interage tomando decisões que determinam os resultados. As condições biofísicas dizem respeito aos recursos físicos e humanos, como localização, abundância dos recursos e tecnologia. O componente regras em uso consiste no arcabouço existente de leis, regulamentos, regras, normas e entendimentos relevantes. Por fim, os atributos da comunidade abrangem todos os aspectos do contexto social e cultural, como estrutura de governança, valores, confiança (Cole et al., 2019; McGinnis, 2011; Ostrom, 2011).

2.4. Resultados

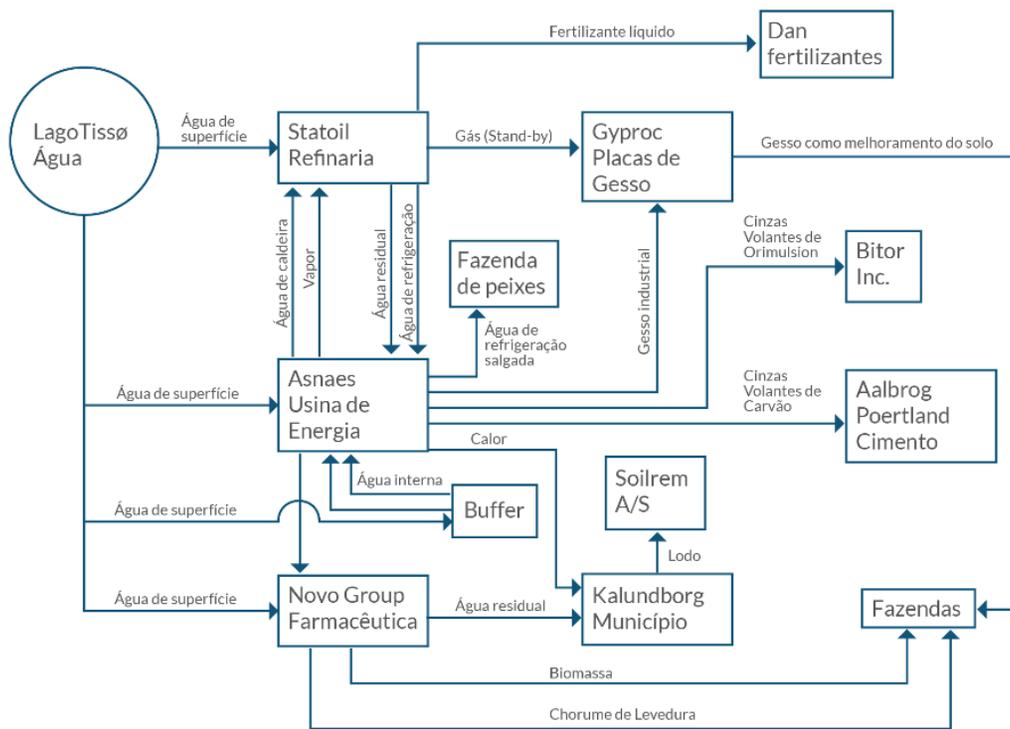
2.4.1. Distrito Industrial de Kalundborg/Dinamarca

2.4.1.1. Situação de Ação

O distrito industrial de Kalundborg foi inicialmente composto por quatro indústrias: uma usina elétrica a base de carvão; uma refinaria de petróleo; uma fábrica de placas de gesso; uma indústria de biotecnologia e o município de Kalundborg que controlava a distribuição de água, eletricidade e aquecimento urbano da cidade (Grann, 1997). A maioria das interações entre as empresas envolvia o fluxo de vapor e gás residual purificado (Bailey et al., 1999).

Com o passar do tempo, as trocas simbióticas foram intensificando-se e novas empresas passaram a fazer parte do ecossistema industrial da região. A rede passou a contar com a seguinte composição: uma central elétrica, duas grandes empresas químicas, um fabricante de placas de gesso, uma empresa de remediação de solos de uma refinaria e o município de Kalundborg, que atua como fornecedor/demandante de materiais e fluxos de energia e serviços públicos (Figura 3). Existem também alguns outros atores periféricos, incluindo agricultores da região, uma fábrica de pesca e algumas empresas de reciclagem de materiais que atuam como receptoras de alguns fluxos de materiais (Domenech & Davies, 2011; Jacobsen & Anderberg, 2005).

Figura 3: Trocas simbióticas do ecossistema industrial de Kalundborg



Fonte: Jacobsen e Anderberg (2005).

Na rede de trocas simbióticas de Kalundborg, há quatro tipos de transações ou interações: i) troca de fluxos de resíduos materiais; ii) troca e uso em cascata de água; iii) uso em cascata de energia e iv) troca de conhecimentos. Enquanto os três primeiros tipos de

conteúdo denotam um componente tangível, a troca de conhecimento refere-se a uma troca intangível de *know-how*, potencialmente levando à inovação (Domenech & Davies, 2011).

2.4.1.2. Condições Biofísicas

A região de Kalundborg era cercada por áreas agrícolas e isolada dos grandes centros urbanos. Em 1959, as primeiras operações industriais tiveram início em Kalundborg. A partir de então, novas empresas foram se juntando ao parque industrial. Devido ao pequeno tamanho da rede de empresas, as instalações industriais estavam mais próximas, o que contribuiu para: evitar grandes custos de transportes; reduzir os custos de transação associados às trocas e favorecer a construção de confiança e compromisso entre os membros (Domenech & Davies, 2011; Ehrenfeld & Gertler, 1997; Lowe, 2001).

A produção anual de resíduos na década de 70 já figurava como uma preocupação na Dinamarca. Na cidade de Kalundborg, situada a 112 km da cidade de Copenhague, com uma população de aproximadamente vinte mil habitantes, iniciativas foram desenvolvidas a fim de lidar com essa questão. Por parte das empresas, havia um interesse em gerenciar os resíduos de uma forma ambientalmente correta e aceitável por meio do seu reaproveitamento (Jensen, 1977).

Uma variável fundamental para o surgimento das interações entre as empresas foi o grande déficit hídrico da região. A escassez de água doce possibilitou o surgimento de novas práticas relacionadas ao uso/reuso da água e vapor. As indústrias locais, à medida que foram expandindo em tamanho e consumo, viram o abastecimento de água subterrânea diminuir gradualmente. Houve uma crescente pressão por parte dos atores envolvidos em melhorar o desempenho ambiental dos negócios. Em função disso, iniciativas, fruto de parcerias público/privadas, foram pensadas a fim de mitigar essa problemática. As principais estratégias foram: substituição do uso das águas subterrâneas pelas águas superficiais nas indústrias que mais consomem água; otimização do uso interno da água; melhoria da qualidade da água potável proveniente das águas superficiais e importação de águas subterrâneas de regiões

adjacentes a Kalundborg. Esse sistema diversificado de abastecimento de água na região foi possível devido ao estabelecimento de relações de cooperação entre as várias indústrias consumidoras de água e o município (Chertow, 2007; Ehrenfeld & Gertler, 1997; Jacobsen, 2007; Noel Brings Jacobsen, 2006).

A diversidade das indústrias da região também figura como uma característica importante para o surgimento da SI. As principais empresas de Kalundborg são de setores diferentes. A pluralidade de entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) dos processos produtivos se apresenta como uma oportunidade para desenvolver relações simbióticas, além de promover estabilidade e resiliência para o sistema (Chertow, 2007; Desrochers, 2001; Lowe, 2001).

2.4.1.3. Atributos da Comunidade

Ao analisar quais os atributos da comunidade que influenciaram no desenvolvimento das trocas entre as empresas, percebe-se que os relacionamentos pessoais mais próximos, bem como o compartilhamento de valores e a compreensão do contexto local foram condições relevantes para esse processo (Ehrenfeld & Gertler, 1997; Lowe, 2001).

Os acordos bilaterais tinham como principal motivação os ganhos econômicos e são apontados como a base para o desenvolvimento inicial da SI em Kalundborg (Branson, 2016; Olesen, 1999). Entretanto, os aspectos sociais relacionados à composição da comunidade como a mesma faixa etária dos gerentes das empresas e dos seus filhos os levaram a frequentar os mesmos ambientes de socialização, como escolas, clubes e igrejas. As interações sociais nesses ambientes promoveram também as colaborações entre as empresas. A existência de uma identidade compartilhada é considerada como um fator importante para o sucesso da SI de Kalundborg (Lowe, 2001; Valentine, 2016). Embora parte da literatura sobre Kalundborg não faça menção à figura do *champion*, em estudo mais recente, Branson (2011) afirma que os gerentes seniores das indústrias participantes desempenhavam o papel de *champion* ao estabelecerem diversas relações durante as atividades comerciais.

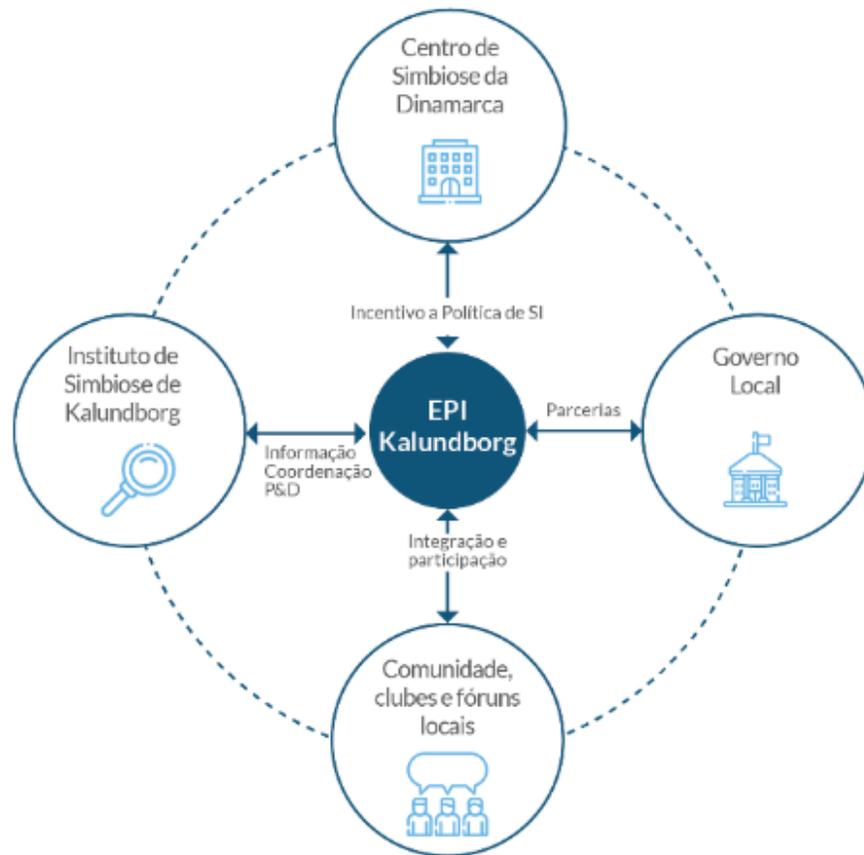
A comunicação e o compartilhamento de informações entre os funcionários das organizações extrapolavam os limites organizacionais. Reuniões entre a alta administração das empresas eram frequentes para discutir estratégias e projetos a serem implementados. Essa interação não ocorria necessariamente no âmbito organizacional, uma vez que os executivos eram membros dos mesmos clubes e fóruns informais locais. Havia também esse tipo de interface mais informal no nível da gerência intermediária. Os gerentes desse nível hierárquico participavam de um clube comunitário local de Desenvolvimento Sustentável (DS). Dessa familiaridade surgiram ideias de projetos de sinergia entre as indústrias. Essa visão mais integrada dos processos promoveu um senso de consciência coletiva na comunidade (Jacobsen, 2007; Lowe, 2001).

Essa integração entre os gestores e a percepção a respeito das oportunidades de colaboração entre as indústrias foi chamada por um dos executivos da Novo Nordisk de “*close mental distance*”. Atividades como treinamento entre as empresas também contribuíram para intensificar essa integração. Ao desenvolverem projetos juntos em questões relacionadas a troca de matérias e energia, ao compartilharem seus problemas, uma atmosfera de confiança foi sendo estabelecida na comunidade (Ashton & Bain, 2012; Chertow & Ashton, 2009; Desrochers, 2001; Ehrenfeld & Gertler, 1997).

Devido a essa inclusão de novos membros e evolução das relações simbióticas, mudanças tecnológicas e regulatórias foram necessárias. Com o intuito de manter essa dinâmica colaborativa e facilitar a integração de novos entrantes, em 1996, foi fundado o Centro de Simbiose de Kalundborg. A principal função do Centro consiste em coletar dados referentes a SI e disseminar as informações sobre os projetos. Além de atuar como coordenador dos estudos e incentivar a cooperação entre indústrias, o Centro também recebe acadêmicos e profissionais que queiram aprender com a experiência dinamarquesa (Jacobsen & Anderberg, 2005; Nooij, 2014; Valentine, 2016; Zaoual & Lecocq, 2018). Ainda nesse esforço de incentivar a SI em escala mais ampla, em 2015, foi criado o Centro de Simbiose

Dinamarquês. O trabalho do Centro vai para além das grandes empresas, eles avaliam o potencial reprimido de SI em pequenas e médias empresas (*Symbiosis Center Denmark*, n.d.). Na Figura 4 estão representados os principais atores e suas funções na estrutura de governança de Kalundborg.

Figura 4. Estrutura de Governança de Kalundborg



2.4.1.4. Regras em uso

A mudança no comportamento das indústrias de Kalundborg teve forte influência do quadro regulatório dinamarquês. A regulamentação governamental restringiu o despejo de certos materiais, como lama no fiorde e o dióxido de enxofre no ar; proibiu também certas práticas, como descarregar a “poluição térmica” da água quente no fiorde e; obrigou algumas

indústrias a adotar medidas, como o programa de aquecimento urbano da cidade, mas forneceu subsídios para alguns dos custos (Ehrenfeld & Gertler, 1997; Lowe, 2001).

Embora houvesse essa intervenção por parte do governo por meio dos instrumentos de comando e controle, o sistema regulatório dinamarquês preconizava uma abordagem voluntária e mais proativa das empresas. As empresas normalmente enviam seus planos de ação ao governo com o detalhamento das iniciativas referente à redução do seu impacto ambiental. Esse ambiente de diálogo, consultivo e de colaboração entre governo e indústria fez com que as empresas se empenhassem em encontrar maneiras criativas de incorporar processos mais eficientes e atender aos critérios de desempenho estipulados pelo governo. Muitos dos arranjos criativos só foram possíveis porque havia flexibilidade quanto às formas de atingir as metas (Branson, 2011; Desrochers, 2001; Ehrenfeld & Gertler, 1997; Lowe, 2001). A legislação, ao estabelecer padrões de desempenho em detrimento aos padrões de tecnologia, permitiu que as empresas escolhessem tecnologias que tornassem seus fluxos de resíduos proveitosos como matéria-prima em outros processos (Desrochers, 2001).

2.4.2. Distrito Industrial de Ulsan, Coreia do Sul

2.4.2.1. Situação de Ação

O complexo industrial de Ulsan, originalmente organizado como um distrito industrial convencional, fazia parte de um plano do governo coreano para incentivar o desenvolvimento da indústria pesada. Esse plano visava aumentar a população de Ulsan para meio milhão de pessoas e estabelecer a cidade como um centro regional de indústria e cultura. Havia forte presença de indústrias petroquímicas, de metais não-ferrosos, construção naval e automóveis (Park, 2008).

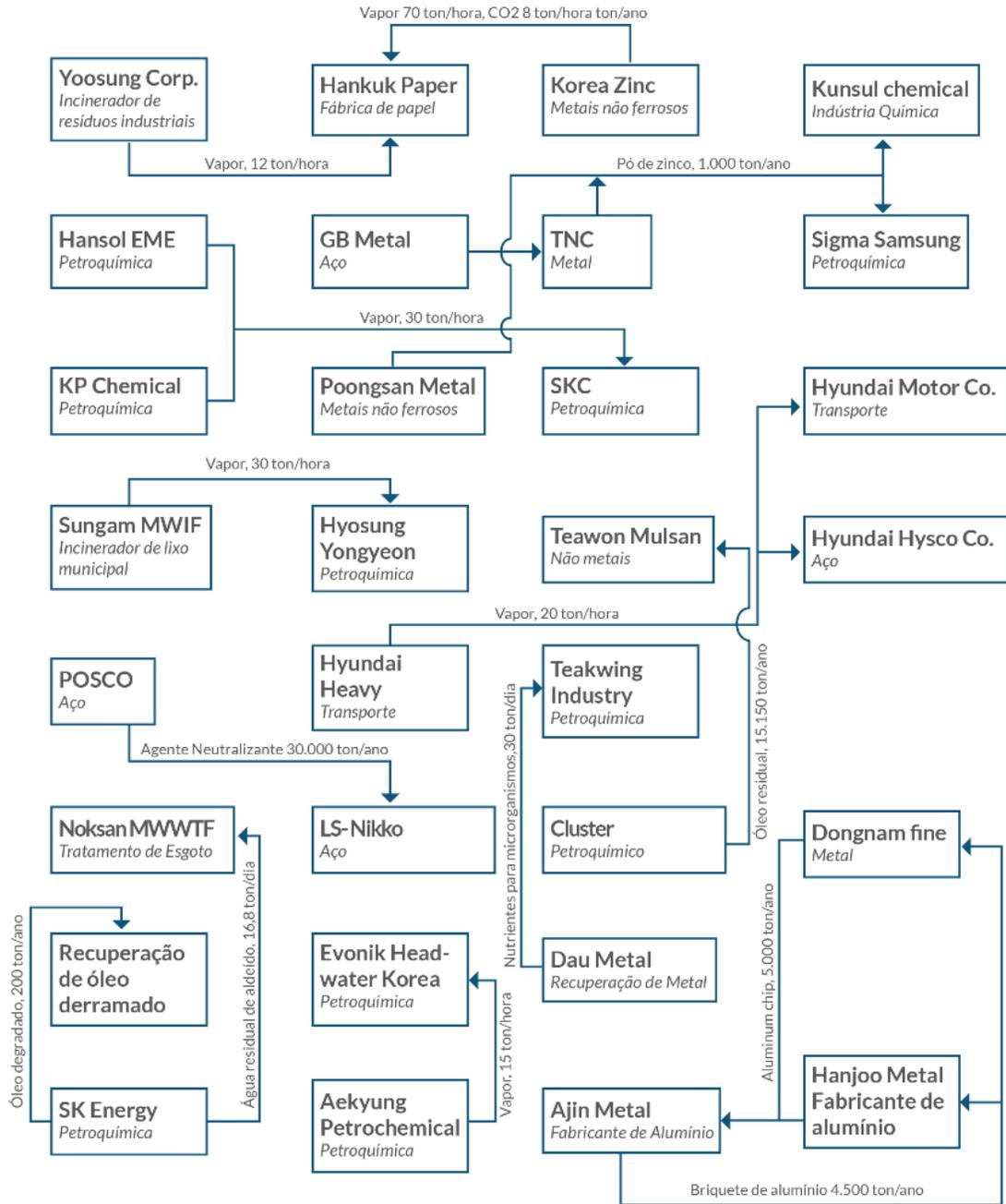
Registros da década de 90 apontam para o surgimento espontâneo de relações simbióticas em função da regulamentação ambiental e dos benefícios econômicos. Indústrias parceiras desenvolveram uma série de trocas bilaterais envolvendo energia, gás, resíduos e água. Sistemas coletivos utilitários para o gerenciamento das necessidades de eletricidade,

água e vapor foram criados pelas próprias empresas para atender a demanda local, ou seja, a transição de complexo industrial convencional para um ecossistema industrial evoluiu a partir de acordos bilaterais que buscavam benefícios ambientais e econômicos em cada uma dessas relações (Park, 2008; Park et al., 2008; Park & Won, 2007).

A estrutura da situação de ação de Ulsan foi inicialmente composta por seis atores: Koentec Ltd. - Empresa de tratamento e disposição de resíduos industriais; SK Corp. - Indústria petroquímica; SK Chemicals Corp. - Líder no desenvolvimento de resina de alto desempenho; LG-Nikko Corp. - líder na indústria de fundição de cobre; Koreazinc Corp - fabricante de metais não ferrosos; e a cidade metropolitana de Ulsan responsável por operar as estações municipais de tratamento de águas residuais (Park et al., 2004).

Com o passar do tempo, o número de sinergias foi aumentando. Behera et al. (2012) apontavam para 13 relações simbióticas (Figura 5) em Ulsan envolvendo 41 empresas. Na rede há boa diversidade de interações; seis delas com trocas de vapor, enquanto o restante trata-se de trocas de subprodutos.

Figura 5: Trocas simbióticas do ecossistema industrial de Ulsan



Fonte: Behera et al. (2012).

2.4.2.2. Condições Biofísicas

Até cerca de 1960, Ulsan era uma pequena vila pesqueira e agrícola localizada a cerca de 389,5 km do extremo sudeste da capital Seul. A região contava com cerca de 85 mil habitantes, concentrados em pequenas aldeias. Em 1962, Ulsan teve seu status de cidade concedido pelo governo como parte de um plano nacional de desenvolvimento econômico. Nos anos seguintes, a cidade tornou-se a capital industrial da Coreia do Sul, com grande diversidade de indústrias (Park, 2008; *The World Bank Group*, 2017).

Essa transição econômica radical da Coreia do Sul iniciada em 1960 teve como pilar estruturante os complexos industriais para promover o desenvolvimento de setores prioritários (Kim, 2017). O crescimento da região de Ulsan concentrou-se nas melhorias no desempenho econômico e no estabelecimento de grandes indústrias pesadas como era a tendência da época. Como resultado dessa expansão, a taxa de geração de poluentes como dióxido de enxofre e dióxido de nitrogênio era considerada alarmante. Além da poluição do ar, grandes quantidades de efluentes eram despejados na água dos rios (Park, 2008; Park et al., 2008). Relatos de alunos e professores das escolas situadas próximas ao complexo industrial sobre mal estar, dores de cabeça, vômitos, demonstravam a pouca atenção dada à questão da poluição por parte do governo e das indústrias. Muitas escolas fecharam ou mudaram sua localidade em função dos impactos negativos na saúde dos alunos (Han, 2015; Park, 2008).

Danos à colheita, mal estar na população e poluição dos rios foram alguns dos efeitos negativos do processo de industrialização da região. Muitas empresas tiveram que compensar financeiramente os impactados pela poluição. Frente a esse contexto, as zonas industriais e o governo viram aumentar as críticas e a pressão popular sobre os impactos das atividades industriais no meio ambiente e na saúde humana (Kim, 2017; Lee, 1991; Moon, 2009).

Na década de 90, a fim de dirimir essas questões, o governo impôs regulamentações ambientais rigorosas. De modo que as indústrias tiveram que se adaptar à nova legislação investindo em equipamentos de prevenção da poluição, estabelecendo um sistema para

produção mais limpa e desenvolvendo planos de gerenciamento ambiental baseados na ISO 14001 (Park, 2008; Park et al., 2004).

Outro fator também a ser considerado no contexto sul coreano da época diz respeito à forte dependência de recursos estrangeiros. Park (2014) relata que a Coréia do Sul importava grande parte da sua energia, dos insumos petroquímicos e commodities industriais. Era o sétimo maior consumidor de petróleo e o quinto maior importador de petróleo líquido do mundo, ou seja, a economia coreana dependia dos mercados globais de recursos e da flutuação dos preços que pode ser impactado por diversos fatores, como desastres naturais e conflitos regionais. Portanto, as trocas simbióticas entre as indústrias reduziram essa dependência externa dos recursos.

2.4.2.3. Atributos da comunidade

A cooperação já vinha se desenvolvendo no parque industrial de Ulsan baseada nas trocas entre algumas indústrias em meados dos anos 90. As parcerias estabelecidas por meio de trocas bilaterais envolvendo energia, gás, resíduos e água sugerem uma primeira aproximação das indústrias no sentido de colaboração e cooperação. Com o estabelecimento da nova política coreana com o foco no ecodesenvolvimento industrial, o envolvimento e a cooperação das organizações foram considerados fatores vitais para alcançar os objetivos do DS (Park & Won, 2007).

A criação de uma estrutura de governança para facilitar o processo de transição dos complexos industriais convencionais para os EPIs foi fundamental para promover a familiaridade social a uma cultura comum já existente e a confiança entre as partes interessadas. Esses laços construídos ajudaram a minimizar as incertezas e os riscos (Behera et al., 2012; Park & Behera, 2015).

Nos dois primeiros anos, o projeto não obteve os êxitos esperados principalmente porque ignorava as necessidades e os interesses das empresas. Devido à baixa participação

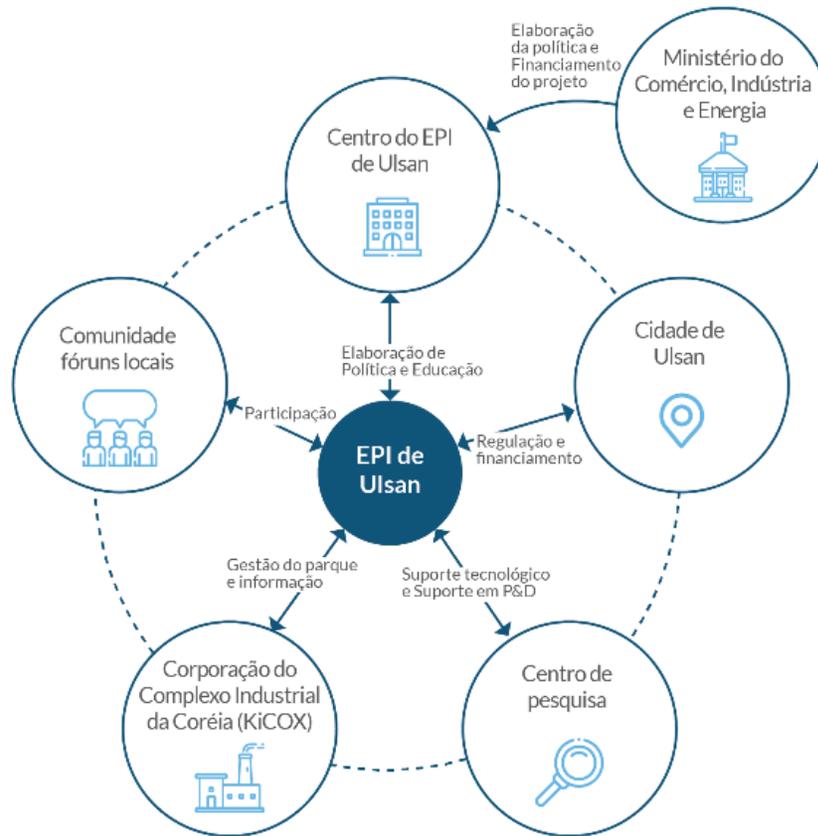
dos empresários foi necessário um realinhamento estratégico para estimular uma integração mais proativa dos atores empresariais (Kim, 2017; Park & Won, 2007; Park et al., 2015).

Visando o maior engajamento dos atores, o governo estabeleceu os centros regionais de EPI que são responsáveis por mobilizar todos os atores envolvidos no processo de transição. Atores empresariais, universidades, institutos de pesquisa e governos locais participam de fóruns com o intuito de promover a comunicação, o compartilhamento de informações e a cooperação (Park et al., 2015).

As principais partes interessadas (Figura 6) no projeto de Ulsan eram: o centro do EPI de Ulsan, o governo da cidade metropolitana de Ulsan, centros de pesquisa e desenvolvimento, e a Corporação do Complexo Industrial da Coréia (KICOX). Além disso, ONGs locais e regionais mostraram interesse em participar das atividades de desenvolvimento do projeto (Behera et al., 2012; Park et al., 2008).

Vinculada à estrutura dos centros regionais está a figura do *champion*, membro da academia ou gestor de alguma das empresas que tenha demonstrado possuir conhecimento da comunidade local e da cultura existente. Essas relações mais estreitas entre os atores são fundamentais para promover conexões sociais e desenvolver a confiança nas redes de desenvolvimento do EPI (Kim, 2017; Susur et al., 2019).

Figura 6: Estrutura de governança de Ulsan



Fonte: Behera et al. (2012).

2.4.2.4. Regras em uso

No início da expansão do complexo industrial convencional de Ulsan, pouca ênfase foi dada ao meio ambiente. O desenvolvimento da indústria pesada e das plantas petroquímicas criou péssimas condições ambientais. Altas taxas de emissões de gases do efeito estufa, grandes quantidades de poluentes sendo despejados nos rios levaram a cidade de Ulsan a ser conhecida como a cidade mais poluída do país. A partir de então, a legislação tornou-se mais rígida a respeito das emissões e segurança ambiental da região. O tratamento dos resíduos tornou-se o grande desafio para as empresas (Kim, 2017; Mat et al., 2016; Park, 2008).

Em nível nacional, avanços relacionados às questões ambientais foram realizados pelo governo sul-coreano. Entretanto, a mudança substancial ocorreu após a Conferência das

Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, em 1992. Uma nova legislação redefiniu os fundamentos da política industrial ambiental. Sua construção foi rapidamente sendo desenvolvida com a participação dos cidadãos e o compromisso do governo local. Muitos governos locais atuaram ativamente no estabelecimento da Agenda 21. A política ambiental passou de reativa e passiva para proativa e cooperativa (Moon, 2009; Park et al., 2008; Park & Behera, 2015).

Em 1995, o Ministério do Comércio, Indústria e Energia promulgou uma lei para promover a estrutura industrial ecológica. A partir disso, dentre as iniciativas previstas estava a transferência e disseminação de práticas de produção mais limpa por meio da transferência de tecnologia, promoção da indústria ambiental e estímulo a um sistema de gestão ambiental baseado na ISO 14001 (Park et al., 2004; Park & Behera, 2015).

Nesse contexto de mudanças em nível regulatório e institucional, o Programa Nacional dos EPI emergiu como uma alternativa ao modelo de parques industriais convencionais. O Centro Nacional de Produção Mais Limpa da Coreia (KNCPC), junto ao Instituto de Tecnologia Industrial da Coreia (KITECH), são os principais atores nacionais na implementação das diferentes fases e na supervisão estratégica do programa. O governo coreano forneceu incentivos econômicos para pesquisas, estudos de viabilidade de modo a atrair investimentos privados para o programa e incentivar a participação das empresas (Park et al., 2008; Park et al., 2015).

Em nível local, a partir de 2004, o município de Ulsan deu início ao programa Ulsan EcoPolis que tinha como princípio a coexistência harmoniosa de indústrias, meio ambiente e seres humanos. O apoio do governo local ao DS forneceu as condições para a transição industrial. Em 2005, o complexo industrial de Ulsan foi escolhido com um dos projetos piloto do programa nacional dos EPIs (Park & Won, 2007).

2.4.3. Distrito Industrial de Kwinana, Austrália

2.4.3.1. Situação de ação

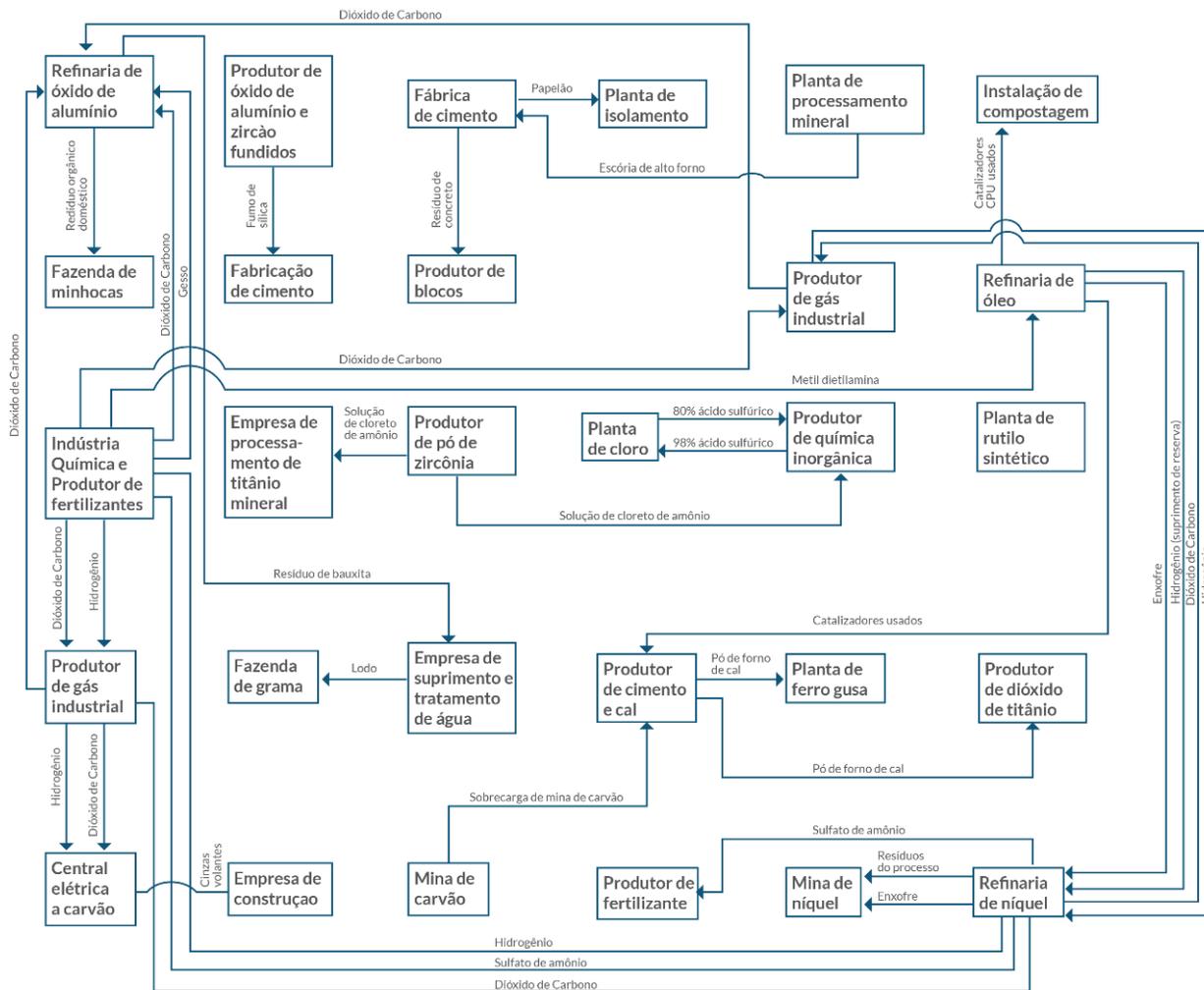
O parque industrial de Kwinana (KIA) inclui uma ampla gama de indústrias, desde instalações de fabricação e construção até plantas químicas e de biotecnologia de alta tecnologia e grandes indústrias de processamento de recursos, como pigmento de dióxido de titânio, produção de ferro gusa e cimento e refino de alumina, níquel e óleo. Essas indústrias são consideravelmente integradas e conectadas umas às outras. Várias empresas produzem matérias-primas essenciais para os processos de fabricação e refino de outras empresas próximas (MacLachlan, 2013; van Beers et al., 2008).

O KIA possui uma gama diversificada de processamento mineral e outras indústrias pesadas que incluem: refinaria de alumina (Alcoa), refinaria de níquel de Kwinana, planta de pigmento de dióxido de titânio (Tiwest), fornos de cal e cimento (Cockburn Cement), refinaria de petróleo (BP) e usina de ferro-gusa (Hismelt). Essas são complementadas com uma variedade de produtores do ramo químico, incluindo CSBP (amônia, nitrato de amônia, cianeto, cloro alcalino e fertilizantes), Coogee Chemicals (produtos químicos inorgânicos), Nufarm (herbicidas e outros produtos agrícolas), Nufarm Coogee (cloro alcalino), Bayer (produtos químicos agrícolas), Chemeq (produtos veterinários), Ciba (produtos químicos) e Nalco (tratamento de água). Além disso, existem importantes operações de utilidade pública, incluindo duas centrais elétricas, duas usinas de cogeração, duas plantas de separação de ar, um terminal de manuseio e exportação de grãos, administração do porto e estação de tratamento de água e esgoto (Corder et al., 2014; van Beers, 2009).

As sinergias existentes se desenvolveram historicamente em resposta a oportunidades de negócios percebidas e a considerações de eficiência ambiental e de recursos. Contudo, percebeu-se também que os benefícios não eram apenas comerciais, eram estratégicos, pois as sinergias levavam a uma menor exposição ao risco e, muitas vezes, a uma melhora na reputação das organizações (van Beers et al., 2008).

A partir da década de 90, o número de interações aumentou consideravelmente. Em inventário realizado em 2005, 47 projetos de sinergia estavam em funcionamento, sendo 32 referentes a trocas de fluxos de resíduos materiais, conforme Figura 7 e 15 trocas relacionadas a energia e água (Harris, 2007; van Beers et al., 2007).

Figura 7: Trocas simbióticas do ecossistema industrial de Kwinana



Fonte: van Beers et al. (2007).

2.4.3.2. Condições biofísicas

O KIA está localizado na Austrália Ocidental, a 40km ao sul da capital Perth, às margens da baía de *Cockburn Sound*, um ambiente marinho sensível que possui um porto de

águas profundas. O parque foi estabelecido na década de 50, após uma lei do parlamento australiano que garantiu uma área de aproximadamente 120 km² para acomodar o desenvolvimento das principais indústrias de processamento de recursos na Austrália Ocidental, o que desencadeou o surgimento do primeiro grande complexo industrial da região (Rosano & Schianetz, 2014; van Beers, 2008, 2009).

Em função da grande concentração de indústrias na região, a questão da qualidade do ar, devido ao aumento nos níveis da poluição, tornou-se uma pauta de discussão entre a comunidade e as indústrias. Aliada a isso, a localização do parque às margens de um ambiente marinho sensível e próxima à área urbana aumentou a pressão da comunidade em relação ao desempenho e segurança ambiental das operações industriais (Kurup & Stehlik, 2009; Rayner, 1992; van Beers, 2008; van Beers et al., 2007; Verstegen, 2003).

A escassez de recursos foi um fator importante para desencadear interações entre as indústrias do KIA. Devido ao declínio dos níveis de água subterrânea e água armazenada nas barragens, a água doce já se apresentava como um recurso escasso para as décadas seguintes. Com isso, o custo da água provavelmente aumentaria ao longo do tempo. Sendo assim, várias sinergias foram concretizadas devido a preocupações com o acesso contínuo a esse recurso vital para diversos negócios. Uma planta de recuperação de água foi construída para acomodar essa demanda (van Beers, 2009; van Beers et al., 2008).

Um outro componente que facilitou a adoção de novas práticas pelas indústrias do KIA diz respeito à obsolescência técnica dos equipamentos existentes. À medida que o maquinário envelhecia e precisava ser trocado, as empresas enxergavam novas tecnologias como uma opção viável economicamente (van Beers et al., 2007). O distanciamento geográfico de outros parques industriais; a diversificação das indústrias de processamento e manufatura que produziam, principalmente para mercados internacionais com pouca competição local entre as indústrias da área; e a grande quantidade de resíduos na cadeia da mineração também contribuíram para a evolução do parque industrial em direção a SI (Bossilkov et al., 2005).

2.4.3.3. Atributos da comunidade

O processo produtivo da indústria pesada e de processamento mineral possui uma integração considerável da sua cadeia de suprimentos. Várias empresas produzem matérias-primas essenciais para os processos de fabricação e refino desse tipo de indústria. No KIA, essas relações extrapolaram a simples integração da cadeia de suprimentos e avançaram para relações simbióticas (van Beers, 2009).

As primeiras trocas simbióticas no parque ocorreram no final dos anos 80 por meio de trocas bilaterais. Entretanto, nessa época, não havia nenhuma organização formal das indústrias de Kwinana que pudesse sistematizar essas trocas, disseminar informações, ou promover essas relações. Com o passar do tempo, as demandas relacionadas à qualidade do ar e ao monitoramento da água se intensificaram não só por parte das indústrias, como também por pressão da comunidade e do governo local. De modo a atender a essas demandas, em 1991, o Conselho das Indústrias de Kwinana (Kwinana Industrial Council/KIC) foi criado. Seu objetivo imediato era organizar coletivamente essas questões da água e do ar. Com essa organização estabelecida, a comunicação formal e informal entre os membros foi facilitada (Giurco et al., 2011; van Beers et al., 2008).

A consolidação do KIC como entidade representativa e deliberativa possibilitou a apreciação e o desenvolvimento de novas iniciativas. O seu escopo de atuação foi ampliado de modo a atender às novas exigências. O KIC estabeleceu uma comunicação mais ampla e efetiva por meio de comitês com reuniões mensais ou bimensais. Essa estratégia de comunicação incluía, além das empresas participantes, outros atores envolvidos direta ou indiretamente com o parque. A construção e o fortalecimento das relações são componentes fundamentais para a SI. Isso gera um maior nível de cooperação e confiança na comunidade e, conseqüentemente, contribui para desenvolvimento de novas oportunidades de sinergia e outras iniciativas conjuntas (van Beers, 2009; Verstegen, 2003).

Van Beers et al. (2007) acrescentam que a mobilidade do corpo técnico entre as operações industriais também contribuiu para a realização das trocas simbióticas. A mobilidade acontecia de duas maneiras. Entre setores semelhantes, ela dava-se por meio do compartilhamento de informações de indústrias do mesmo setor localizadas em parques industriais distintos. Essa troca de conhecimento permitia a melhoria da eficiência e do desempenho das operações. Já a mobilidade entre diferentes indústrias, possibilitou ao corpo técnico de diferentes empresas uma maior compreensão das entradas e saídas de outros processos industriais o que contribuiu para a identificação das oportunidades de sinergia.

Esse esforço de colaboração e participação fez com que o número de trocas simbióticas e formação de vários grupos para tratar dos diversos problemas enfrentados pela indústria e pela comunidade aumentasse substancialmente. A disseminação das informações e a transparência também foram aprimoradas por meio de publicações no site do Conselho. Com isso, a participação dos membros e grupos da comunidade tornou-se mais recorrente. Esse engajamento coletivo demonstrava o compromisso de todos os atores em melhorar a sustentabilidade local por meio da coexistência pacífica da indústria, governo local e comunidade (Harris et al., 2008; Kurup, 2007; Verstegen, 2003).

A construção e consolidação da SI contou com o envolvimento de diversos atores (Figura 8), como: o Centro de Pesquisa Cooperativo para Processamento Sustentável de Recursos e as universidades australianas, que apoiam diversas pesquisas em Kwinana; o Grupo de Indústrias Sustentáveis da Austrália Ocidental, uma associação financiada pelo governo e pela indústria que defende a abordagem sustentável para as empresas; a Câmara de Comércio e Indústria da Austrália Ocidental; o KIC e o governo local (van Beers, 2009; Verstegen, 2003).

Figura 8: Estrutura de governança de Kwinana



Fonte: Adaptado de Verstegen (2003).

2.4.3.4. Regras em uso

Inicialmente, as condições que motivaram o surgimento das sinergias entre as indústrias de Kwinana eram primordialmente econômicas. Entretanto, em função da expectativa crescente da comunidade sobre a sustentabilidade e das preocupações quanto à disponibilidade de recursos, outras questões foram surgindo. Ao longo das décadas de 80 e 90, as empresas de mineração e processamento de minerais passaram de uma postura de adaptação resistente aos padrões ambientais para uma postura mais proativa em relação às conformidades ambientais (Rosano & Schianetz, 2014; van Beers et al., 2007).

A federação australiana é composta por seis governos estaduais, dois governos territoriais e um governo federal. Cada governo estadual e do território aprova a legislação

ambiental com relação à sua própria jurisdição. Portanto, o governo federal não tem jurisdição ambiental sobre os estados ou territórios (Branson, 2011).

Embora o governo australiano tivesse um posicionamento desalinhado aos objetivos do Desenvolvimento Sustentável, essa posição não foi endossada pelos governos estaduais australianos, em especial da Austrália Ocidental. A Estratégia de Sustentabilidade do Estado da Austrália Ocidental para o Futuro foi desenvolvida entre 2001 e 2003, compreendendo 42 temas de sustentabilidade que desencadearam mais de 336 estratégias e ações, incluindo o desenvolvimento de planos de ação de sustentabilidade para todas as agências governamentais (Higham & Verstegen, 2007; Kurup & Stehlik, 2009).

Apesar dos esforços do parque em implementar práticas mais sustentáveis por meio das sinergias, o apoio governamental em nível nacional ainda era incipiente em algumas políticas. Havia uma crença de que os subprodutos eram contaminados, portanto sem valor para o processo produtivo. A estrutura regulatória priorizava as indústrias de matérias-primas estabelecidas, em vez de permitir a reutilização de subprodutos em diferentes setores da indústria. Por outro lado, percebeu-se um desenvolvimento regulatório relacionado à eficiência energética e recuperação de energia frente aos desafios das mudanças climáticas (Harris, 2007; van Beers, 2009).

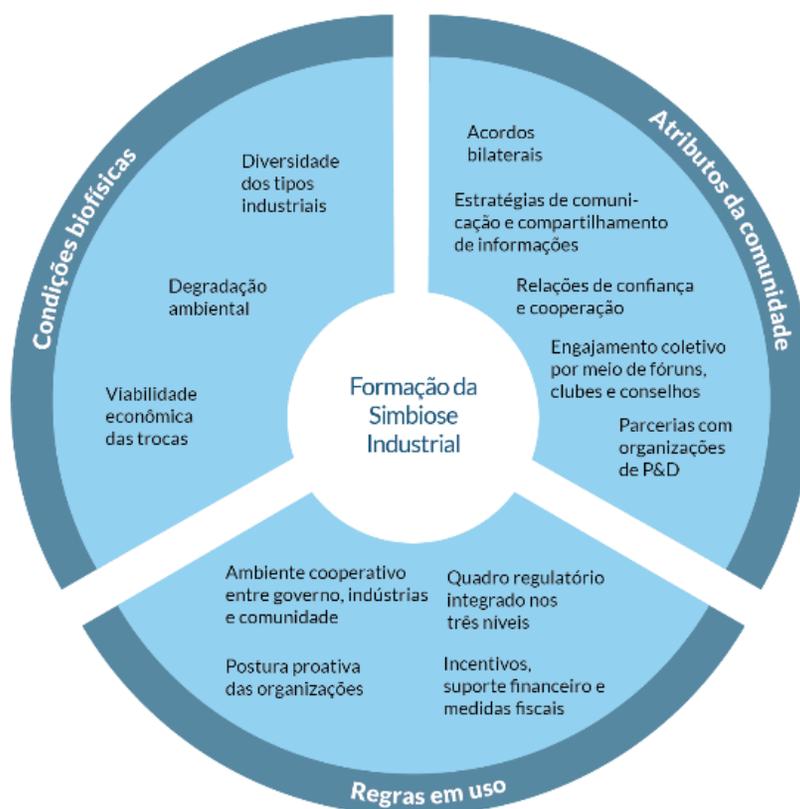
Em nível local, a regulamentação foi um fator importante no estabelecimento das relações entre as indústrias e a comunidade na região de Kwinana. As indústrias agiam cada vez mais de maneira proativa para resolver questões advindas da comunidade local, antecipando-se as exigências de uma possível regulamentação. O ambiente cooperativo estabelecido entre a indústria e a comunidade refletiram os avanços alcançados (Verstegen, 2003).

2.5. Discussão

Para compreender a complexidade da dinâmica de implementação da SI e como ela se estabeleceu nos três casos escolhidos foi necessário aprofundar e investigar o contexto em

que as organizações estavam inseridas. Esse estudo utilizou a ferramenta IAD para organizar e categorizar os dados a respeito dos fatores contextuais chave que ao interagirem moldaram o padrão de comportamento das organizações em direção à SI. Os resultados da análise comparada dos três casos mostram que embora não exista uma ordem clara e linear em que os atores desenvolvem as relações simbióticas, as decisões relacionadas a SI foram moldadas por um conjunto semelhante de variáveis. A partir das convergências encontradas nos três casos, um modelo teórico-analítico foi proposto (Figura 9).

Figura 9: Modelo teórico-analítico do processo de SI



O primeiro conjunto de elementos contextuais agrupados é o das condições biofísicas. Esses fatores reforçam a ideia de que a evolução no modo como as organizações é baseada na noção de que elas entrarão em quaisquer arranjos que minimizem os custos das transações (Williamson, 1979). Portanto, a própria formação do parque industrial já se apresenta como vantagem para as organizações participantes uma vez que ao se engajarem em um parque

industrial em que há diversidade dos tipos industriais as trocas simbióticas têm mais chances de ocorrer. Contudo, essas combinações só serão realizadas se houver viabilidade financeira das trocas, que pode ser pelo aumento da receita proveniente da venda dos subprodutos e pela redução dos custos ao optar por recursos secundários. Outras variáveis também fazem parte dessa categoria do IAD, como recursos disponíveis, infraestrutura, tecnologia (Cole et al., 2019). Especificamente para a implementação da SI, percebe-se que a questão da indisponibilidade de recursos e a degradação ambiental em consequência das atividades industriais apresentam-se como variáveis relevantes, uma vez que provocaram mudanças nas práticas e tecnologias adotadas. Ao implementar novas tecnologias e adotar novas práticas, como compartilhamento de serviços e otimização dos recursos locais a partir do uso em cascata de água e vapor, percebeu-se que houve maior segurança energética, aumento da eficiência dos processos, redução da dependência externa de recursos, redução dos custos e melhora na reputação das empresas.

No entanto, apenas as características biofísicas do sistema não são suficientes para explicar a implementação da SI. O segundo conjunto de elementos, regras em uso, que engloba as leis, regulamentos e normas, também se mostrou determinante para a mudança de comportamento das organizações. Assim como afirmam Jiao e Boons (2014), compreender como os mecanismos regulatórios e instrumentos políticos moldam as práticas locais de SI é fundamental. A partir dos casos analisados percebeu-se que o governo exerceu um papel decisivo na implementação da SI, seja por meio de subsídios, incentivos fiscais e outras medidas. Contudo, para que essas políticas sejam eficazes, os formuladores de políticas precisam de um entendimento bastante sofisticado dos processos em curso para que o estabelecimento de um quadro regulatório seja condizente com o desenvolvimento industrial sustentável (Gibbs et al., 2005). Essa interação só é possível quando há a construção de um ambiente cooperativo entre governo, indústrias e comunidade. Além dos casos apresentados, outro exemplo que demonstra a relevância do apoio governamental, pode ser extraído do

NISP. Desde que o governo cessou o seu financiamento, o programa vem enfrentando dificuldades em avançar, o que reforça a necessidade do suporte governamental para o êxito dessas iniciativas (Ceglia, 2015).

Os resultados da análise comparada também mostram que as políticas ambientais das décadas de 70 e 80 que eram basicamente voltadas para a regulação das atividades poluidoras foram sendo aprimoradas e novos instrumentos se popularizaram a partir dos anos 90. Os acordos baseados num entendimento entre as partes (agente regulador e empresa ou grupo empresarial), as certificações e os programas voluntários em que o governo define critérios de desempenho, ao invés da tecnologia adequada, criaram um ambiente cooperativo que persuadiu as empresas a mudar. Por fim, ficou evidente que as políticas devem ser integradas nos níveis nacional, regional e local. Esse aparato regulatório integrado foi fundamental para o sucesso das iniciativas de Kalundborg e Ulsan. Em Kwinana, essa integração ocorreu de forma regionalizada, devido às especificidades do contexto australiano.

Para compreender integralmente o processo de implementação da SI ainda resta o terceiro bloco de fatores, atributos da comunidade, que são os laços sociais e o contexto cultural em que os indivíduos interagem. Ancorados no conceito de *social embeddedness*, F. Boons e Howard-Grenville (2009) e Baas (2008) advogam que os sistemas industriais não se organizam automaticamente de modo a fechar seus ciclos, ou seja, toda decisão econômica está situada em um contexto de relações sociais. Portanto, as ações dos indivíduos e organizações que transacionam os fluxos de material e energia só podem ser compreendidas se levar em consideração o contexto social no qual eles operam.

Nesse sentido, a análise da categoria atributos da comunidade revela que a formação da SI se inicia a partir de acordos bilaterais. Os três casos estudados apresentaram acordos bilaterais de cogeração de energia, uso em cascata dos recursos e o compartilhamento de serviços como práticas recorrentes, com vantagens econômicas e ambientais locais. Essas relações bilaterais encontradas no *modus operandi* dos parques industriais funcionaram como

precursores da SI ao promoverem essa primeira interação entre os atores. Outra variável comum aos três casos que contribuiu para a construção dos laços sociais de confiança e cooperação foi o acesso e o compartilhamento da informação com os membros da comunidade seja por meio de clubes, conselhos ou fóruns. O aprendizado gerado e compartilhado pela comunidade contribuiu para a capacidade de transformação do sistema.

Em última análise, buscou-se verificar, a partir da comparação entre as estruturas de governança de cada caso, quais seriam os atores principais e o papel de cada um na implementação da SI. Nesse ponto em especial, é preciso destacar que a estrutura estabelecida em Ulsan diferencia-se das outras na medida em que há uma política a nível nacional que incentiva e promove a EI (Behera et al., 2012). Apesar disso, observou-se uma estrutura de governança comum aos três casos que inclui: o governo local, a comunidade, as empresas, instituições de P&D e uma entidade coordenadora ou a figura do *champion*. Essa estrutura se mostra fundamental para o estabelecimento e fortalecimento das relações, pois fomenta o engajamento coletivo, gera coesão e institucionaliza o processo de SI.

De modo análogo ao que foi proposto por Ostrom (1999) com os *Design Principles* da gestão de recursos comuns, esse estudo, a partir do quadro teórico-analítico apresentado, também introduz um conjunto de princípios observados no processo da SI, que são:

1. Os tipos industriais presentes na região devem ser heterogêneos;
2. As trocas de subprodutos devem ser viáveis do ponto de vista econômico;
3. As questões ambientais, como escassez hídrica e poluição impulsionam a adoção das práticas de SI;
4. As trocas iniciais acontecem a partir de acordos bilaterais de cogeração de energia, uso em cascata dos recursos e o compartilhamento de serviços;
5. O engajamento dos atores se dá por meio de fóruns, clubes, conselhos e associações;
6. As relações de confiança afetam o nível de cooperação entre as empresas;

7. As estratégias de comunicação e compartilhamento de informações reforçam as relações de confiança e cooperação;

8. O quadro regulatório deve ser condizente com as políticas de desenvolvimento industrial sustentável e integrado nos níveis nacional, regional e local;

9. Deve haver congruência entre as ações do governo e empresas de modo a criar um ambiente cooperativo;

10. A estrutura de governança ideal deve envolver o governo local, as empresas, as instituições de P&D e uma entidade coordenadora ou o *champion*.

Em suma, o referencial teórico e analítico aqui proposto cumpriu seu propósito de apoiar uma reflexão estruturada sobre o progresso da SI em Kalundborg, Ulsan e Kwinana. Todos os elementos relevantes foram elencados e analisados individualmente. Juntos, esses elementos podem ser traduzidos em políticas e ações que podem apoiar a transição do modelo atual de uma produção linear para uma circular. Nessa perspectiva, os resultados do estudo sugerem algumas implicações políticas e práticas que podem promover os projetos de SI.

Em primeiro lugar, o estudo indica que os formuladores de políticas devem desenvolver uma estrutura institucional para integrar princípios de sustentabilidade na formulação de políticas alinhadas com incentivos de mercado apropriados e instrumentos regulatórios em nível local e regional/global. Por exemplo, os formuladores de políticas devem fornecer incentivos fiscais para reduzir a quantidade de fluxos de resíduos, para recuperar mais valor deles e para encontrar meios alternativos para seu tratamento (Mirata, 2004). Eles devem priorizar a reutilização de subprodutos em vez de matérias-primas (van Beers et al., 2009) e desenvolver padrões de qualidade para reciclagem, abordagens de ciclo de vida para gestão de resíduos e eficiência de material e energia, e avaliações do desempenho ambiental dos produtos ao longo de todo o seu ciclo de vida (Watkins et al., 2013).

Em segundo lugar, os resultados demonstram a relevância das relações colaborativas entre empresas, governo e sociedade civil. O processo interativo descrito nos três casos

promoveu o aprendizado social e a inovação. Além disso, um maior envolvimento das partes interessadas pode reduzir o nível de incerteza e assimetria de informações. Portanto, investir em uma estrutura de governança participativa baseada na disseminação do conhecimento, participação pública e espaços de diálogo torna-se essencial para o sucesso das iniciativas de SI.

Em terceiro lugar, os achados fornecem evidências de que as empresas podem se beneficiar de medidas proativas, adotando padrões, melhorando a pegada ambiental de seus produtos, compartilhando infraestruturas e trocando subprodutos (Lehtoranta et al., 2011). Além dos benefícios ambientais, todas essas estratégias podem representar uma vantagem competitiva substancial para as empresas em uma era de intensa consciência ecológica em escala global.

2.6. Conclusões

Este estudo baseou-se em um estudo de múltiplos casos e em uma RSL para extrair a lista mais abrangente possível de todos os estudos publicados com base em critérios explícitos e rigorosos que abordaram o processo de SI nos três casos selecionados. Também empregamos a estrutura do IAD e suas categorias como uma ferramenta de diagnóstico e análise de dados para coletar informações sobre os aspectos contextuais do ambiente social, cultural, institucional e físico que fizeram parte do processo de implementação de SI nos casos de Kalundborg, Ulsan e Kwinana. Essa decomposição do processo de SI em diferentes dimensões, situações de ação, condições biofísicas, regras em uso e atributos da comunidade provou ser uma ferramenta adequada para orientar a análise do desenvolvimento de SI. Sua estrutura ajudou a desmembrar a complexidade dos fenômenos em conjuntos gerenciáveis de atividades práticas. Também é útil para comparações, pois contém um conjunto universal de blocos de construção.

O escopo do estudo foi limitado a uma análise parcial da estrutura do IAD, uma vez que se aprofundou apenas nas variáveis contextuais e situações de ação. Não foram identificados

os elementos adicionais da estrutura do IAD, como interações, resultados e critérios de avaliação e feedback. Assim, recomendamos a aplicação completa do framework em estudos futuros. Além das análises documentais, outras investigações devem conduzir entrevistas com as principais partes interessadas, a fim de compreender sua percepção do processo de SI.

Embora tenhamos encontrado diferenças entre os casos, a decisão sobre quais práticas adotar foi baseada em elementos semelhantes, resultando na estrutura proposta. Os elementos fundamentais incluíram a diversidade de indústrias; a viabilidade econômica das trocas; questões ambientais críticas como motivadores de práticas mais sustentáveis; acordos bilaterais como precursores do SI; engajamento coletivo por meio de fóruns, clubes, conselhos e associações; confiança para estabelecer relações de cooperação; estratégias de comunicação e compartilhamento de informações; uma estrutura regulatória alinhada nos níveis nacional, regional e local; congruência entre as ações do governo e da empresa para criar um ambiente cooperativo; e uma estrutura de governança que envolve o governo local, empresas, instituições de P&D e uma entidade coordenadora ou o campeão.

Embora esses elementos tenham suporte empírico, é importante observar que eles não precisam necessariamente estar presentes para que ocorra o SI. De acordo com os resultados deste estudo, podemos assumir que à medida que cada princípio é atendido, aumentam as chances de sucesso no processo de implantação de SI.

Portanto, esse referencial teórico e analítico baseado nas semelhanças observadas nos três casos pode servir de base para a análise de outras iniciativas. Também pode servir como referência para análises diagnósticas de aspectos de melhoria dos processos de SI já em andamento. Além disso, em análises prescritivas destinadas a avaliar o potencial de implementação de SI em um determinado contexto, essa estrutura pode ser útil para os formuladores de políticas e profissionais identificarem os elementos críticos que precisam melhorar.

3. UMA ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DAS ORGANIZAÇÕES EM DIREÇÃO A SIMBIOSE INDUSTRIAL A PARTIR DO PROJETO-PILOTO DE ECONOMIA CIRCULAR DE SETE LAGOAS

RESUMO

O objetivo deste artigo é analisar o comportamento das organizações no processo de implementação da SI no Projeto Piloto de EC do distrito industrial de Sete Lagoas a partir da percepção dos atores envolvidos. Para cumprir o objetivo da pesquisa, realizou-se uma pesquisa exploratória e descritiva, com abordagem qualitativa, na qual foram entrevistados dezoito atores. O procedimento técnico foi a entrevista em profundidade. Os dados foram analisados com o uso da técnica da Análise de Conteúdo. Os resultados do estudo apontam para uma rede de SI ainda incipiente, com poucas conexões entre os atores industriais, baseada em relações bilaterais de trocas de materiais, água e energia. A partir das análises foi possível identificar os elementos que influenciam o comportamento das organizações. Em se tratando dos elementos exógenos, percebe-se que as leis e sanções são as que mais determinam a ação organizacional. Contudo, essa pressão ainda possui foco no modelo tradicional e unidirecional dos processos produtivos. Sobre os elementos objetivos da ação organizacional, a viabilidade econômica foi apontada como fator primordial. Em relação aos elementos subjetivos, foi constatado que já havia uma interação anterior ao projeto entre algumas empresas, sobretudo entre as empresas do ramo automotivo. Com a iniciativa do projeto, essa interação social se intensificou, inclusive, entre empresas de setores diferentes. Sobre as barreiras à adoção de novas práticas, o estudo aponta para: ausência de ações governamentais, indisponibilidade de tempo, custo da destinação do resíduo *versus* o custo do investimento e a descontinuidade das ações. No geral, o estudo indica que o projeto aumentou a capacidade institucional da região para desenvolver a SI, uma vez que avançou no compartilhamento de novos conhecimentos, promoveu uma maior interação entre as organizações e identificou oportunidades de negócios para as empresas. Entretanto,

depreende-se que a continuidade do projeto estará condicionada ao aprimoramento de alguns aspectos relacionados a estrutura de governança, quadro regulatório e engajamento coletivo.

Palavras-chave: Simbiose Industrial, Ecologia Industrial, Economia Circular, Brasil.

3.1. Introdução

Diante das pressões por margens de lucro cada vez maiores e restrições ambientais cada vez mais estreitas, a indústria se vê compelida a mudar. Em que pese a contribuição do setor industrial para o desenvolvimento econômico mundial, sabe-se que ele é responsável por grande parte da degradação ambiental e escassez de recursos naturais (Hermelingmeier & von Wirth, 2021; Lifset & Graedel, 2002; Schaltegger & Wagner, 2011).

De modo a endereçar essas questões, a literatura de Ecologia Industrial (EI) ressalta o papel das empresas como um componente necessário da mudança devido ao seu potencial de melhoria ambiental. Essa perspectiva surge com a proposta de um novo modelo de desenvolvimento industrial em que seja possível harmonizar os processos produtivos e os limites da natureza (Lifset & Graedel, 2002; Mathews & Tan, 2011).

Nas últimas décadas, avanços tem sido feitos no sentido de incluir a questão ambiental nas diretrizes das organizações, levando a mudanças nos seus processos internos e na forma como elas se relacionam com meio (Hermelingmeier & von Wirth, 2021; Portugal Júnior et al., 2012). Nesse sentido, uma parte da EI, conhecida como Simbiose Industrial (SI), propõe um novo arranjo organizacional em que diferentes atores industriais a partir de seus recursos subutilizados conectam seus fluxos de materiais secundários, água, recursos energéticos, serviços, infraestrutura e tecnologia para obter vantagens competitivas e reduzir seu impacto ambiental (Boons et al., 2016; Chertow, 2000, 2007).

Aplicações desse novo modelo podem ser encontradas em diversas partes do mundo. Em nível regional, o NISP (*National Industrial Symbiosis Programme*), programa de SI do Reino Unido, apresenta dados expressivos relacionados à redução na quantidade de resíduos despejados em aterros, no uso de matérias-primas virgens e na emissão de CO₂. Além da diminuição dos custos com descarte, armazenamento e transporte e receita gerada pelas vendas adicionais (Laybourn, 2013). Em nível nacional, países como a China Yu, Dijkema, & de Jong, 2015) a Coréia do Sul (Park & Behera, 2014) e o Japão (Chen et al., 2012) desenvolvem

programas baseados nos princípios da EI e da Economia Circular (EC). No nível local, destacam-se as iniciativas de transformação de distritos industriais tradicionais em Ecoparques Industriais (EPI), como é o caso do projeto *By-Product Synergy* (BPS) em Altamira no México (Morales et al., 2019), as cidades de Kwinana e Gladstone na Austrália (Corder et al., 2014) e Kalundborg, na Dinamarca (Erkman, 1997).

Mais recentemente, o conceito de Economia Circular (EC) se unificou ao corpo teórico da EI e vem ganhando notoriedade na definição de políticas, nas diretrizes empresariais e na academia como um modelo capaz de substituir a lógica unidirecional e tradicional de descarte de resíduos para um modelo de circularidade e valorização dos recursos. A SI, na perspectiva da EC, é considerada como um modelo de negócios sustentável que tem como pilares a inovação e a colaboração (Baldassarre et al., 2019; Gorissen et al., 2016; Liu & Côté, 2017).

Em um mapeamento da literatura brasileira, poucos estudos foram encontrados nessa área, sobretudo quando se trata de casos já implementados de SI (Trevisan et al., 2016). Duas iniciativas sobressaem, o Programa Rio Ecopolo (Veiga et al., 2009) e o Programa Mineiro de Simbiose Industrial (PMSI) (Paula & Abreu, 2019). O primeiro, inspirado nas experiências internacionais de EPIs, foi pensado como uma estratégia de planejamento ambiental para promover o desenvolvimento sustentável e melhorar as condições urbanas e ambientais da região metropolitana do Rio de Janeiro/RJ, contudo, mudanças políticas fizeram com que o programa não avançasse. Por outro lado, o PMSI, iniciativa da Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG), conseguiu obter bons resultados a partir dos conceitos de SI no estado de Minas Gerais (Paula & Abreu, 2019). Diante dos êxitos alcançados, a FIEMG reestruturou o PMSI alterando o seu *lócus* de atuação para os distritos industriais e ampliando o seu escopo para a EC (Tonaco et al., 2019). O distrito industrial de Sete Lagoas foi escolhido para receber o projeto piloto do programa em 2017, se tornando uma das únicas iniciativas brasileiras em fase de implementação da SI em nível de distrito.

Diante desse cenário de pouca literatura sobre o tema no Brasil e poucas iniciativas implementadas, esse estudo se propõe a analisar o comportamento das organizações no processo de implementação da SI no Projeto Piloto de EC do distrito industrial de Sete Lagoas a partir da percepção dos principais atores envolvidos. De modo a acompanhar os avanços mais recentes empreendidos na literatura de SI que passaram a considerar o contexto social em que essas interações ocorrem (Ashton & Bain, 2012; Domenico Ceglia et al., 2017; Chopra & Khanna, 2012; Domenech et al., 2011; Faria et al., 2021), este estudo pretende extrapolar os aspectos técnicos e econômicos da SI, integrando o contexto institucional e relacional nas análises.

3.2. Fundamentação Teórica

3.2.1. Simbiose Industrial

A essência da SI está no envolvimento de organizações tradicionalmente separadas em uma rede de sinergias com o intuito de promover aecoinovação de seus processos e produtos e a mudança cultural de longo prazo (Chertow, 2000; Lombardi & Laybourn, 2012). Sendo assim, nesse estudo, a SI é definida como um processo social complexo em que diferentes atores industriais transacionam seus recursos subutilizados por meio de (1) uso de subprodutos, água e energia e/ou (2) compartilhamento de serviços, como o uso coletivo de infraestrutura, serviços logísticos e atividades ambientais. Essa interação entre os atores em transações mutuamente benéficas do ponto de vista econômico e ambiental pode desencadear a mobilização de ativos intangíveis, como capital intelectual e social, e criar uma cultura colaborativa como consequência. Dentro desse conceito, existem vários arranjos para a materialização de SI, como os EPIs, as redes virtuais de SI e os ecossistemas industriais (Boons et al., 2016).

Embora o desenvolvimento inicial da EI tenha se baseado quase que exclusivamente em argumentos de base tecnológica (Baas, 2008; Lifset & Graedel, 2002), há um movimento nos últimos anos que valoriza as contribuições das ciências sociais para o campo. Essa nova

abordagem busca compreender em que medida os fluxos de materiais e energia são moldados pelo contexto social em que eles estão inserido (Boons & Howard-Grenville, 2009). Nesse sentido, estudos têm sido conduzidos com ênfase nas interações do sistema industrial com o ambiente. Elementos contextuais, estrutura organizacional, padrões de interação, crenças dos gestores e a forma como os governos tentam influenciar o comportamento das organizações passaram a compor as análises.

O Reino Unido possui diversas iniciativas de SI fomentadas a partir do NISP. Nos primeiros estudos, Mirata (2004) já destacava a relevância de alguns fatores, como a natureza das operações e histórico industrial das empresas, a pressão dos pares e o mecanismo de coordenação. Em análises mais recentes, os fatores proximidade geográfica e interações sociais foram questionados por Jensen et al. (2011) e Lombardi & Laybourn (2012). Para eles, essas questões não são determinantes para a concretização da SI desde que haja um ator responsável por identificar as sinergias e calcular a viabilidade econômica das trocas. Sendo assim, fatores como o contexto institucional, a estrutura de governança da rede e oportunidades comerciais sólidas são os fatores primordiais (Abreu & Ceglia, 2018; Lombardi & Laybourn, 2012).

Na Dinamarca, o caso referência de SI em Kalundborg traz diversas contribuições para a literatura. Autores relatam que o surgimento das primeiras interações entre as empresas foi em função do grande déficit hídrico da região (Ehrenfeld & Gertler, 1997; Jacobsen, 2007; Noel Brings Jacobsen, 2006). Por se tratar de um distrito industrial com diversidade de setores com diferentes entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*), as empresas enxergaram possibilidades para desenvolver relações simbióticas (Chertow, 2007; Desrochers, 2001; Lowe, 2001). A partir dos acordos bilaterais, verificou-se a viabilidade econômica das trocas (Branson, 2016; Olesen, 1999). Contudo, apenas essas variáveis não conseguiram explicar essa mudança de comportamento das organizações. Estudos avançaram no sentido de compreender o contexto social dessas relações. A composição da comunidade, os ambientes de socialização e as

atividades compartilhadas contribuíram para a construção de uma identidade compartilhada (Lowe, 2001; Valentine, 2016). Ao desenvolverem projetos juntos em questões relacionadas a troca de matérias e energia, ao compartilharem seus desafios, uma atmosfera de confiança foi sendo estabelecida (Ashton & Bain, 2012; Desrochers, 2001; Ehrenfeld & Gertler, 1997). A legislação e a relação entre governo e indústria também foram importantes durante o processo. Embora houvesse intervenção por parte do governo por meio dos instrumentos de comando e controle, o sistema regulatório dinamarquês preconizava uma abordagem voluntária e mais proativa das empresas (Branson, 2011; Desrochers, 2001; Ehrenfeld & Gertler, 1997; Lowe, 2001).

Em consonância com o caso de Kalundborg, a SI de Kwinana na Austrália também surgiu de uma preocupação sobre a escassez da água (van Beers, 2009; van Beers et al., 2008). A fim de dirimir essa questão coletivamente, foi criado um conselho das indústrias. Com o estabelecimento dessa organização, a comunicação e a interação entre as empresas foram facilitadas (Giurco et al., 2011; van Beers et al., 2008). As empresas do mesmo segmento constantemente compartilhavam informações com vistas à melhoria da eficiência e do desempenho das operações. Entre empresas de setores diferentes, essa interação ocorria com o propósito de melhorar a compreensão das entradas e saídas das indústrias o que contribuiu para identificação das oportunidades de sinergia (van Beers et al., 2007). Além disso, políticas estaduais relacionadas à práticas mais sustentáveis estimularam à adoção da SI pelas empresas (Verstegen, 2003).

Ulsan, na Coreia do Sul, é mais um caso de distrito industrial que mudou suas práticas em função do seu impacto no meio ambiente. Devido as regulamentações ambientais rigorosas impostas pelo governo, as indústrias tiveram que se adaptar investindo em equipamentos de prevenção da poluição, estabelecendo práticas de produção mais limpa e implementando sistemas de gestão ambiental baseado na ISO 14001 (Park, 2008; Park et al., 2004). Adicionalmente, o governo da Coreia estabeleceu um programa nacional de SI com uma

estrutura de governança local capaz de mobilizar atores empresariais, universidades, institutos de pesquisa e governos locais no processo de transição (Park et al., 2015).

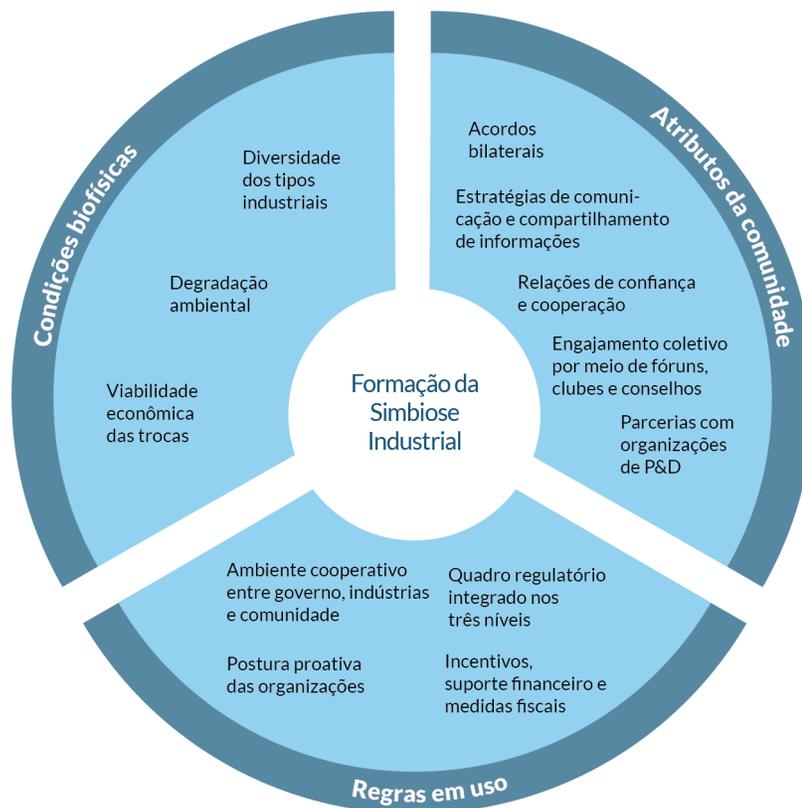
Outros fatores também foram relatados na literatura internacional. Em um estudo comparativo entre os EPIs dos Estados Unidos e Holanda, os EPIs holandeses foram mais bem sucedidos porquê surgiram de iniciativas integradas entre as empresas e o governo local (Heeres et al., 2004). Em outro estudo, em que foram avaliados os fatores-chave para a viabilidade de dois projetos de SI, um nos Estados Unidos e outro na Ucrânia, a figura do *champion*, a confiança, a participação da comunidade e a proximidade geográfica foram os mais relevantes (Hewes & Lyons, 2008). Em Porto Rico, fatores técnicos como baixo volume de materiais descartados, subprodutos incompatíveis entre as indústrias, abundância de água e boa capacidade dos aterros, não criaram incentivos para a reutilização dos materiais. Quanto aos fatores sociais, a falta de comunicação e a pouca interação inibiram a construção de uma identidade compartilhada e a expansão e manutenção das sinergias (Chertow & Ashton, 2009).

Em experiências no Japão, os fatores que levaram ao sucesso da SI foram: disponibilidade de subsídios de investimento, legislação voltada para a reciclagem, acesso a recursos tecnológicos do setor privado e urgência para agir em questões ambientais (van Berkel et al., 2009). Em uma análise de projeto de SI do México, os fatores: tecnologia disponível, disponibilidade de subprodutos, porte da empresa, custos, comunicação facilitada, habilidades organizacionais, valores como respeito, cooperação, ética e responsabilidade social, confiança e legislação ambiental foram apontados como relevantes para o êxito das interações (Morales et al., 2019).

Embora os estudos citados acima apontem os fatores relevantes para o processo de SI em diferentes contextos, foi a partir da estrutura teórico-analítica proposta por Faria et al. (2021) que uma compreensão mais abrangente e refinada da evolução da SI tornou-se possível. A estrutura proposta (Figura 10) compreende um conjunto universal de elementos do

ambiente social, econômico, institucional e físico que moldam o comportamento das organizações em direção às práticas de SI.

Figura 10: Modelo teórico-analítico do processo de SI



Fonte: Faria et al. (2021).

3.2.1.1. Simbiose Industrial no Brasil

Nos países em desenvolvimento, os conceitos de SI e EI ainda são pouco difundidos e suas práticas incipientes (Saraceni et al., 2017). Contudo, a implementação de ações de SI é vista como uma alternativa possível para reduzir os impactos ambientais da atividade industrial e, ao mesmo tempo, melhorar o desenvolvimento econômico da indústria e o bem-estar da comunidade. A EI poderia ser um importante meio de estabelecimento da reindustrialização do Brasil tendo a sustentabilidade como o ponto-chave de seu posicionamento estratégico (Portugal Júnior et al., 2012; Veiga et al., 2009).

Por meio de um levantamento da literatura, foram identificados os estudos sobre a SI no Brasil. Eles podem ser divididos em duas categorias: estudos de caso que avaliam as práticas industriais em direção ao modelo de SI e estudos que avaliam o potencial de aplicação dos conceitos da SI. Em nível de projetos e programas (Quadro 3), destacam-se as iniciativas do Programa Rio Ecopolo (Fragomeni, 2005; Veiga, 2007; Veiga et al., 2009), o Projeto Green City (Ferrer et al., 2012) e o Programa Mineiro de Simbiose Industrial (Abreu & Ceglia, 2018; Paula, 2015; Paula & Abreu, 2019).

Quadro 3: Programas e Projetos de SI no Brasil

Autores	Nível	Principais contribuições
Fragomeni (2005)	Programa Rio Ecopolo	<p>Características: Iniciativa pioneira no Brasil; processo sistemático de integração entre os profissionais da área de meio ambiente; associações das indústrias locais como agentes articuladores na troca de informações; reuniões periódicas para tomadas de decisão; práticas pontuais e tímidas.</p> <p>Recomendações: condução do processo pelas entidades de representação industrial, ao invés do governo; maior reconhecimento por parte das indústrias da importância do projeto; envolvimento do governo através de incorporação do tema nas políticas públicas, maior envolvimento dos órgãos ambientais na indução desse tipo de programa.</p>
Veiga (2007); Veiga et al. (2009)	Programa Rio Ecopolo	<p>Contexto: a colaboração entre governos, instituições privadas e indústrias, comunidades e academia, não evoluiu da maneira que deveria; mudanças na administração pública fizeram com que o governo estadual retirasse o apoio ao Programa.</p> <p>Recomendações: estratégia de planejamento para o desenvolvimento sustentável do estado a partir de uma parceria concreta entre todos os atores envolvidos; participação da comunidade no processo inicial de planejamento para evitar mal-entendidos, compartilhamento de responsabilidades e construção de confiança; papel do governo em disseminar e prover suporte legal necessário; educação da comunidade e da indústria sobre esses temas.</p>
Ferrer et al. (2012)	Projeto Green City - Setor calçadista	<p>Motivações: fiscalização e multas pesadas motivaram a adoção de novas soluções relacionadas aos resíduos; reconhecimento por parte das PMEs da incapacidade de realizar mudanças individualmente, levou a união de esforços por uma solução coordenada pela associação comercial.</p> <p>Características: diversas reuniões para convencer as empresas de transformar suas práticas; a liderança do diretor da associação facilitou a construção da confiança; aprendizagem coletiva por meio de treinamento e</p>

		desenvolvimento de material educacional; infraestrutura de gerenciamento dos resíduos para monitoramento das informações e fornecimento de relatórios para as empresas.
Abreu e Ceglia (2018); Paula (2015); Paula e Abreu (2019)	Programa Mineiro de Simbiose Industrial	Características: coordenação feita pela FIEMG; a rede pouco densa e com poucas trocas de resíduos; esforço dos atores envolvidos na construção de capacidades de conhecimento, mobilização e relacionamento; contexto institucional desfavorável ao desenvolvimento da simbiose industrial. Recomendações: necessidade de investir em soluções ecoinovadoras e melhorias do ambiente institucional para desenvolver uma gestão eficiente dos resíduos.

Outra linha de pesquisa (Quadro 4) foca em certos setores industriais, como a metalurgia (Rocha, 2010), siderurgia (Sellitto & Murakami, 2018), setor florestal (Wahrlich & Simioni, 2019), setor moveleiro (Souza et al., 2020) e a junção da siderurgia, da metalurgia e da indústria cimenteira em uma rede de simbiose (Sellitto et al., 2021).

Quadro 4: Estudos de Caso Setoriais de SI no Brasil

Autores	Setores	Contribuições
Rocha (2010)	Setor metal mecânico	Motivações: empresa X – cultura familiar e educação ambiental; empresa Y – motivação pessoal do diretor da empresa em relação a questão ambiental; empresa Z – estratégia para se manter estável no mercado.
Sellitto e Murakami (2018)	Setor siderúrgico	Características: SI entre uma usina siderúrgica, uma fabricante de cimento e uma fundidora de zinco; relações benéficas do ponto de vista dos custos; em relação ao cumprimento da legislação, as empresas enfrentam restrições severas relacionadas as suas atividades; formalização das relações por meio dos contratos, quando há um fluxo regular e permanente de materiais; a logística como uma restrição severa para longas distâncias, o que incentiva que as empresas despejem seus coprodutos em aterros controlados nas proximidades.
Wahrlich e Simioni (2019)	Setor florestal	Características: as empresas trocam principalmente cavacos, cascas, serragem e aparas; as trocas ocorrem entre empresas próximas; o incentivo para as empresas cooperarem é a adequação ao mercado, a gestão interna e o clima organizacional favorável, e o que limita essa cooperação é a logística deficiente, poucos recursos para investir em projetos de SI e falta de tecnologia adequada para melhor aproveitamento de subprodutos.
Souza et al. (2020)	Setor moveleiro	Recomendações: buscar compartilhar recursos humanos e experiências para alcançar o aperfeiçoamento e o desenvolvimento conjunto das organizações; trocar informações e conhecimentos tecnológicos; alcançar melhor

		desenvolvimento de produtos, redução de custos, segurança de processos e melhorias ambientais; desenvolver parcerias com indústrias de diferentes setores, centros de pesquisa, órgãos governamentais e universidades.
Sellitto et al. (2021)	Rede de indústrias diversas	Características: duas usinas siderúrgicas, um fabricante de cimento, uma usina de geração termoelétrica, um fabricante de lingotes, um fabricante de lingotes de zinco e um fabricante de liner refratário, totalizando oito relacionamentos. Barreiras: econômicas - processamento excessivo ou custo logístico; internas - risco de descontinuidade e falta de pesquisas; técnica - desequilíbrio entre geração e consumo. Motivações: redução de custos, novos produtos ou fontes de receita e requisitos legais.

Enquanto parte da literatura sobre SI no Brasil aborda as práticas já existentes e aponta suas limitações, uma outra linha de pesquisa se dedica a avaliar o potencial de cadeias produtivas em estabelecer estratégias relacionadas a SI. Neves (2013), em estudo sobre Polo Industrial de Manaus/AM, identificou potencial de implementar ações de SI, como as relacionadas ao uso de água, energia, papel, papelão e artigos de plástico. Nessa mesma linha, Soares Filho (2015) observou no Distrito Industrial e Atacadista de Palmas/TO a ausência de interação entre os atores, baixa cooperação entre as empresas, desinteresse das empresas com a possibilidade de se obter receita a partir da comercialização de resíduos, o que indica baixo potencial de aderência ao princípios da SI. Ainda sobre os distritos industriais, Trama (2016) avaliou o potencial de aplicação da SI ao Distrito Industrial José Vieira de Mendonça, região metropolitana de Belo Horizonte/MG. Os resultados indicaram que o distrito apresenta um potencial regular para ser adaptado e transformado em um EPI.

O parque industrial de Maracanaú/CE também foi avaliado e a ausência de elementos críticos demonstrou que ainda há muito a ser feito para que ele se transforme em um EPI. No contexto brasileiro, em investigação sobre as barreiras sociais a serem superadas para promoção das sinergias entre as empresas, os resultados indicaram que valores como benevolência e universalismo, confiança, domínio cognitivo sobre resíduos e engajamento ambiental foram fundamentais (Ceglia et al., 2017).

Alguns setores específicos também foram avaliados. Murakami (2014) analisou o potencial de formação de cadeias ambientalmente sustentáveis da cadeia siderúrgica. Os resultados indicaram que o fator custo de instalação de novas operações pode inviabilizar a SI. A cadeia produtiva petroquímica-plásticos da região do Grande ABC paulista teve suas práticas avaliadas. Os resultados indicaram diferentes configurações ao longo do desenvolvimento do polo. No processo de expansão, os atores sociais estavam organizados, houve estabelecimento de estratégias e soluções efetivas nas três dimensões da sustentabilidade, porém, novos eventos na dinâmica de mercado levaram a desmobilização dessas ações, com atores desarticulados e agindo isoladamente, o que dificulta a implementação da SI (Barros, 2014).

3.3. Aspectos Metodológicos

A pesquisa qualitativa busca explorar os fenômenos humanos e sociais na forma como eles ocorrem em seus ambientes naturais, a partir da compreensão e interpretação dos fenômenos em termos dos significados que as pessoas lhes atribuem (Creswell, 2014; Flick et al., 2004). Para alcançar o objetivo do artigo, optou-se por uma pesquisa de natureza aplicada, com objetivos exploratórios e descritivos e de abordagem qualitativa. Como procedimento técnico utilizou-se a entrevista em profundidade e a análise documental, com o uso dos instrumentos de análise de conteúdo (Bardin, 2016).

A coleta dos dados utilizou uma combinação de fontes que incluíam tanto dados primários quanto secundários. Os dados primários foram levantados por meio de entrevistas semiestruturadas; já os dados secundários foram obtidos por meio da pesquisa documental que envolveu a análise de documentos oficiais, relatórios, sítios eletrônicos. Também foram consultados documentos produzidos pelas entidades envolvidas na implementação do projeto. A partir desse levantamento foram identificados os atores a serem entrevistados. O projeto piloto de EC foi idealizado e coordenado pela FIEMG, apoiado pela Associação Comercial e Industrial (ACI) de Sete Lagoas e teve participação de um centro universitário local. O projeto

obteve 24 empresas participantes, destas, 1 não estava mais em funcionamento e das 23 restantes, todas foram contatadas e 15 se disponibilizaram a participar das entrevistas. Dessa forma o critério de escolha dos entrevistados ocorreu por representatividade e acessibilidade.

A técnica de entrevistas em profundidade foi utilizada por permitir explorar as perspectivas do sujeito sobre uma determinada ideia, programa/situação ou explorar novas questões em profundidade (Boyce & Neale, 2006). Questões como comportamentos interativos, resiliência, capacidade institucional, estratégias organizacionais e cooperação são extremamente complexas, portanto, as entrevistas possibilitam captar a própria natureza qualitativa de tais interdependências (Morales et al., 2019).

No total, foram realizadas 18 entrevistas em profundidade, 15 entrevistados vinculados às empresas e 3 entrevistados das instituições envolvidas. O Quadro 5 detalha as informações dos 15 entrevistados e das empresas as quais eles estão vinculados. Os nomes dos entrevistados não foram utilizados com o objetivo de preservar a identidade das pessoas envolvidas. Para as empresas, nomes fictícios foram criados com base na principal atividade econômica desenvolvida. O Quadro 6 contém a ficha técnica dos atores institucionais envolvidos no projeto. A identidade deles também foi preservada. Das 18 entrevistas, apenas uma foi realizada presencialmente na cidade de Sete Lagoas/MG, as demais foram realizadas remotamente por meio de plataformas de videoconferências *online* como o *Zoom meeting* e o *Teams*. Todos os entrevistados permitiram gravar as entrevistas. As gravações variaram entre 25 minutos a 1 hora e 23 minutos e foram transcritas posteriormente.

Quadro 5: Ficha Técnica dos entrevistados e atividades econômicas das empresas

Entrevistados	Cargo	Atividade Econômica Principal	Nome fictício da empresa	Data
ENT1	Analista Ambiental	Fabricação de componentes automotivos	AutoPeças	19/03/2021
ENT3	Sócio majoritário e Administrador	Fabricação de pias e tanques	FabTanques	06/04/2021

ENT4	Diretor Industrial	Fabricação de componentes de áudio automotivo	AutoAudio	08/03/2021
ENT5	Coordenador de Segurança do Trabalho e Meio Ambiente	Fabricação de componentes automotivos	AutoSolda	16/03/2021
ENT6	Analista Ambiental Sênior	Fabricação de caminhões e ônibus	FabCar	09/03/2021
ENT7	Analista de Sistema de Gestão Integrada	Produção de brins e telas, fios e denim	FabTextil	25/02/2021
ENT9	Diretor Industrial	Usinagem de Metais	FabMetais	05/04/2021
ENT10	Sócio Proprietário e Diretor Financeiro	Fabricação de sorvete, outros congelados comestíveis e panificação industrial	FabCongelados	22/03/2021
ENT8	supervisor de segurança e meio ambiente	Produção de forjados de aço	FabAço	07/04/2021
ENT13	Diretor	Torrefação e moagem de café	FabCafé	22/04/2021
ENT15	Proprietário	Fabricação de produtos de carne	FabSuínos	20/01/2021
ENT14	Analista Ambiental	Fabricação de produtos de limpeza e polimento	FabLimpeza	20/04/2021
ENT16	Sócio Proprietário e Diretor industrial	Fabricação de artefatos de cimento para uso na construção	FabCimentos	31/03/2021
ENT17	Gerente	Comércio atacadista de resíduos e sucatas metálicos	FabResíduos	15/03/2021
ENT18	Diretor Comercial	Atividades de apoio à pecuária e fabricação de laticínios e alimentos para animais	CoopLeite	16/04/2021

Quadro 6: Ficha Técnica dos atores institucionais

Entrevistados	Cargo	Instituição	Data
ENT2	Analista Ambiental – Coordenador do Programa de Economia Circular	Federação das Indústrias do estado	21/01/2021
ENT12	Superintendente Executiva	Associação Comercial e Industrial	21/12/2020
ENT11	Docente	Centro Universitário	01/04/2021

Dois roteiros diferentes foram construídos. Um deles direcionado aos atores empresariais e o outro aos atores institucionais (apêndice B e C). Ambos foram construídos a partir da estrutura do IAD (*Institutional Analysis and Development*) de modo a auxiliar na compreensão do fenômeno de estudo que envolve diversas variáveis que afetam a ação humana nas escolhas de estratégias e comportamentos (Hess & Ostrom, 2007; Polski & Ostrom, 1999). Um dos objetivos do IAD é identificar os fatores contextuais que abrangem os aspectos do ambiente social, cultural, institucional e físico em uma dada situação. Sendo assim, utilizou-se as categorias: situação de ação, condições biofísicas, regras em uso e atributos da comunidade do IAD na elaboração do roteiro (McGinnis, 2011). Adicionalmente, foram utilizados os trabalhos de Ashton e Bain (2012), Boons et al. (2014) e Faria et al. (2021) para embasar as questões sobre SI.

No primeiro bloco de perguntas, o objetivo era caracterizar a situação de ação e seus elementos internos, ou seja, quantas empresas participam do projeto, o papel de cada empresa, como são feitas as transações, se há um acompanhamento e quais são as informações disponibilizadas e compartilhadas. No segundo bloco de perguntas, que se dividiu em: levantamento das condições biofísicas, levantamento das regras em uso, levantamento dos atributos da comunidade, o objetivo era identificar a percepção dos atores a respeito dos fatores contextuais que influenciam a ação das organizações.

Para tratamento e análise das transcrições das entrevistas, optou-se pelo método de análise de conteúdo que compreende três etapas básicas: (a) pré-análise que se refere à seleção do material e à definição de procedimentos a serem seguidos; (b) exploração do material que compreende a sistematização e categorização dos dados; e, (c) tratamento dos dados e interpretação que diz respeito a geração de inferências e dos resultados da investigação (Bardin, 2016).

Após realização de uma leitura flutuante inicial e da organização do material, procedeu-se com a sistematização e categorização das entrevistas. A fragmentação, separação,

contagem de palavras e a formação de *cluster* analíticos foram recurso do software *Nvivo 11* que auxiliou no diagnóstico de tendências, concordâncias, lacunas e trechos complementares dos diferentes entrevistados.

Para a categorização, o critério de recorte das unidades de registro foi de ordem semântica em que o tema é a unidade de significação que se liberta naturalmente de um texto segundo certos critérios relativos à teoria que serve de guia a leitura. Ou seja, a análise consistiu em descobrir esses núcleos de sentido que compõe cada fragmento de texto cuja presença e frequência pode significar algo para o objetivo da pesquisa (Bardin, 2016). Todas as unidades de registro foram agrupadas em torno de um tema e passaram a compor os eixos categóricos da pesquisa.

A Tabela 1 apresenta a estrutura das categorias e das subcategorias do estudo construída *a posteriori*. A estrutura divide-se em três grandes categorias: fatores exógenos, ação interorganizacional e barreiras à implementação. As subcategorias ajudam a explicar as categorias principais de análise a partir das unidades de registro que foram agrupadas. Essa operação de categorização e classificação dos elementos forneceu uma representação simplificada dos dados brutos da pesquisa em que o número de fontes diz respeito a quantidade de entrevistados que fizeram referência aquela categoria/subcategoria e o número de codificações refere-se à quantidade de trechos que compõe uma mesma categoria/subcategoria.

Tabela 1: Estrutura das Categorias e Subcategorias

Categorias e subcategorias	Nº Fontes	Nº Codificações
Categoria 1. Fatores exógenos		
Alinhamento estratégico	6	12
Normatização	8	26
Conformidade legal	18	82
Categoria 2. Ação interorganizacional		
Elementos objetivos		
Fluxo de informação	14	42
Diversidade industrial	12	19

Fluxo de recursos	13	36
Viabilidade econômica	17	53
Elementos subjetivos		
Mecanismo de coordenação	15	35
Interface com a comunidade	7	15
Interações organizacionais	12	34
Categoria 3. Barreiras		
Ausência de ações governamentais	12	28
Indisponibilidade de tempo	2	3
Custo da destinação versus Custo do investimento	2	4
Descontinuidade das ações	7	14

3.4. Resultados

3.4.1. Contexto do estudo de caso e sua história

Os resultados obtidos das análises do conteúdo das entrevistas dos atores institucionais, FIEMG, ACI e UNIFEMM, em conjunto com a parte documental consolidada, foram utilizados para descrever o contexto em que o projeto foi desenvolvido, bem como para relatar a sua metodologia de implementação.

Alguns projetos de SI surgiram na década de 90. Um deles, o *By-Product Synergy (BPS) project* iniciado em 1997 pelo Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável (*Business Council for Sustainable Development*) do Golfo do México, tinha como objetivo reduzir a poluição e economizar dinheiro e energia a partir da reutilização e reciclagem de materiais residuais entre as fábricas, empresas e comunidade local (Morales et al., 2019). Esse projeto serviu de inspiração para as primeiras iniciativas de SI no Reino Unido. Esforços iniciais foram realizados em Humber, Mersey e West Midlands para identificar e estabelecer ligações interorganizacionais desde 2000. O Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável da região assumiu o papel de facilitar o desenvolvimento das redes de SI. Desde então, outras regiões se interessaram pelo projeto o que motivou a criação de um programa nacional de SI em todo o Reino Unido, sob a supervisão do Conselho, naquele momento já com atuação em âmbito nacional (Mirata, 2004; Mirata & Pearce, 2006).

A partir dos resultados alcançados pelo NISP (*National Industrial Symbiosis Programme*), muitos países se interessaram em replicar sua metodologia (Laybourn & Morrissey, 2009). Em uma parceria do NISP com o Brasil em 2009, a FIEMG criou o PMSI com o objetivo de promover interações lucrativas entre empresas de todos os setores da indústria (FIEMG, 2017). Desde sua criação, o PMSI envolveu mais de 760 empresas no estado de Minas Gerais. Diversos tipos de materiais já foram negociados desde sua criação, como água, vapor, energia elétrica, resíduos orgânicos, plástico, vidro e metais (CNI, 2018).

Com base nos êxitos alcançados no PMSI e de modo a acompanhar as tendências do mercado, A FIEMG decidiu integrar os conceitos e as práticas de EC ao projeto, ampliando o escopo e a abrangência do PMSI em Minas Gerais (CNI, 2018). Em parceria com o Instituto Euvaldo Lodi – Núcleo Regional Minas Gerais (IEL/MG) e a Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), a FIEMG concebeu o Programa de Economia Circular em Distritos Indústrias que tem como objetivos: a disseminação do conceito da EC, a proposição de negócios coletivos que visam o reuso, o reaproveitamento e incorporação de recursos provenientes de processo produtivo em outros, a redução dos custos operacionais, a melhoria dos indicadores ambientais, a atração de indústrias e investimentos para a região e por fim, o aumento da cooperação entre as indústrias locais e a competitividade da indústria mineira (Fadel et al., 2020).

A FIEMG estabeleceu como *lócus* de implementação do projeto, os distritos industriais e sua área de influência. No Brasil, as concentrações industriais surgiram espontaneamente sem a participação de planejadores na determinação da sua localização. Os investidores escolhiam instalar suas indústrias em áreas com maior número de vantagens como disponibilidade de matérias-primas, de mão-de-obra, de terrenos, de energia, de água, facilidades de transporte, etc. Dessa forma, as indústrias foram se localizando nas proximidades ou nos grandes centros urbanos, principalmente na Região Sudeste. Já os distritos industriais foram construídos com o objetivo de descongestionar e ordenar a expansão industrial de grandes centros

industrializados incentivando a indústria a se localizar em áreas previamente preparadas e escolhidas de acordo com a política de desenvolvimento de cada estado. Contudo, não havia uma política nacional ou regional de implantação de distritos industriais, cabendo aos estados e aos municípios a decisão de construí-los e administrá-los. Este fato levou a uma proliferação de distritos industriais instalados sem um planejamento mais cuidadoso, sem uma visão regional mais ampla comprometendo, portanto, seus resultados (de Oliveira, 1976).

Em Minas Gerais, apontado como estado pioneiro no Brasil na implantação dos distritos industriais, a atividade ganhou força nos anos 70, quando procurou descentralizar os investimentos empresariais, para desenvolver e fortalecer os municípios do interior. A atração e a instalação de novas indústrias geraram forte impacto econômico como aumento da arrecadação municipal e elevação do número de empregos diretos e indiretos (CODEMGE, n.d.).

O estado conta com um órgão responsável pelo seu desenvolvimento econômico e pela implantação e administração dos distritos industriais, a antiga Companhia de Distritos Industriais de Minas Gerais (CDI/MG), hoje Companhia de Desenvolvimento de Minas Gerais (Codemge) (de Oliveira, 1976). Atualmente, o estado possui 53 distritos industriais. Dentre eles, a FIEMG escolheu os distritos industriais de Sete Lagoas para receber o primeiro projeto piloto de EC.

Os distritos industriais de Sete Lagoas (DI - I e DI – II) estão inseridos na Região Central do Estado de Minas Gerais, próximos à Região Metropolitana de Belo Horizonte. Trata-se de duas áreas descontínuas, sendo que o Distrito Industrial I, com área total de 1.512.230 m², foi implantado no ano de 1974 e o Distrito Industrial II que ocupa uma área total de 266.067 m², encontra-se atualmente em implantação. As condições existentes no momento da implantação do Distrito Industrial I, realizada na década de 1970, já sofreram alterações relevantes, sobretudo o perfil da indústria no mundo contemporâneo. Em que pese esses avanços, muitos desses distritos ainda carecem de infraestrutura e revitalização. Nesse

sentido, em 2016 foi elaborado o Plano de Ação de Revitalização e Modernização do Distrito Industrial de Sete Lagoas, tendo como premissa a organização de novos e modernos distritos industriais (FIEMG/CODEMIG, 2016). Esse estudo serviu de base para a definição do local para o primeiro projeto piloto de EC do estado.

3.4.2. Projeto Piloto de Economia Circular

Os distritos industriais de Sete Lagoas e sua área de influência foram escolhidos para a execução do projeto que ocorreu entre 2017 e 2018. Para a execução do projeto foram feitas parcerias com a ACI e o Centro Universitário de Sete Lagoas (UNIFEMM). A metodologia adotada se baseou em 3 etapas, conforme Quadro 7 (FIEMG, 2017).

Quadro 7: Metodologia de Implementação do Projeto

Período	Etapa	Ações	Atores envolvidos
1º mês	Sensibilização	Mobilizar empresários e atores para o modelo de Economia Circular; Capacitação dos colaboradores.	FIEMG ACI UNIFEMM
2º ao 5º mês	Análise dos Recursos e possíveis sinergias	Identificação de recursos; Mapeamento e proposição de oportunidades de negócios ambientais.	UNIFEMM FIEMG
6º ao 12º mês	Planos de Negócios Coletivos (PNC)	Estruturação de negócios ambientais no Distrito Industrial e área de influência	FIEMG

Na etapa 1, A FIEMG buscou parcerias na cidade para alavancar o projeto e a ACI como única entidade que representa a indústria e o comércio prontamente aceitou participar. A UNIFEMM também foi convidada para a fase de sensibilização e a partir dessas primeiras reuniões, os alunos dos cursos de engenharia da instituição foram selecionados para apoiar o projeto na coleta de dados durante as visitas nas empresas.

Na etapa 2, a identificação dos recursos foi feita por meio de questionários que buscavam levantar dados sobre: insumos, consumo de água, efluentes, resíduos sólidos, emissões, produtos, utilidades e infraestrutura. Com essas informações mapeada e tabuladas, a FIEMG e seus especialistas iniciaram a análise dos recursos e as possíveis sinergias e

oportunidades de negócios. Em que pese o projeto ter como escopo a EC, percebeu-se uma ênfase maior nas propostas que envolviam a SI, como a incorporação do bagaço de malte na fabricação de rações, a queima de cavaco de madeira para geração de energia/calor, o reuso da água sem tratamento para resfriamento e refrigeração, lavagem de pisos e equipamentos, insumo (FIEMG, 2017).

Dessas análises, dez planos de negócios coletivos foram elaborados e apresentados as empresas, conforme relatado pelo ENT2:

Com as informações qualitativas e quantitativas obtidas de todas as empresas, propomos negócios coletivos no princípio da “Oferta e Procura” regionalizada. As informações individuais das empresas são processadas pela FIEMG e a projeção do volume total é compartilhada para todas empresas envolvidas na negociação. Nas reuniões de desdobramento de cada plano de negócio as informações individuais podem ser compartilhadas, desde que autorizadas pela empresa. Para cada ação coletiva são propostos possíveis desdobramentos indicando um estimado custo de implantação ou custo a ser reduzido.

Após a fase de proposição dos planos, a FIEMG não se envolveu nos aspectos formais dos contratos, como valores, termos e condições. Essa parte de negociação ficou a cargo das empresas. Ou seja, assim, que as propostas foram apresentadas, a FIEMG finalizou a sua participação no projeto, encerrando a metodologia. Quanto à concretização e execução dos PNCs, a FIEMG não acompanhou os desdobramentos.

As informações disponibilizadas pela FIEMG referem-se aos resultados parciais do projeto, como o número de empresas que aderiram ao projeto, a descrição de cada uma, a quantidade de ações de EC mapeadas e o número de PNCs propostos.

3.4.3. A dinâmica da SI em Sete Lagoas

Os resultados apresentados até aqui se restringiram a descrever o contexto de criação do projeto de EC e a metodologia aplicada pela FIEMG para implementação da SI tendo como

base os dados documentais e os relatos dos atores institucionais. Contudo, para uma melhor compreensão da dinâmica que envolve o surgimento e implementação da SI, foi necessário analisar as percepções dos demais atores envolvidos.

3.4.3.1. Categoria 1 – Elementos Exógenos

A forma como as organizações se comporta é moldada por um conjunto de condições sociais, culturais, econômicas e institucionais. A categoria 1, denominada elementos exógenos (Tabela 2), refere-se aos fatores sobre os quais a organização possui controle parcial ou seu poder de controle é restrito. Ela se subdivide em 3 categorias: Conformidade Legal, Normatização e Alinhamento Estratégico.

Tabela 2: Estrutura de Codificação da Categoria 1

Elementos exógenos		
Subcategorias	Nº Fontes	Nº Codificações
Alinhamento estratégico	6	12
Normatização	8	26
Conformidade legal	18	82

Todas as falas que abordaram o atendimento a legislação como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a destinação dos resíduos e as experiências com fiscalização e licenciamento foram agrupadas em torno da subcategoria Conformidade Legal. Ela se apresenta como a subcategoria mais representativa dentro da categoria 1, com 82 trechos codificados. Pode-se inferir a partir da predominância dessa subcategoria que o comportamento das organizações ainda tem como principal componente o cumprimento das demandas legais quanto se trata das políticas ambientais adotadas. Pelas falas destacadas abaixo, percebeu-se uma preocupação das empresas em atender a legislação como forma de não sofrerem sanções como multas e suspensão de funcionamento.

A legislação que a gente visita, que a gente segue, é a legislação nacional mesmo. O que eu busco mais é na área de compostagem mesmo porque é a

área que a gente trabalha. Então assim, eu procuro saber que tipo de resíduo que eu posso utilizar, qual é o processo, qual que é a legislação referente aquilo (ENT15).

Uma vez por mês, a INCA vem aqui, recolhe esse resíduo que eu te falei que não chega a 100 quilos. A gente passa incineração também nos EPIS que não são utilizados, que não tem mais vida útil e já foram trocados. Fazemos isso com a INCA, com essa empresa, seguindo a legislação de descarte (ENT3).

Então, a gente tem que destinar pro local correto pra gente não ter problemas futuros de armazenamento em local incorreto, descarte em local incorreto.

Então, a gente prefere que seja feito tudo conforme mandam os órgãos mesmo pra gente não ter nenhum problema (ENT14).

Por outro lado, observou-se um movimento gradual de introdução da gestão ambiental e do tema sustentabilidade na estratégia organizacional por meio da adoção de certificações como a ISO14001 e a ISO 9001. Essas ações relatadas nas falas principalmente dos entrevistados vinculados a empresas de médio a grande porte do distrito constituem a subcategoria Normatização. Das 15 empresas entrevistadas, 7 são signatárias de alguma certificação ISO ou estão no processo de implementação. Os trechos abaixo trazem esses dados, conforme Quadro 8:

Quadro 8: Subcategoria Normatização

Norma	Trechos codificados
ISO 9001 (sistema de gestão da qualidade)	É nós somos certificados ambientalmente, a ISO 14000 não necessariamente, mas é como eu te disse, a gente tem uma boa parte na parte de sistema de gestão da qualidade, a gente tem lá uma diretiva que trata disso, ia trazer um pouco a gente tem que ter política ambiental bem difundida dentro da empresa, por que os nossos clientes nos cobram isso, porque a maioria deles são certificados (ENT9).
ISO 14001 (sistema de gestão ambiental)	(...) certificação, a gente tem a 14001. Hoje, a AutoSolda trabalha...isso aí quando eu falo “AutoSolda”, eu não estou falando de Sete Lagoas não, da unidade de Sete Lagoas não, eu estou falando da AutoSolda no mundo, é uma empresa portuguesa, né? A AutoSolda mudou a sua estratégia de gestão há um ano onde ela

	inclui em um dos pilares da empresa a sustentabilidade (ENT5).
ISO 9001 e ISO 14001 em fase de implementação	A FabTextil também vai entrar na parte de certificação da 14, então, essa questão é essencial para nós. Nós temos a 9001 e estamos em busca da 14, que inclusive já faz parte da fábrica de Pirapora (ENT7).
ISO 50001 (Gestão de Energia) em fase de implementação	(...) nós estamos aí com um projeto de sistema de gestão energético, estamos buscando certificações e sistema de gestão energético aqui na empresa, porque as reduções anuais são muito significativas para a AutoPeças (ENT1).

Na última subcategoria Alinhamento Estratégico foram agrupados os trechos em que os entrevistados fizeram referência a alguma prática adotada a partir da experiência de outras empresas ou a alguma mudança na estratégia da organização. Essa subcategoria mostrou-se menos expressiva no grupo de empresas analisado, sobretudo nas empresas de pequeno porte que se mostraram mais isoladas, com pouca interação com outras empresas e com uma visão voltada para os custos. Observou-se que as empresas vinculadas ao setor automotivo são mais articuladas entre si, promovem ações em conjunto, compartilham experiências e consequentemente são influenciadas a incorporar certos comportamentos. No relato do Ent 4, ele conta sobre a experiência do parque industrial de Pernambuco em que as empresas possuem um alto nível de sinergia com interação frequente entre os diretores para discutir ações conjuntas. A partir desse caso, ele afirmou:

Então em face desse *best case* é que nós começamos também a fazer uma junção dessas empresas para fazer com que os projetos sejam comuns, por mais que esteja na área de eletrônica ou na estamperia, os projetos são comuns, que eles sejam replicadas e sejam usados como boas práticas (ENT4).

É perceptível nas falas dos entrevistados vinculados as grandes empresas esse alinhamento estratégico em que a sustentabilidade passou a ser considerada como um pilar nos últimos anos, deixando de ser vista apenas como custo. A questão ambiental passa a ter um enfoque diferente. A preservação do meio ambiente torna-se cada vez mais uma exigência do mercado, dos consumidores, dos parceiros comerciais. Isso se reflete na fala dos entrevistados.

A empresa mudou a sua estratégia de gestão há um ano onde ela inclui em um dos pilares da empresa a sustentabilidade. Até então, a empresa trabalhava com três pilares, pessoas, negócio e resultado, aí ela inclui agora mais um pilar que é a sustentabilidade. Então, tudo o que ela vai fazer tem que ser sustentado por esses pilares (ENT5).

Eu vejo que mudou muito a percepção das empresas com relação a negócios ambientais. Hoje, a perspectiva não é somente de preservação do meio ambiente. Claro que isso é, tem um peso grande ainda. Mas as empresas estão começando a enxergar a preservação como um atrativo. Como atrativo de lucros, atrativos de clientes (ENT6).

(...) há uma preocupação com a questão ambiental. Hoje é possível perceber que esse é um fator primordial. A empresa começa a enxergar essa questão de maneira diferente. Há um tempo só era vista a questão dos custos e despesas, mas hoje já faz parte dos planos e estratégias de organização. Não nos preocupamos apenas com a imagem, levamos em conta também as melhorias relativas às questões ambientais (ENT7).

E agora, mais do que nunca, eles estão vendo que é importante a empresa estar alinhada com a preservação do meio ambiente, porque isso faz a sua empresa ser mais competitiva, se hoje ela está na bolsa de valores mostra que ela é uma empresa que pensa na sociedade, pensa no meio ambiente, que pensa no retorno pros acionistas (ENT8).

Um outro exemplo que também se encaixa nessa subcategoria refere-se a uma prática inovadora de reaproveitamento de água de compressor usada pela empresa do Ent 1 que foi adotada por diversas outras empresas.

A empresa de siderurgia a partir do nosso projeto começou a reutilizar também essa água. Acabou que as empresas do grupo agora todas adotam o mesmo

procedimento, conseguiram fazer nas outras empresas o mesmo reuso dessa água, o projeto aqui já está em quatro empresas diferentes (ENT1).

3.4.3.2. Categoria 2 – Ação Interorganizacional

A categoria 1 (Elementos Exógenos) trata do contexto macro da dinâmica do comportamento das organizações e suas subcategorias possibilitaram uma melhor compreensão das condições ambientais que influenciam o processo de tomada de decisão das organizações em direção a políticas mais sustentáveis.

De modo a ampliar o entendimento sobre o processo de SI que está em desenvolvimento em Sete Lagoas, torna-se relevante explorar os elementos em nível meso que permeiam as relações entre as organizações. Para isso, a categoria 2 Ação Interorganizacional foi dividida em elementos objetivos (Tabela 3) e elementos subjetivos (Tabela 4).

Tabela 3: Estrutura de Codificação da Categoria 2 - Elementos objetivos

Subcategoria 1 - Elementos objetivos	Nº Fontes	Nº Codificações
Fluxo de informação	14	42
Diversidade industrial	12	19
Fluxo de recursos	13	36
Viabilidade econômica	17	53

Tabela 4: Estrutura de Codificação da Categoria 2 - Elementos subjetivos

Subcategoria Elementos Subjetivos	Nº Fontes	Nº Codificações
Mecanismo de coordenação	15	35
Interface com a comunidade	7	15
Interações organizacionais	12	34

3.4.3.2.1. Subcategoria – Elementos Objetivos

A subcategoria Elementos Objetivos da ação interorganizacional agrupou as variáveis técnicas e econômicas que permeiam o processo de SI. A variável “Viabilidade Econômica” apresenta-se como a mais forte entre os elementos que explicam a SI. Os entrevistados enxergam as trocas simbióticas como uma oportunidade de aumentar receita e reduzir custos.

No Quadro 9 são apresentados trechos em que os entrevistados explicam os resultados dessas ações do ponto de vista econômico.

Quadro 9: Subcategoria Viabilidade Econômica

Resultado	Trechos codificados
Aumento da receita	Do ponto de vista financeiro a empresa consegue recurso com a venda dessa madeira (ENT 1).
Redução dos custos	a questão do transporte, a empresa que coletava e trazia pra gente a destinação, ela cobrava um valor bem maior. Então nós tivemos sim a redução. Não consigo te falar em porcentagem no momento. Mas nós tínhamos redução sim quanto ao valor (ENT 10).
Aumento da Receita	optamos por investir na construção de galpão e pátio para recebimento dos resíduos. Assim, a produção do composto orgânico aumentou, sem aumento de custos por aquisição de produtos. Aconteceu o contrário, a recepção destes produtos é cobrada por nós o que acabou gerando receita para a empresa (ENT 15).

Contudo, nem sempre as práticas são viáveis do ponto de vista financeiro ou o benefício só será percebido a longo prazo. Nesses casos, as empresas preferem não se arriscar.

(...) tem um produto bem interessante que é cimento, areia que daria, teoricamente, pra usar na questão de telhas, blocos, alguma coisa nesse sentido, mas pra essas pessoas que nós oferecemos ele não achou interessante, não viu viabilidade econômica pra ele (ENT16).

Uma das principais características de caráter técnico apontadas na literatura para o desenvolvimento da SI é a necessidade de diferentes tipos industriais (Taddeo et al., 2017). Esse elemento “Diversidade Industrial” do distrito industrial de Sete Lagoas pode ser verificada a partir dos seguintes trechos:

(...) no parque industrial como nós temos, diversificado aqui em Sete Lagoas, nós temos autopeças, bebidas, alimentos, têxtil, limpeza, siderurgia, deixa eu ver o que mais, cimento, citando os maiores (ENT12).

(...) nós temos Sete Lagoas que é uma cidade com a característica industrial diversificada nós temos um grande parque siderúrgico, o nosso parque não

chega a ser o maior do Brasil, está entre um dos maiores aí. Nós temos industrial têxtil, nós temos fábricas alimentícias, temos a Itambé como a principal, mas tantas outras, e temos um parque industrial automotivo também grande além da Ambev (ENT4).

Apesar de não ser uma cidade relativamente grande, mas é uma cidade que tem empresas a nível de expansão nacional e também multinacionais. Então existe uma grande oportunidade em se explorar esse tipo de negócio aqui na cidade (ENT6).

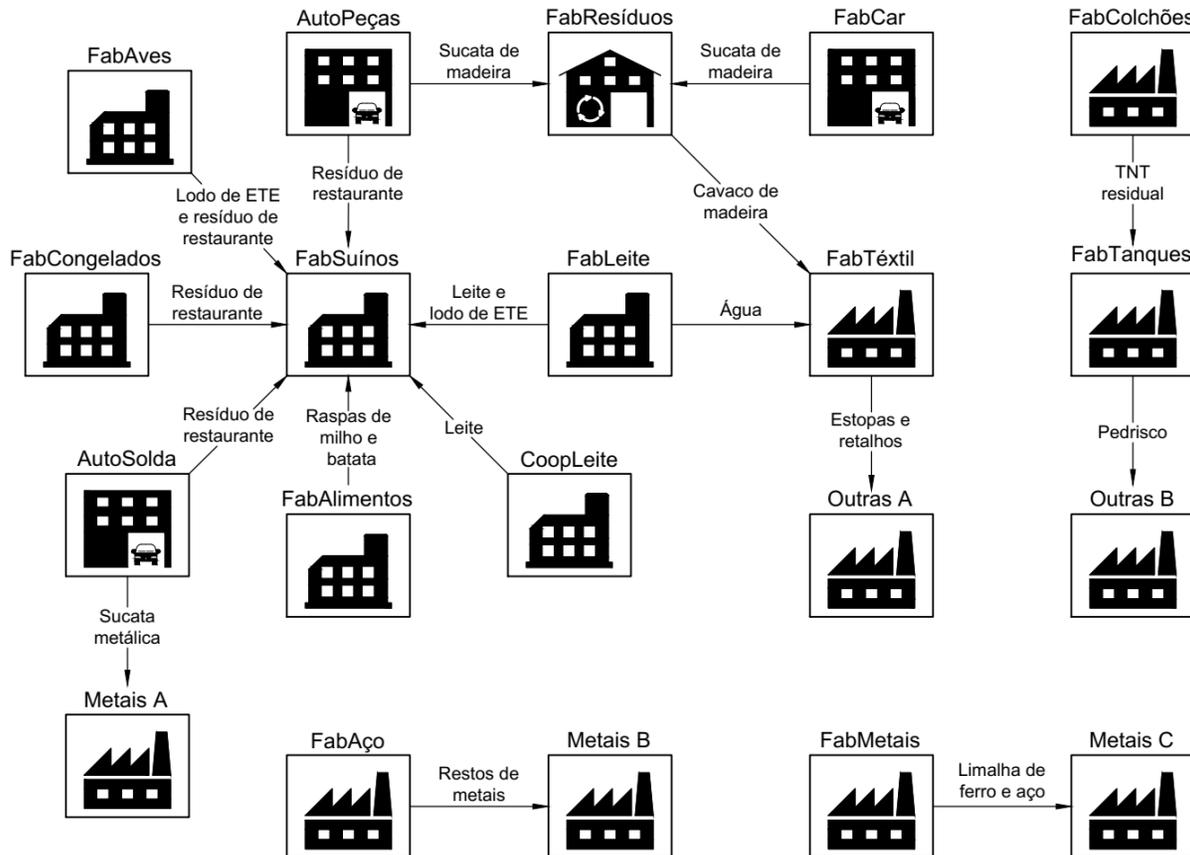
Outro elemento técnico a ser considerado no processo de interação entre organizações e que pode se apresentar como um obstáculo para a concretização das sinergias ou um dínamo para promover as conexões é o Fluxo das Informações (Chertow & Lombardi, 2005). Esse elemento se mostrou relevante durante a etapa 2 do projeto de identificação de recursos e mapeamento e proposição de oportunidades de negócios ambientais. Todos os entrevistados relataram a realização de visitas técnicas às empresas pela equipe do projeto e o compartilhamento de informações sobre entradas e saídas dos seus processos produtivos. A ENT11, responsável por acompanhar os bolsistas nas visitas, destacou que durante esse processo de coleta das informações, ficaram perceptíveis algumas diferenças entre as pequenas e as grandes empresas quando se trata de abertura e sistematização dos dados.

(...) o pequeno, ele tem mais abertura do que o grande. Até por uma questão hierárquica mesmo, de dados e tal., mas na grande tem os dados mais sistematizados. Então ele tem que pedir permissão, mas ele já tem aquilo quase pronto. E no pequeno ele tem que realmente reunir dados pra aquilo, mas ele tá mais aberto.

A partir do levantamento dos diferentes atores industriais de uma região e do compartilhamento das informações, é possível estabelecer os “Fluxos de Recursos” que podem ser transacionados. Essas conexões podem ocorrer por meio de (1) uso de subprodutos, água

e energia e/ou (2) compartilhamento de serviços e utilidades, como o uso coletivo de infraestrutura, serviços logísticos e atividades ambientais (F. Boons et al., 2016). Os fluxos de recursos do distrito de Sete Lagoas foram mapeados a partir dos relatos dos entrevistados e estão representados na Figura 11.

Figura 11: Fluxos de recursos entre as empresas participantes do projeto



A FabSuínos funciona como um ponto central na rede de SI de Sete Lagoas contendo sete interações com empresas diferentes. A empresa recebe resíduos de restaurante de quatro indústrias: AutoSolda, FabCongelados, FabAves e AutoPeças. Das empresas do ramo alimentício, a granja recebe raspas de milho e batata, leite e lodo das estações de tratamento de esgoto (ETE). Dos resíduos recebidos, os resíduos sólidos têm duas destinações: alimentação animal e compostagem. O composto orgânico produzido é comercializado e gera

receita para a granja. Já os resíduos líquidos como os efluentes tratados e o leite são aplicados na fertirrigação.

Outro ator importante para a implementação da SI é a FabResíduos, empresa especializada em gerenciamento de resíduos industriais. Ela é responsável por receber grandes volumes de sucata de madeira gerados pelas indústrias AutoPeças e FabCar. Essa sucata de madeira é triturada e transformada em cavacos que são fornecidos para a produção de energia para a FabTêxtil em suas caldeiras. A Fabtêxtil também reaproveita o efluente tratado da FabLeite no processo produtivo do tecido que demanda bastante água. Esse fluxo ocorre através de uma tubulação de uma indústria a outra. Os retalhos e estopas resultantes do seu processo produtivo são vendidos para pequenas empresas da região.

As indústrias do setor de metais e aço como FabAço, FabMetais e FabSolda também comercializam os seus subprodutos para outras empresas como as aciarias. Por fim, o último fluxo trata-se da comercialização de TNT residual da produção da FabColchões para a FabTanques que o utiliza para transporte das peças produzidas. Já os pedriscos residuais da produção da FabTanques são comercializados para empresas de blocos e peças modeladas.

Em resumo, apesar dos esforços da FIEMG em propor os PNCs, percebe-se que o projeto de EC resultou em uma rede de SI ainda incipiente, com poucas conexões entre os atores industriais, baseada em relações bilaterais de trocas de materiais, água e energia. Quanto ao compartilhamento de serviços, as empresas do setor automotivo relataram que possuem um sistema integrado de serviços logísticos. Contudo, não é uma iniciativa fruto do projeto da FIEMG.

3.4.3.2.2. Subcategoria – Elementos Subjetivos

Tão importante quanto identificar as conexões estabelecidas pelos fluxos de matéria e energia da SI entre as empresas, é entender como elas se relacionam com o meio em que estão inseridas. Sendo assim, a subcategoria “Elementos Subjetivos” abrange o

relacionamento das empresas com a comunidade, as interações entre as organizações e o papel do champion no DI de Sete Lagoas.

No elemento subjetivo, “Interface com a Comunidade”, pretende-se compreender o engajamento das empresas com a comunidade local. Os trechos que fazem referência aos projetos e ações que as empresas realizam foram agrupados e estão listados no Quadro 10. Percebe-se que algumas das ações são por demanda da própria comunidade outras em parceria com a prefeitura e/ou outras empresas.

Quadro 10: Subcategoria – Interface com a Comunidade

Empresa	Ações sociais
AutoPeças	Melhorias no bairro como rede de captação fluvial, projetos de reuso de água e horta com compostagem nas escolas; Doação de fita pet e material descartável para associação de catadores que devolve o material em forma de pallet para a empresa; Projeto de reflorestamento em parceria com a prefeitura.
FabCongelados	Doação de papelão e plástico para associação de catadores.
FabLimpeza	Doação dos resíduos de EPI para uma empresa que faz a reforma e vende pelo preço de custo para empresas familiares; Parceria com a prefeitura na distribuição de mudas e conscientização da população.
FabResíduos	Projeto Ponto Verde - pessoas físicas destinam seus resíduos nesse ponto de coleta e a empresa paga por eles.
FabTanques	Doação de resíduos de brita para a comunidade utilizar na construção.
AutoAudio	Doação de papelão e de grande volume de madeira para associação de catadores da cidade; Revitalização de praça por demanda da comunidade.
AutoSolda	Doação de madeira, plástico, papel para empresa de reciclagem; Projeto Solidariedade Compartilhada - doação de alimentos para a comunidade em parceria com os colaboradores da empresa; Cinema para as crianças e ações em datas comemorativas; Mantenedora da instituição Próximo Passo que oferece oficinas de reciclagem, desenvolvimento de mudas; Projeto Pesca ao Plástico – limpeza da orla das lagoas da cidade em parceria com outras empresas.
FabTextil	Parceria com a secretaria de meio ambiente para doação dos tambores; Participação em eventos em escolas e datas comemorativas.
FabMetais	Parceria com a prefeitura para instalação de um ponto de ônibus ecológico utilizando pallets; Horta comunitária dentro da escola e cursos para a comunidade.

Já o elemento “Interações Organizacionais” engloba qualquer tipo de relação entre duas empresas ou mais para realizar um objetivo comum. Esse elemento mostrou-se mais

significativo nas empresas de médio e grande porte. Anterior ao projeto de EC (quadro 11), já era possível perceber algumas interações principalmente entre as empresas do setor automotivo. Outros parceiros também foram identificados nas entrevistas, como Embrapa, Emater, Universidade de Viçosa. Essas parcerias demonstram um potencial de integração das empresas com institutos de pesquisa e universidades.

Quadro 11: Interações Organizacionais do Projeto Piloto de EC

Interações Organizacionais antes do Projeto Piloto de EC
Porque aqui a AutoPeças está dentro de um condomínio de empresas, além da AutoPeças existem mais quatro empresas aqui dentro desse mesmo condomínio, são empresas diferentes com segmentos diferentes, a gente tem uma interação aqui dentro e elas têm interação com as empresas que estão entorno, que é o caso da Maxion Montich, FabAço e AutoSolda então acaba tendo essa interação (ENT 1)
Nós tínhamos poucas empresas parceiras mesmo. Porque a gente produzia o composto muito só com subprodutos nossos de produção. Recebíamos de uma empresa só (ENT 15)
Em geral, nós nos relacionamos muito com esse parque industrial automotivo, o relacionamento nosso da AutoAudio está muito com esse grupo. Temos por outra, e não mais por mim como diretoria mas outros cargos como RH, por exemplo, que está em uma diversidade maior, que aí existe um grupo que somos nós, existem outras empresas, Bombril, FabTextil, Itambé, existe uma multidisciplinaridade maior, mas do ponto de vista de diretoria ele está muito mais concentrado no automotivo (ENT 4)
(...) nós participamos de 20 workshops de outras empresas para entender o que eles estavam fazendo. Claro, algumas não conseguimos trazer como soluções de processos, mas muitas conseguimos fazer, assim como recebemos sete ou oito empresas grupos de empresas diferentes, mostramos os processos, os projetos que eles estavam tentando, então esta sinergia tem ficado muito interessante. E nós industriais temos trocado mais figurinhas, o que realmente é muito importante, foi envolvimento com o nosso principal cliente que é a FabCar também tem ajudado bastante neste ciclo, nós nos distanciamos menos, nos aproximamos mais desta operação, e queremos que as coisas aconteçam de forma mais eficiente, menos dolorosa (ENT4).
(...) nós entregamos peças para eles através de sistema compartilhado. Então, significa dizer que a eficiência logística neste caso, ela é 100%. Ele coleta as nossas cargas, ele coleta carga da AutoSolda, da AutoPeças, vai em Betim, pega de Betim, vai em São Paulo e entrega na montadora. E funciona muito bem, então, realmente funciona. Obviamente que tivemos que nos adaptar para que tivéssemos uma liberalidade maior do ponto de vista de controle (ENT4).
Nós temos mais relação com o pessoal de segurança, agora dentro da pandemia parou, mas a gente já fazia reuniões mensais cada um em cada empresa, apresentava algo da área que acaba que era pertinente e outras empresas poderiam utilizar (ENT8).

O Projeto Piloto de EC foi uma oportunidade para estreitar essas relações. A partir do projeto, essas interações se intensificaram, como pode ser confirmado pelos seguintes relatos

do Quadro 12. Inclusive, o ENT13 aponta que a participação no projeto foi uma chance para as pequenas empresas acessarem empresas maiores.

Sabe o que gera? Uma aproximação das empresas em vários sentidos. Por exemplo, a gente não tem um acesso tão grande à essas multinacionais, aqui em Sete Lagoas são várias, se você tá dentro do projeto desses, as vezes, você cria uma relação, as vezes, você tem alguma coisa a oferecer que você não consegue chegar nelas de outras maneiras, porque são empresas, as vezes, muito complicadas de você acessá-las, e, às vezes, tem uma solução pra uma multinacional que está buscando uma solução longe e as vezes a solução tá aqui dentro da cidade.

Quadro 12: Interações Organizacionais depois do Projeto Piloto de EC

Interações Organizacionais depois do Projeto Piloto de EC
A partir das reuniões eu consegui visitar FabCar para entender como era a questão ambiental, eles vieram aqui na empresa também conhecer a gestão ambiental. Estive na AMBEV que é uma empresa totalmente diferente do setor automotivo, mas a gente conseguiu essa troca de conhecimento, visitamos para conhecer como é o processo de gestão deles, eles estiveram aqui para entender nosso processo, então foi bem bacana, as empresas foram bem participativas, ainda tenho contato com algumas mesmo tendo acontecido em 2018 (ENT1).
Com o projeto da economia circular, que nós começamos por exemplo, receber resíduo de refeitório, que era uma questão que nós não recebíamos antes. Então assim, foi o grande impulso foi depois do projeto (ENT15).
mas eu conversei com muitas, lembro de ter conversado com a FabTextil, lembro de ter conversado eu acho com FabSuinos, eu acho que são essas, mas teve outras conversas também entre as empresas que eu me lembre assim (ENT16).
A FabSuinos, através do programa de economia circular, a gente iniciou tratativas pra poder fazer a reciclagem do nosso resíduo orgânico, que é o resíduo que sobra do restaurante, da poda dos nossos jardins (ENT11).
Então, a participação dentro da economia circular abre um leque de visibilidade, até mesmo para conhecer outras empresas dentro e fora do estado que possam vir a utilizar esses serviços no seu processo. Isso é muito interessante, não somente para esses resíduos que já sabemos a destinação dentro da economia circular. Temos a possibilidade de conhecer novos parceiros, novas destinações ou até mesmo resíduos que possamos utilizar como biomassa na nossa caldeira (ENT7).

Outra variável que se mostrou relevante para o processo de SI foi a existência de uma coordenação local ou o suporte de uma pessoa com conhecimentos técnicos específicos para conduzir o processo. Essa figura é chamada na literatura de *champion*, que pode ser um líder

local, uma autoridade municipal, uma entidade de classe que se encarrega de promover e assessorar as ações de SI. Essa subcategoria foi nomeada como mecanismo de coordenação.

Há um consenso entre os entrevistados de que as entidades ACI e FIEMG desempenharam esse papel de sensibilização das empresas, organização dos esforços, suporte técnico e sobretudo na construção de relações de confiança. No Quadro 13 estão descritas essas funções e os respectivos trechos.

Quadro 13: Mecanismo de Coordenação

Função	Trechos codificados
Buscar conexões entre os atores	O ENT 2 assim, eu vi que ele não desmotivou em momento nenhum e ele tá até hoje nessa acreditando no projeto, buscando conexões. Buscando favorecer às vezes, é conexão com as empresas daqui, com empresas da redondeza. Então assim, eu vejo ele como a figura principal (ENT11).
Mobilizar todos os atores para participar do projeto	Quando a Fiemg trouxe o projeto aqui em Sete Lagoas, eles enviaram para todas as empresas uma carta convite, nós recebemos a carta convite antes da primeira reunião, informando sobre o projeto que estava vindo para cá, depois eles entraram em contato via telefone para ver se tinha recebido a carta que eles haviam enviado e se tinha interesse da empresa em aderir o projeto, foi aí que começou todo o cadastro (ENT1).
Identificar oportunidades de negócios	(...) a gente participou muito com ACI. Isso foi discutido dentro da ACI. Tanto é que ACI que é um dos mobilizadores aí do projeto da EC aí junto com a FIEMG, apresentando essas empresas. Entendeu? Como era muito novo, era uma coisa assim, a identificação do quê que poderia ser criado de parceria de uma pra outra, era algo que precisava ser trabalhado (ENT10).
Dar credibilidade ao projeto	(...) diretor da ACI, presidente se eu não me engano, e a gente sabe da seriedade do trabalho deles, da proposta que eles trazem sempre para poder ajudar as empresas no geral aqui, principalmente na região de Sete Lagoas, e assim, a gente sabe que eles são bem atuantes, eles estão tentando trazer benefícios e propostas que nos tragam retorno aí o empresariado aqui de Sete Lagoas (ENT9). Eu vejo que quando tem uma intervenção externa, igual a FIEMG é um nome importante, né? Pro nosso ramo aí industrial, quando tem essa mediação através deles, eu vejo que tem confiança, eu acho que é bem assertivo, eu acho que colabora muito. Essa mediação deles auxilia muito pra cooperação (ENT8). (...) toda vez que eu for falar de confiança, sem dúvida a FIEMG e ACI são duas entidades que eu sempre vou me lembrar delas (ENT4).
Mediar as relações entre atores	(...) esse foi o passo mais difícil na verdade, porque, primeiro, as empresas do nosso parque industrial aqui, eu tenho um bom relacionamento com a maioria delas, mas algumas são muito fechadas a receber terceiros, mesmo os terceiros sendo técnicos da FIEMG, obviamente vem de um projeto consistente, um projeto sério, essa foi a

	<p>maior dificuldade, abrir as portas dessas empresas e que elas fornecessem números mesmo, quantitativos, de resíduo, produção, essa foi a maior dificuldade. Constantemente, eu recebo ligação que "Boa noite, estou precisando falar com o diretor daquela empresa, com o gerente daquela empresa, tem um jeito de você avisar que eu vou ligar, que eu vou fazer um contato", porque eu conheço quase todos eles e eu sempre faço essa mediação (ENT12).</p> <p>Eu caracterizo extremamente importante a participação da FIEMG, como principalmente mediador. De juntar as empresas. De ajudar a gente a definir um ponto em comum pra todo mundo (ENT6).</p>
Acompanhar as ações	<p>(...) até a parte da gente consolidar o fechamento dessa logística das embalagens de madeira, a FIEMG atuou bastante. Se eu não me engano a gente teve uma presença mais forte da FIEMG, por cerca de dezoito meses (ENT 6)</p>
Facilitar a comunicação e fornecer conhecimento técnico	<p>A FIEMG é primordial. Eles possuem capacitação técnica e contatos com empresas dentro de todo o Estado. Dessa maneira conseguem condensar tudo isso. E a ACI desempenha o mesmo papel dentro de todo o Estado. Todas as empresas estão direcionadas para ela, e também consegue condensar as informações em um único local. O que facilita a busca para todas as empresas. (ENT 7).</p>

Contudo, o próprio coordenador do projeto aponta para a impossibilidade de se manter ações contínuas em todos os projetos da FIEMG, pois são 11 regionais distribuídas pelo Estado com diversas frentes de atuação. Ele entende que:

(...) mesmo a FIEMG, ela não tem condições de ser um ator presente em cada micro região dessa, então por isso que a gente entende que a associação comercial industrial ou o sindicato, quando é um polo industrial que tem a maior presença de sindicato, eles são os grandes atores ali dessas mobilizações frequentes (ENT2).

Nesse sentido, a fim de dar continuidade ao projeto, seria interessante estabelecer uma estrutura de governança local constituída por empresários, representante do governo local, entidades locais e sociedade civil. Um ator local, proprietário de uma das empresas participantes do projeto, se destacou como um possível *champion* para essa rede de SI que está em construção em Sete Lagoas, conforme ENT12: "O ENT15 acreditou, afiançou o projeto e seguiu e segue nele até hoje. Ele se tornou um entusiasta do projeto". Nas suas próprias palavras:

Nossa empresa sempre foi voltada para questões ambientais, somos referência para várias universidades mineiras e quando ficamos sabendo desta possibilidade, encheu nossos olhos poder contribuir com o meio ambiente, proporcionando a outras empresas a destinação correta, e fazer disto uma fonte de receita é muito especial para nós (ENT15).

3.4.3.3. Categoria 3 – Barreiras

Na categoria Barreiras à implementação da SI no DI de Sete Lagoas (Tabela 5), a subcategoria de mais força é a ausência de ações governamentais em nível federal, estadual e municipal no sentido de promover um ambiente de diálogo e colaboração com o setor privado de modo a pensar em caminhos e soluções relacionados a práticas industriais mais sustentáveis. No Quadro 14, os entrevistados apontaram as suas expectativas em relação ao papel do Estado. De todos os relatos, apenas o ENT9 destacou uma oportunidade de financiamento para aquisição de maquinário oferecido pelo governo que foi condicionado a implementação de uma certificação ambiental em sua empresa.

Quadro 14: Subcategoria – Ausência de Ações Governamentais

Papel do Estado	Trecho codificado
Ações conjuntas para propor soluções	(...) nós não temos uma participação de nenhum órgão competente nos auxiliando na solução. Acho que o estado ele deveria ter uma participação, uma ação mais responsável. E isso a gente não vê isso acontecer. E o que falta é a participação governamental mesmo. Falta estruturação disso (ENT10). (...) eu acho que até é uma questão de ter um apoio maior, porque a gente conseguiria gerar muitas soluções (ENT13).
Apoio as pequenas empresas	(...) o governo em si eu acho muito omissos em relação a isso, podia ser feito muito mais, podia ser feito um trabalho mais extenso, principalmente com as pequenas empresas. As grandes empresas têm toda uma estrutura, todo um apoio em cima disso, mas com as pequenas empresas deixam a desejar sim (ENT3).
Incentivo pesquisa	(...) a gente precisa de pesquisa, precisa de recurso para seguir com essas iniciativas. Então no âmbito federal, seja através da CNI, ou junto com o governo federal, eu não vejo nenhuma iniciativa real de incentivo (ENT2).
Engajamento em pautas ambientais	(...) nada efetivo com relação ao descarte de materiais. Algum tipo de obrigatoriedade nos delibere que devemos descartar tanto, aproveitar tanto, nada neste sentido. Por mais que tenha uma série de acordos, de Paris, uma série de acordos que são feitos, do clima, mas o Brasil ainda não está muito engajado nisso (ENT4).

Outra barreira percebida diz respeito a indisponibilidade de tempo dos atores envolvidos para se dedicar as ações do projeto, como participação de reuniões, rodadas de negociação, acompanhamento das visitas. A FIEMG percebeu que o tempo de deslocamento até a sede da ACI para participar das reuniões pode desmotivar o empresário ou diretor da empresa a se engajar. O ENT5 corrobora com esse achado, ao relatar a correria do dia a dia:

(...) é um projeto muito chamativo, que traria muito benefício ambiental, social, econômico. Então, você poderia ter vários ganhos. Mas como fazer isso levando em consideração a correria do dia a dia? Como é que eu vou ser tão atrativo pra pessoa entender que isso aqui é um investimento de tempo, né? Não é perda de tempo, é um investimento. eu vejo que foi uma das grandes dificuldades pra conseguir evoluir e implementar algum projeto (ENT5).

(...) primeiro que as empresas realmente não têm tempo pra dedicar com esse programa, então se não tiver alguém ali, no caso foi a FIEMG, mas se tivesse outra entidade para seguir com essas mobilizações, poderia ser do governo estadual, poderia ser da própria ACI, enfim, alguma entidade que essas indústrias as reconhecem e fosse o ponto focal e nessa constante pra promover essas ações sem isso eu te garanto que não vai acontecer (ENT2).

(...) pra pessoa deslocar da empresa pra ir na ACI ou pra ir lá na sede da FIEMG pra participar das reuniões para a empresa é uma perda de tempo (ENT2).

Ainda sobre as barreiras encontradas no processo de estabelecimento das práticas de SI, destaca-se o dilema entre o custo da destinação *versus* o custo do investimento. O ENT4 relata o custo de tratamento de resíduos da sua empresa:

Para você ter uma ideia, o nosso custo de tratamento de material ele não chega a 0,1% do faturamento, é baixíssimo, não interessa a ninguém. Mas para mim

interessa porque eu estou simplesmente pegando o material, jogando material fora, eu joga material no lixo sem aproveitamento algum.

Diante desse baixo custo da destinação, as empresas não se sentem motivadas a investir em novas práticas, novas tecnologias e se envolver em novos arranjos, o que pode ser comprovado pela fala da ENT15: “É, às vezes, até tem algumas empresas que gostariam de adotar novas tecnologias, novas práticas, a gente vê que existe uma abertura. Mas pra elas é pesado o investimento.”

Por fim, embora o projeto tenha tido boa adesão das empresas em adotar práticas de SI, os entrevistados apontaram que não houve uma devolutiva para as empresas participantes em relação aos resultados alcançados, novas rodadas de negociação, monitoramento das ações. Essa descontinuidade das ações foi apontada como uma barreira para o andamento do projeto.

(...) teve um acompanhamento inicial, alguma pessoa fazendo um trabalho intermediário, mas isso parece que durou pouco tempo assim, não houve uma insistência grande nesse sentido, entendeu? Eu acho que se tivesse a gente poderia, de repente, ter encontrado alguns parceiros não só pra empresa, mas pra outros parceiros aí pra desenvolver alguma coisa (ENT16).

(...) eu sei que foi um pouco decepcionante o resultado, eu esperava realmente que conseguimos um resultado melhor, tanto do ponto de vista de dar saída, nós não conseguimos, mas também do ponto de vista de entrada, nós também não conseguimos, ou seja, nós ficamos no meio do caminho ali sem efetivamente grandes resultados. O pós para entender, qual o nível de sucesso do projeto nas demais empresas, confesso que não tenho essa informação (ENT4).

Tabela 5: Estrutura de Codificação da Categoria 3 - Barreiras

Subcategorias	Nº Fontes	Nº Codificações
Ausência de ações governamentais	12	28

Indisponibilidade de tempo	2	3
Custo da destinação versus Custo do investimento	2	4
Descontinuidade das ações	7	14

3.5. Discussão

A compreensão do contexto em que o projeto de SI está inserido e do histórico das relações existentes permite esclarecer alguns pontos relacionados ao comportamento das organizações frente a demandas por mudança. Em se tratando dos elementos exógenos, percebe-se que as leis e sanções são as que mais determinam a ação organizacional. Contudo, essa pressão ainda possui foco no modelo tradicional e unidirecional dos processos produtivos em que as ações estão voltadas para uma melhor destinação final do resíduo. Ainda que a PNRS (BRASIL, 2010) seja um instrumento moderno que engloba indiretamente a SI e a EC por meio de dispositivos que incentivam a melhoria dos processos produtivos, o reaproveitamento dos resíduos sólidos, o aproveitamento de energia, até o momento, não se viu desdobramentos em planos, programas e ações que promovam mudanças significativas na gestão de resíduos no Brasil (Jardim et al., 2021; Paula & Abreu, 2019). Esse achados são corroborados pelo caso de SI de Ulsan em que as indústrias adotaram práticas de produção mais limpa e implementaram sistemas de gestão ambiental baseado na ISO 14001 em resposta a uma legislação ambiental rigorosa imposta pelo governo sul coreano (Park, 2008; Park et al., 2004).

Em que pese, a relevância da conformidade legal como indutor de novas práticas organizacionais, um movimento de adesão voluntária a normas e procedimentos também é percebido nas empresas do distrito de Sete Lagoas, especialmente em empresas de médio e grande porte. Essa é uma tendência mundial. Na Europa, o número de organizações certificadas pela ISO 14001 também tem crescido constantemente (Merli & Preziosi, 2018). Nesse sentido, esse movimento de mudança tem ocorrido em resposta não só às forças ambientais como também é fruto de ações propositais e voluntárias das organizações. O

estabelecimento de um ambiente cooperativo entre empresas e governo com vistas a atingir melhores resultados ambientais é uma das características apontadas para o sucesso de Kalundborg (Branson, 2011; Desrochers, 2001; Ehrenfeld & Gertler, 1997; Lowe, 2001).

Em um contexto de novas práticas, novas demandas e novas tecnologias, a SI apresenta-se como uma estratégia compatível com essas preocupações. Contudo, para que ela ocorra, alguns elementos se mostraram relevantes no estudo. A viabilidade econômica foi apontada como fator-chave para o estabelecimento da SI entre as empresas do DI de Sete Lagoas o que vai de encontro aos resultados apresentados por Lombardi e Laybourn (2012) nos casos implementados no âmbito do NISP. Para eles, a viabilidade econômica das trocas e oportunidades de negócios sólidas são determinantes para o êxito das transações.

Sobre o fluxo de informações, Abreu e Ceglia (2018) relataram o impacto positivo da disseminação de informação no estabelecimento da SI. No DI de Sete Lagoas, as empresas conseguiram estabelecer um bom fluxo de informações a partir das visitas as empresas e por meio do corpo técnico da FIEMG. Entretanto, esse fluxo se restringiu ao período em que a FIEMG estava no comando do projeto. Para solucionar esse problema, plataformas *online* podem agir como ferramenta para apoiar as empresas a visualizar os caminhos para conversão do resíduo em recurso (Abreu & Ceglia, 2018).

Em que pese a relevância dos elementos objetivos para o estabelecimento das transações de SI, a forma como as organizações se relaciona não é conduzida apenas por questões de eficiência técnica e econômica, mas também por elementos socialmente construídos. Nesse sentido, as interações com a comunidade, as relações com outras organizações e o papel de coordenação foram analisados.

Diferente do que foi percebido, em casos como o de Kalundborg e Ulsan em que a comunidade foi agente atuante para pressionar as empresas a adotarem práticas mais sustentáveis resultando na adoção da SI (Faria et al., 2021), essa atuação e engajamento da comunidade não foram percebidos no DI de Sete Lagoas. A interface com a comunidade se

restringe a ações sociais como revitalização de praças, curso de capacitação, doação de alimentos.

No que diz respeito às interações entre as empresas, foi possível perceber que já havia uma interação anterior ao projeto entre algumas empresas do DI, sobretudo entre as empresas do ramo automotivo por meio de *workshops*, palestras e visitas. Com a iniciativa do projeto, essa interação se intensificou, inclusive, entre empresas de setores diferentes. Essa interação entre empresas do mesmo segmento e entre empresas de setores diferentes também contribuiu para identificação das oportunidades de sinergia em Kwinana (van Beers et al., 2007). Essa troca de experiências e informações amplia a compreensão das entradas e saídas de outras empresas o que facilita o estabelecimento dos fluxos de recursos, como também permite uma aproximação maior entre esses atores.

De modo análogo ao que ocorreu em Ulsan (Behera et al., 2012), no México (Morales et al., 2019) e nos casos implementados pelo NISP (Abreu & Ceglia, 2018), verificou-se que o projeto piloto de EC aumentou a capacidade institucional da região para desenvolver a SI, uma vez que avançou no compartilhamento de novos conhecimentos, promoveu uma maior interação entre as organizações e identificou oportunidades de negócios para as empresas. Entretanto, em função da metodologia da FIEMG, em que o projeto teve seu início e fim já determinados, houve uma descontinuidade das ações. Essa mobilização inicial, com o engajamento dos atores condiz com o que foi relatado por (Barros, 2014) no estudo de caso da cadeia produtiva petroquímica-plásticos, porém, devido a eventos na dinâmica de mercado houve a desmobilização dessas ações, o que dificultou a implementação da SI.

De modo a resolver essa questão, diversos estudos de SI (Ferrer et al., 2012; Hewes & Lyons, 2008; Kokoulina et al., 2019) apontam para a importância do *champion* ou de uma entidade que se responsabilize pela coordenação das ações. Ao longo do projeto, a ACI e a FIEMG foram apontadas como essa figura capaz de mobilizar e sensibilizar atores por serem entidades sérias, com propósito, com pessoal técnico capacitado e sobretudo por inspirar

confiança. Sendo assim, para que haja manutenção das ações, engajamento de novos atores e constância das interações, faz-se necessário estabelecer uma estrutura de governança local em que sejam atribuídos papéis aos atores envolvidos, sobretudo alguém que assuma esse papel de coordenação no DI de Sete Lagoas.

Ao comparar os resultados encontrados no estudo de caso do DI de Sete Lagoas ao modelo teórico-analítico proposto por Faria et al. (2021), depreende-se que a continuidade do projeto estará condicionada ao aprimoramento de alguns elementos como: engajamento coletivo dos atores industriais por meio de ambientes colaborativos como conselhos e comitês para resolução de problemas em conjunto; parcerias com instituições de ensino e pesquisa para o desenvolvimento de novas tecnologias, produtos e processos; fortalecimento da gestão da informação de modo a tornar as relações mais transparentes e confiáveis; fomento a heterogeneidade de atores industriais a partir da atração de novas empresas para o DI de Sete Lagoas ou estímulo à criação de novas empresas; fortalecimento e criação de espaços que estimulem a participação da comunidade local nas decisões; revisão da política fiscal e tributária atual aliada a implementação de incentivos e suporte financeiro as empresas que adotem medidas circulares e por fim, fortalecimento da cultura cooperativa e da conscientização a respeito das questões ambientais. A Figura 12 resume as categorias e subcategorias que emergiram da análise dos dados da pesquisa.

Figura 12: Principais elementos do processo de SI do DI de Sete Lagoas



3.6. Considerações Finais

À medida que as análises do processo de transição para SI no DI de Sete Lagoas foram realizadas, unidades de sentido foram descobertas e a partir delas categorias e subcategorias emergiram. Percebeu-se uma estrutura subjacente ao processo de implementação da SI que contempla: os elementos exógenos que se desdobram em leis, normas e entendimentos compartilhados; os elementos objetivos da ação organizacional que são os fluxos de recursos, a diversidade industrial, a viabilidade econômica e os fluxos de informação; os elementos subjetivos das relações que se dividiram em interface com a comunidade, interações organizacionais e o papel de coordenação; e por último, as barreiras que são: ausência de

ações governamentais, indisponibilidade de tempo, custo da destinação *versus* o custo do investimento e a descontinuidade das ações.

O estudo realizado no contexto brasileiro possui implicações teóricas e práticas. Do ponto de vista teórico, o estudo avança no entendimento do contexto em que as indústrias brasileiras estão inseridas e elenca os elementos atinentes ao processo de SI a partir da realidade brasileira. Esses dados se juntam a um corpo teórico majoritariamente desenvolvido a partir de casos de implementação de SI em países desenvolvidos, preenchendo essa lacuna de pesquisa com dados sobre países em desenvolvimento.

Do ponto de vista prático, a análise exploratória e descritiva do projeto piloto de EC de Sete Lagoas pode servir como modelo para outros distritos industriais que se encontram na mesma situação e possuem as mesmas características, pode subsidiar o planejamento de ações de governança local com vistas a melhorar o projeto atual, pode fomentar políticas voltadas para práticas que tenham como foco a circularidade dos recursos e sobretudo permite uma reflexão acerca da escassez dos recursos naturais e da valorização dos resíduos como um bem econômico.

A principal limitação do estudo está relacionada às escolhas metodológicas feitas. Quanto à técnica de coleta de dados utilizada, as entrevistas, sabe-se que há uma propensão a vieses nas respostas. Nesse sentido, esforços foram feitos na criação dos instrumentos e na condução das entrevistas de modo a permitir o mínimo de viés. Ainda sobre a metodologia, por se tratar de um estudo de caso, generalizações sobre os resultados encontrados não podem ser feitas.

Como sugestão para estudos futuros sugere-se o aprofundamento do estudo a partir de análises quantitativas dos fluxos estabelecidos no DI de Sete Lagoas. Métodos como avaliação do ciclo de vida podem ser úteis para calcular os impactos financeiros e ambientais dessas trocas de modo a incentivar a participação de outras empresas.

4. REFLEXÕES ACERCA DO COMPORTAMENTO DAS ORGANIZAÇÕES EM DIREÇÃO AO MODELO CIRCULAR DE PRODUÇÃO A PARTIR DE UMA ABORDAGEM INTERDISCIPLINAR

RESUMO

O objetivo deste ensaio é integrar os pressupostos da Teoria Neo-institucional e da Teoria das Relações Interorganizacionais ao corpo teórico da Ecologia Industrial (EI), Simbiose Industrial (SI) e Economia Circular (EC) para responder a duas questões fundamentais: quais são os elementos que explicam a formação e o estabelecimento de relacionamentos entre diferentes organizações e, uma vez que se estabelece essas relações, como facilitar e manter esses relacionamentos? A partir das conexões estabelecidas entre as abordagens, foi possível construir um modelo conceitual que abarcasse a complexidade do fenômeno. A literatura da EI, traz um aporte técnico e metodológico relacionado à quantificação dos fluxos de material e energia que contribuem para avaliar a viabilidade técnica e econômica do modelo circular. No contexto da formação de relacionamentos interorganizacionais, a Teoria Neo-institucional se mostra valiosa para ajudar a descrever por que as empresas mudam ao longo do tempo. As pressões institucionais estimulam/forçam as organizações a aderirem a novos arranjos e adotarem novos comportamentos. Já o arcabouço teórico dos relacionamentos interorganizacionais apresenta duas contribuições para essa discussão. Em primeiro lugar, elucida que as razões pelas quais as organizações entram em novos arranjos não envolve apenas questões de eficiência e vantagens econômicas. Os fatores necessidade, assimetria/controle, reciprocidade, estabilidade/incerteza, legitimidade/reputação e aprendizado também devem ser considerados. Em segundo lugar, apresenta os mecanismos que facilitam os relacionamentos interorganizacionais, que são: a confiança interorganizacional, a capacidade absorptiva, a capacidade de processamento de informação, as estruturas de governança e a criação de sentido. A contribuição do ensaio está em oferecer oportunidades para desenvolver uma nova teoria que seja capaz de explicar o comportamento das

organizações em direção ao modelo circular de produção com um poder explicativo mais forte e mais amplo do que as perspectivas sozinhas.

Palavras-chave: Economia Circular, Ecologia Industrial, Simbiose Industrial, Teoria Neo-institucional e Teoria das Relações Interorganizacionais.

4.1. Contextualização

A partir da década de 80, especialmente após a Rio 92 - Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), os formuladores de políticas públicas enxergaram que apenas a coerção governamental não seria suficiente para impor uma mudança no comportamento das organizações. Deste modo, os atores envolvidos nesse processo, formuladores de políticas, empresários, ONGs, deixaram o papel de adversários para buscar os ganhos potenciais da colaboração ao desenvolver e implementar políticas ambientais (Prakash, 2000).

Usar os recursos de forma mais eficiente passou a ser a premissa que deve nortear o comportamento das organizações. Nesse sentido, as perspectivas da Ecologia Industrial (EI) e da Economia Circular (EC) se apresentam como um novo paradigma que pretende substituir a máxima de extrair, produzir e descartar. São abordagens essencialmente sistêmicas uma vez que consideram toda a cadeia de interações entre energia, materiais e ambiente. A despeito de todo um corpo teórico já consistente no campo da EI e da crescente popularidade da EC, ainda resta um desafio prático de ampliar a adoção do modelo circular em diferentes escalas e contextos, já que o consumo de recursos naturais continua acelerado em escala global e a geração e disposição dos resíduos sem destinação correta persistem (Velenturf & Purnell, 2021).

Em que pese os potenciais ganhos apontados na literatura desse novo modelo, Korhonen, Honkasalo e Seppälä (2018) questionam sua aceitação pelo ambiente corporativo. Na visão dos autores, os relatórios de EC sugerem que a transição das estruturas de produção e consumo econômicos lineares para um sistema de fluxo de energia e materiais circulares se dará de forma simples. Entretanto, eles apontam para uma possível relutância por parte das organizações em adotar novos modelos de comportamento.

Alterar estruturas vigentes, mudar as bases do modelo atual de desenvolvimento, significa redesenhar processos, substituir tecnologias, mudar a forma como as organizações se

relacionam. Nesse sentido, o desempenho econômico e técnico passa a ser apenas um dos múltiplos fatores que influenciam esse processo de tomada de decisão. Questões políticas, gerenciais, ambientais, sociais e culturais interferem na forma como as organizações se comportam. Por isso, a importância de compreender os processos sociais que moldam o ambiente decisório Boons et al., 2014; F. Boons & Howard-Grenville, 2009; Gibbs et al., 2005).

Nessa linha, Cohen-Rosenthal (2000) advoga sobre a necessidade de avaliar as variáveis sociais envolvidas no processo decisório, pois apenas o conhecimento sobre os tipos de fluxos de resíduos e seus impactos não seria suficiente para determinar a adoção das práticas da EI. Na mesma direção, Boons e Howard-Grenville (2009) sinalizam que apesar da diversidade de pesquisadores de diversas áreas interessados pela abordagem, há pouca contribuição das ciências sociais na literatura da EI.

Alguns esforços nesse sentido estão sendo empreendidos nos estudos da Simbiose Industrial (SI), subcampo da EI. Walls e Paquin (2015) mostram como os estudos de SI se conectam com inúmeras perspectivas organizacionais e como essa integração pode gerar novos entendimentos e avanços para o campo. Outros estudos buscam preencher essa lacuna teórica da EI apontando para a relevância de fatores como: confiança, cooperação e colaboração (Gibbs, 2003; Hewes & Lyons, 2008), dificuldades organizacionais (Ristola & Mirata, 2007), motivações e dinâmicas individuais (Walls & Paquin, 2015), ação governamental (Jiao & Boons, 2014), benevolência, universalismo, domínio cognitivo e engajamento ambiental (Domenico Ceglia et al., 2017), contexto institucional e estrutura de governança (Abreu & Ceglia, 2018; Lombardi & Laybourn, 2012) na implementação da SI.

Apesar do crescente interesse por modelos circulares de produção, há poucas pesquisas que detalham o seu processo de formação e implementação em uma perspectiva sistêmica. De modo a preencher essa lacuna, Faria et al. (2021) examinaram o processo de implementação da SI a partir de uma análise comparativa e identificaram um conjunto de elementos comuns que moldaram o comportamento das organizações em três casos distintos.

Esse conjunto de elementos abrange aspectos técnicos, econômicos, questões ambientais críticas, engajamento coletivo, confiança, estratégias de comunicação e compartilhamento de informações, ambiente cooperativo entre governo e empresa; e estruturas de governança complexas. Ainda nesse esforço de compreender o surgimento e desenvolvimento da SI, os achados do estudo 2 desta tese também contribuem para essa lacuna de pesquisa ao trazer dados sobre a implementação ainda que modesta da SI no Brasil.

As evidências empíricas acumuladas até agora demonstram que a compreensão a respeito da mudança de comportamento das organizações na transição para o modelo circular não se restringe apenas as dimensões técnicas e econômicas, o que expõe fragilidades teóricas do campo quando se trata das dimensões sociais, culturais, institucionais e organizacionais. Nesse sentido, entende-se que outras abordagens teóricas possam contribuir na construção de um entendimento mais amplo.

Explicar como e por que as organizações mudam, interagem e se envolvem em novos arranjos tem sido uma busca central e frequente dos estudiosos das teorias organizacionais e de muitas outras disciplinas (Oliver, 1990; Van de Ven & Poole, 1995). Por isso, acredita-se que nas análises de nível macro da SI, a teoria neo-institucional poderá auxiliar na compreensão dos fatores do ambiente que influenciam o processo de tomada de decisão em direção a políticas mais sustentáveis, uma vez que a teoria explora as dinâmicas institucionais em que as empresas estão inseridas e a necessidade destas de legitimarem-se frente aos agentes sociais, institucionais e econômicos com os quais se relacionam (Meyer & Rowan, 1977).

Por outro lado, nos níveis meso e micro, as abordagens relacionais trazem elementos como cooperação, confiança e reciprocidade para o debate sobre as razões pelas quais as organizações se envolvem em arranjos que podem levar a redução da sua autonomia, ao aumento do grau de dependência de outras organizações e a exposição a incerteza e ao risco (Hall et al., 1977; Levine & White, 1961; Schmidt & Kochan, 1977). Essa discussão coaduna ao

objeto de análise da SI, EI e EC já que o modelo circular de produção pressupõe o estabelecimento de relações entre diferentes atores.

Deste modo, esse ensaio teórico é uma tentativa de integrar os pressupostos da teoria neo-institucional que tratam do comportamento das organizações e dos construtos da abordagem das relações interorganizacionais, ao corpo teórico da EI, para responder a duas questões fundamentais: quais são os elementos que explicam a formação e o estabelecimento de relacionamentos entre diferentes organizações e, uma vez que se estabelece essas relações, como facilitar e manter esses relacionamentos.

A abordagem interdisciplinar utilizada no estudo baseia-se na ideia de que a solução de uma série de questões só poderá ser alcançada a partir da integração de diferentes disciplinas existentes (Kockelmans, 1996). Nesse sentido, espera-se que essa integração permita uma compreensão mais abrangente do comportamento organizacional, já que qualquer perspectiva teórica isolada oferecerá apenas uma descrição parcial do fenômeno (Van de Ven & Poole, 1995).

A premissa básica do ensaio é que uma abordagem que incorpore proposições de diferentes campos de conhecimento, poderá avançar para além da análise sobre os condicionantes econômicos e técnicos da transição para o modelo circular, e assim reforçar a importância de fatores organizacionais, sociais, políticos e culturais para essa transição. A utilidade e consistência de cada conjunto teórico serão analisadas em função da aderência ao objeto de estudo. A seguir serão apresentadas cada uma destas teorias e seus pressupostos fundamentais.

4.2. Ecologia industrial, simbiose industrial e economia circular

O campo de estudo da EI surgiu em uma época em que os impactos ambientais da atividade humana eram pouco discutidos e as iniciativas corporativas e governamentais relacionadas a preservação ambiental eram descoordenadas e escassas (Clift & Druckman, 2016). Frosch e Gallopoulos (1989), em trabalho seminal sobre a EI já enfatizavam a

necessidade de transformar o sistema econômico tradicional da indústria em um modelo integrado no qual os processos de conservação da matéria fossem prioritários.

O surgimento do campo acenava para uma necessidade real de compreender melhor os complexos vínculos entre sistemas industriais, sociedade humana e biosfera a partir de um novo modelo que fosse análogo ao ecossistema biológico por suas características de integração e ciclo da matéria (Clift & Druckman, 2016; Lifset & Graedel, 2002). O campo concentra-se em preservar a viabilidade ecológica dos sistemas naturais, garantir uma qualidade de vida aceitável para as pessoas e manter a viabilidade econômica dos sistemas comerciais e industriais (Lowe, 2001). De modo a sintetizar o escopo e os objetivos da EI, seus elementos centrais foram elencados no Quadro 15.

Quadro 15: Síntese Conceitual da Ecologia Industrial

Elemento	Descrição conceitual
Analogia biológica	o ciclo eficiente de recursos em um sistema biológico é considerado como um modelo ideal para os sistemas industriais.
Uso da perspectiva sistêmica	compreensão mais ampla das análises ambientais a partir do uso da perspectiva do ciclo de vida, das análises dos fluxos de materiais e energia, da modelagem de sistemas e da interdisciplinaridade.
O papel da mudança tecnológica	a inovação tecnológica como um meio para resolver as questões ambientais.
O papel das organizações	empresas como um agente importante em função do potencial em promover melhorias ambientais a partir do conhecimento tecnológico e de propor políticas.
Eco eficiência	como as empresas podem alcançar um determinado nível de produção com uso reduzido de recursos ambientais.
Desmaterialização	redução da quantidade de materiais utilizados para realizar uma tarefa.
Pesquisa e práticas voltadas para o futuro	como agir de forma diferente para evitar a criação de problemas ambientais, evitando danos irreversíveis e que são caros para remediar.

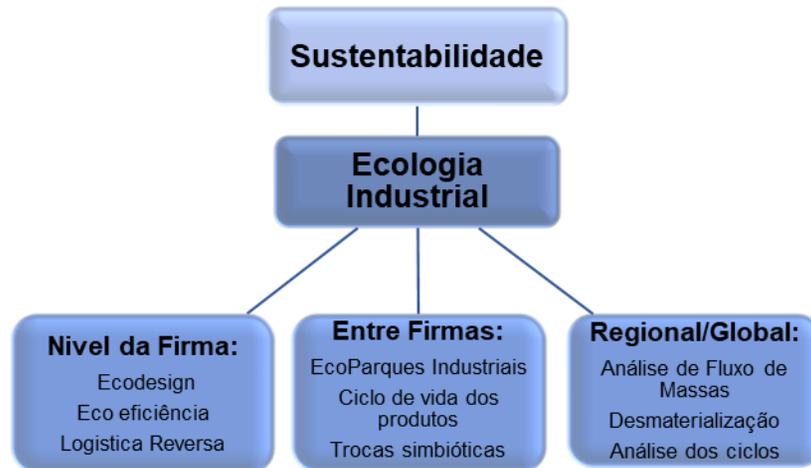
Fonte: Elaborado com base em Lifset e Graedel (2002).

É importante observar que esses elementos operam em três escalas diferentes (Figura 13): no nível da firma ou processo, no nível entre firmas (redes, distritos ou setores) e, no nível regional, nacional ou global (Lifset & Graedel, 2002). À medida que a implementação da EI

avança do nível de uma única operação ou planta de produção industrial para escalas maiores como um parque industrial, o nível de complexidade dos processos e dos insumos também aumenta (Diwekar & Small, 2002)

Especificamente no nível entre firmas, a Simbiose Industrial (SI), subcampo da EI, emergiu como uma estrutura cooperativa de trocas de materiais, água e energia entre diferentes unidades organizacionais. Contudo, a SI não se limita apenas a transferência de recursos, ela concentra-se em variadas formas de otimização de recursos baseadas na colaboração entre diferentes indústrias e atividades com o objetivo de superar as barreiras tradicionais da organização de modo a alcançar um melhor desempenho coletivo ambiental. E quais seriam as oportunidades primárias para que a SI ocorra? Uma primeira oportunidade é a reutilização de subprodutos na qual há a troca de materiais específicos entre empresas de modo a utilizar os subprodutos como substitutos de matérias-primas; outra oportunidade diz respeito à infraestrutura de compartilhamento, ou seja, o uso compartilhado e gestão de recursos comumente utilizados, como energia, água e águas residuais; e por fim, a disposição conjunta de serviços que atenderia as necessidades comuns das empresas para atividades auxiliares como: transporte, alimentação, brigada de incêndio. Essa colaboração pode fomentar valores sociais entre os participantes e não precisa necessariamente ocorrer dentro dos limites de um parque ou cluster industrial (Chertow, 2007; Chertow & Ehrenfeld, 2002; Diwekar & Small, 2002; Domenech & Davies, 2011).

Figura 13: Os elementos da Ecologia Industrial e seus níveis de operação



Fonte: Lifset e Graedel (2002).

A despeito do caráter primordialmente técnico e quantitativo da EI, avanços tem sido feitos no sentido de posicionar a SI como um fenômeno social complexo que envolve a interação de diferentes atores em transações mutuamente benéficas com intuito de promover aecoinovação e a transformação, o desenvolvimento econômico e a regeneração do sistema, a mobilização de ativos intangíveis como capital intelectual e capital social e a criação de uma cultura de cooperação de longo prazo (Boons et al., 2014; Lombardi & Laybourn, 2012; Mallawaarachchi et al., 2020).

Recentemente, o corpo teórico da SI, originalmente desenvolvido a partir dos princípios da EI, foi reconhecido como um elemento fundamental na implementação dos princípios da EC. A EC considera a SI como um modelo de negócios sustentável de escala local ou regional que tem como pilares a inovação técnica e a colaboração (Baldassarre et al., 2019; Cecchin et al., 2020).

Geissdoerfer et al. (2017) definem a EC como um sistema regenerativo no qual a entrada de recursos e o desperdício, a emissão e a perda de energia são minimizados pela desaceleração, fechamento e estreitamento dos fluxos de material e energia. Em uma descrição mais ampla, Prieto-Sandoval, Jaca e Ormazabal (2018), a partir de uma revisão da

literatura, definem a EC como um sistema econômico que representa uma mudança de paradigma na forma como a sociedade humana se relaciona com a natureza, que visa impedir o esgotamento de recursos, fechar laços de energia e materiais e facilitar o desenvolvimento sustentável por meio da sua implementação nos níveis micro, meso e macro.

Desde 2010, a Fundação Ellen MacArthur, se articula como uma das líderes globais desse pensamento e tem feito contribuições significativas ao campo no que diz respeito as suas características, seu funcionamento, seus princípios, processos, operações, objetivos e metodologia (Esposito et al., 2018). De acordo com a Fundação, a EC se assenta em três princípios: (i) preservar e aumentar o capital natural controlando os estoques finitos e equilibrando os fluxos de recursos renováveis; (ii) otimizar a produção de recursos fazendo circular produtos, componentes e materiais no mais alto nível de utilidade o tempo todo, tanto no ciclo técnico quanto no biológico; e (iii) fomentar a eficácia do sistema revelando as externalidades negativas e excluindo-as dos projetos. Além desses princípios, as características da EC são: *design* sem resíduo; criar resiliência através da diversidade; transitar para o uso de energia proveniente de fontes renováveis; pensar de modo sistêmico; pensar em cascatas. O modelo tem conquistado espaço entre os formuladores de políticas, influenciando governos e agências intergovernamentais, como a União Europeia e o Fórum Econômico Mundial, além de diversas empresas como a Danone, Google, H&M, Intesa Sanpaolo, NIKE Inc., Philips, Renault, Solvay e Unilever (Ellen MacArthur Foundation, 2017; Reikea et al., 2017).

Em que pese os potenciais benefícios desse modelo baseado na circularidade dos recursos, determinar quais práticas e mudanças sistêmicas são de fato sustentáveis requer ferramentas e indicadores que validem essa nova forma de organização. Nesse sentido, a perspectiva da EI se apoia em ferramentas analíticas que possibilitam a avaliação quantitativa dos impactos ambientais dos diferentes setores econômicos. Devido à complexidade do objeto de estudo do campo, diversas metodologias estão sendo desenvolvidas e aprimoradas por uma

comunidade ativa de acadêmicos e profissionais (Ayres & Ayres, 2002; Graedel & Lifset, 2016; Velenturf & Purnell, 2021).

Uma dessas ferramentas quantitativas é a avaliação do ciclo de vida (ACV) que busca identificar os impactos ambientais de um produto ou processo em cada etapa de seu ciclo de vida, desde a aquisição da matéria-prima, produção, uso e disposição. Os resultados de uma ACV podem ser úteis na identificação de oportunidades para melhorar os aspectos ambientais dos produtos; no fornecimento de subsídios para o processo de tomada de decisões; na seleção de indicadores pertinentes de desempenho ambiental; e nas estratégias de marketing das organizações (ABNT, 2001).

A análise de fluxo de materiais (AFM) também faz parte do ferramental da EI. Ela é um método analítico para quantificar os estoques, fluxos, insumos e perdas de um recurso. A AFM fornece uma visão sistêmica de vários processos e fluxos interligados. Baseia-se na contagem de unidades físicas (geralmente em toneladas) referentes as entradas e saídas desses processos. As análises podem ser realizadas em diferentes escalas espaciais e temporais. Os indicadores gerados a partir da AFM fornecem informações importantes para definição, avaliação e monitoramento do progresso de políticas em direção à sustentabilidade (Bringezu & Moriguchi, 2002; Graedel & Lifset, 2016).

4.3. Contribuições da perspectiva neo-institucional para análise do comportamento das organizações

Com o surgimento das organizações como um campo de estudo reconhecido a partir da década de 50, estudos foram desenvolvidos com o intuito de conectar os argumentos institucionais à estrutura e ao comportamento das organizações (Scott, 2014). Nas discussões sobre as tendências teóricas e de investigação sociológicas, a perspectiva institucional é apontada como um dos construtos teóricos mais proeminentes e populares para explicar o funcionamento e evolução da sociedade organizacional (Carvalho et al., 2005; Dacin, Goodstein, & Scott, 2002; Streeck & Thelen, 2005).

A principal premissa da análise institucional está relacionada à definição da centralidade das instituições na dinâmica e desenvolvimento de sistemas económicos, introduzindo a estrutura social como determinante nos processos económicos (Espino, 2001; North, 1993; Williamson, 1998). O programa teórico do Neoinstitucionalismo foi formulado principalmente por Douglas North, sendo que seu argumento central é que as instituições são a causa primordial do desenvolvimento económico (Przeworski, 2005).

Por definição, as instituições são as regras do jogo de uma sociedade ou, mais formalmente, são as restrições humanamente concebidas que estruturam suas interações. Elas são compostas por regras formais (lei estatutária, direito de propriedade, regulamentos) e restrições informais (sanções, tabus, costumes, tradições e códigos de conduta) (North, 1991, 1993; Streeck & Thelen, 2005).

Ao longo da história, as instituições foram concebidas pelos seres humanos para criar ordem e reduzir a incerteza nas trocas. Elas evoluem de forma incremental, conectando o passado com o presente e o futuro. As instituições proporcionam a estrutura de incentivos de uma sociedade e à medida que essa estrutura evolui, ela molda a direção da mudança económica em direção ao crescimento, estagnação ou declínio (North, 1991).

A complexidade das mudanças políticas, regulamentares e tecnológicas que enfrenta a maioria das organizações fez com que a mudança e a adaptação das organizações fossem uma questão central das pesquisas. Para compreender como as organizações reagem às prescrições institucionais, se faz necessário entender como se dá o processo de mudança (Greenwood & Hinings, 1996).

O Neoinstitucionalismo rejeita esse ideal de um ambiente formado apenas por recursos humanos, materiais e económicos e fortalece a posição de que elementos culturais e simbólicos como valores, mitos e crenças são determinantes para a realidade organizacional. Ou seja, os comportamentos organizacionais são respostas não apenas às pressões do mercado, mas também às pressões institucionais (Estado, ONGs, sociedade civil organizada)

(Greenwood & Hinings, 1996; North, 1993; Streeck & Thelen, 2005). A análise das mudanças institucionais se dá sob a perspectiva do conflito de interesses, que se resolve no processo de implementação das instituições. Essa é uma visão dinâmica das instituições em que se considera a natureza delas e a atuação do indivíduo como transformador social (Mahoney & Thelen, 2010).

Para North (1993), a mudança econômica é um processo contínuo e incremental, é uma consequência das escolhas que os indivíduos e os empresários das organizações estão fazendo diariamente. Embora a grande maioria dessas decisões seja rotineira, algumas envolvem a alteração de contratos existentes entre indivíduos e organizações, que podem refletir na estrutura da organização, na alteração de regras, na mudança de preço, na qualidade de um produto. E assim, as instituições estão sendo gradualmente modificadas. A fonte fundamental dessa mudança estaria relacionada à intensidade da concorrência entre elas. A concorrência é uma consequência da escassez e, portanto, as organizações estão em busca de aprender a sobreviver.

Contudo, mesmo diante desse cenário de concorrência, DiMaggio e Powell (1983) observam com certa estranheza a prevalência da homogeneidade das organizações, em detrimento da variação. Ao tentar explicar esse fenômeno, eles trazem o conceito de isomorfismo que pode ser classificado em: coercivo, mimético e normativo (Quadro 16). O isomorfismo coercitivo ocorre quando as empresas adotam um comportamento como resposta às pressões legais e políticas. O isomorfismo normativo é decorrente de um conjunto de normas e procedimentos correspondentes a ocupações ou atividades específicas. Já o isomorfismo mimético é caracterizado pela adoção de modelos testados e bem-sucedidos em organizações similares.

Quadro 16: Três Pilares das Instituições

	Regulativo	Normativo	Cultural-Cognitivo
Bases de conformidade	Conveniência	Obrigação social	Tida como certa Entendimento compartilhado
Bases de ordem	Regras regulativas	Expectativas de obrigatoriedade	Esquema constitutivo
Mecanismos	Coercitivos	Normativos	Mim�ticos
Lógica	Instrumentalidade	Adequa�o	Ortodoxia
Indicadores	Regras Leis San�es	Certifica�o Acredita�o	Crenças comuns Lógicas compartilhadas de aço Isomorfismo
Efeito	Medo culpa/Inocência ^e	Vergonha/Honra	Convic�o/confusão
Bases de legitimidade	Legalmente sancionado	Moralmente governado	Compreensível Reconhecível Culturalmente apoiado

Fonte: Scott (2014).

.Vale destacar que essa homogeneidade nem sempre reflete somente a busca por eficiência e lucro, mas também o aumento da legitimidade e da sobrevivência organizacionais. A institucionaliza o envolve os processos pelos quais as normas, as obriga es ou as realidades sociais passam a assumir um *status* de regra no pensamento e na aço social. Assim, os elementos da estrutura formal, como políticas, prestígio social e leis, são manifesta es de regras institucionais poderosas que funcionam como mitos racionalizados (Meyer & Rowan, 1977).

Sendo assim, o isomorfismo institucional promove o sucesso e a sobrevivência das organiza es por meio da incorpora o de elementos legitimados, ainda que não eficientes; do emprego de critérios de avalia es externos ou cerimoniais para defini o de valores dos elementos estruturais e da dependência de institui es fixas que reduzem as turbulências e mant m a estabilidade. Portanto, novas estruturas e novos arranjos organizacionais refletem os valores e normas institucionalizadas da sociedade, ou seja, as organiza es moldam seu

comportamento conforme as exigências e expectativas do contexto na qual estão inseridas (Meyer & Rowan, 1977).

4.4. Contribuições da perspectiva das relações interorganizacionais para análise do comportamento das organizações

Dentre os conjuntos teóricos originários de diversos campos do conhecimento, que embasam os estudos das organizações, entende-se que a literatura que aborda as relações interorganizacionais também pode ser útil na construção de uma compreensão mais ampla dos elementos necessários para que as organizações adotem novas práticas como a SI (Boons et al., 2014, 2016; Doménech & Davies, 2009).

4.4.1. Conceitos de troca organizacional e relações interorganizacionais

Há um crescente reconhecimento de que as organizações operam em um contexto relacional e de que a sua sobrevivência e desempenho muitas vezes dependem de seus vínculos com outras organizações. Teoricamente se todos os elementos necessários para o processo produtivo de uma organização tivessem um suprimento infinito, haveria pouca necessidade de interação organizacional e de adesão à cooperação. Contudo, sob condições reais de escassez, as trocas interorganizacionais se tornam essenciais. Ou seja, à medida que a análise das organizações mudou para uma abordagem de sistemas abertos, é notório que outras organizações passaram a ser parte crítica do ambiente de qualquer organização (Hall et al., 1977; Levine & White, 1961; Oliver, 1990).

Essa alteração de uma análise de firmas autônomas e individuais para as interações entre firmas é a base de uma linha de pensamento acadêmico e gerencial desde a década de 90. Com a popularização dos relacionamentos interorganizacionais em uma variedade de formas, como alianças, *joint ventures*, acordos de fornecimento, licenciamento, franquia, parcerias intersetoriais, redes, associações comerciais e consórcios, a literatura acadêmica desenvolveu-se rapidamente e muitos estudos avançaram neste campo. O ambiente de negócios atual está repleto de estratégias cooperativas com potencial de oferecer acesso a

informações, recursos, mercados e tecnologias; com vantagens de economias de aprendizado, escala e escopo; além de permitir que as empresas alcancem seus objetivos estratégicos, compartilhem e ganhem vantagem competitiva (Agostini et al., 2019; Gulati et al., 2000; Parmigiani & Rivera-Santos, 2011; Ritter & Gemünden, 2003).

A perspectiva teórica dominante sobre as relações interorganizacionais é a teoria da troca (Hall et al., 1977). Levine e White (1961) definem a troca organizacional como qualquer atividade voluntária entre duas organizações que tenha consequências reais ou previstas para a realização de seus respectivos objetivos ou metas. Essa definição considera várias dimensões da interação organizacional e se expande para além da transferência de elementos de valor econômico, podendo envolver serviços, tecnologia, pessoas. Os autores estabelecem as quatro dimensões da troca, que são: as partes envolvidas; os tipos e quantidades trocados; o acordo tácito à troca, que pode ser implícito e informal ou explícito e altamente formalizado; e a direção da troca que se refere à orientação do fluxo dos elementos organizacionais. Essa orientação pode ser: (a) unilateral: onde os elementos fluem de uma organização para outra e nenhum elemento é dado em troca (b) recíproco: onde os elementos fluem de uma organização para outra em troca de outros elementos; (c) conjunta: onde os elementos fluem de duas organizações em direção a uma terceira parte.

Nessa mesma perspectiva, as relações interorganizacionais são definidas por Oliver (1990) como transações, fluxos e ligações relativamente duradouros que ocorrem entre uma organização ou mais organizações em seu ambiente. As duas definições fazem parte do *corpus* conceitual que aborda a interação entre organizações. Em que pese suas diferenças, ambas tratam de certos temas comuns, incluindo interação social (de indivíduos agindo em nome de suas organizações), relacionamentos, conexão, colaboração, ação coletiva, confiança e cooperação (Provan et al., 2007).

Mais especificamente, Ring e Van de Ven (1994) apresentam o conceito de relacionamentos interorganizacionais cooperativos como mecanismos socialmente planejados

para ação coletiva que são continuamente moldados e reestruturados por ações e interpretações simbólicas das partes envolvidas. Essa definição avança no sentido de apontar para a existência de uma estrutura inicial de garantias que estabelece um contexto para a ação interorganizacional. À medida que as organizações interagem, seus membros obtêm impressões sobre as pessoas das outras organizações, bem como sobre a organização como um todo. A partir dessas interações subsequentes as relações são moldadas e novas estruturas de governança podem ser incorporadas a ação (Hall et al., 1977).

Em uma definição mais recente, Parmigiani e Rivera-Santos (2011) propõem que todos os relacionamentos interorganizacionais podem ser vistos como uma combinação de características de duas formas puras distintas que eles denominam de *coexploration* e *coexploitation*, em referência as definições de *exploration* e *exploitation* propostas por March. Eles ressaltam que a característica mais significativa de um relacionamento interorganizacional não é sua forma, mas, sim, a intenção da organização ao se relacionar.

O relacionamento interorganizacional de *coexploration* refere-se a um relacionamento estrategicamente importante para criar novos conhecimentos, tarefas, funções ou atividades. O foco está em novos conhecimentos e sua principal atividade é o aprendizado e a inovação. A criação de valor é derivada da inovação. Há uma tendência a reciprocidade nesse tipo de relação, o que possibilita um processo de tomada de decisão conjunta e a uma comunicação rica e contínua entre os parceiros. Por outro lado, o relacionamento interorganizacional de *coexploitation* tem como objetivo executar conhecimento, tarefas, funções ou atividades. O foco está na implementação e expansão do conhecimento já existente. O valor é derivado do uso eficiente dos ativos, envolvendo principalmente o conhecimento explícito. Esse tipo de relação tende a ser contínua, enquanto a relação de *coexploration* pode ser de curta duração em função dos seus objetivos. As decisões tendem a ser tomadas separadamente pelas organizações e processo de comunicação é rotineiro (Parmigiani & Rivera-Santos, 2011).

Cabe ressaltar, que as abordagens não são excludentes, pelo contrário, pode haver um equilíbrio entre essas duas atividades a medida que organizações interagem com o ambiente e outras organizações com os mais diversos objetivos, seja para obter clientes, acessar recursos, desenvolver tecnologia ou conseguir suporte econômico (Hall et al., 1977; Parmigiani & Rivera-Santos, 2011).

Para Lumineau e Oliveira (2018), em uma definição mais abrangente, os relacionamentos interorganizacionais são um amplo fenômeno organizacional que ocorre desde que duas ou mais organizações autônomas se relacionem entre si. Sendo os elementos estruturantes dessas relações: as partes interessadas, o relacionamento, o contexto que inclui os níveis micro e macro e a dinâmica temporal.

4.4.2. Dicotomia entre competição e cooperação

Uma discussão que permeia a perspectiva interorganizacional diz respeito a dicotomia entre a cooperação e a competição como objetivos organizacionais. Pela lógica econômica, as empresas estão sempre esforçando-se para maximizar seu próprio benefício, o que as impulsiona sempre a um comportamento competitivo e que pode gerar tensões no nível interorganizacional. Contudo, tanto a competição quanto a cooperação são essenciais para o processo de inovação e para o desenvolvimento econômico em geral. Portanto, o desafio é encontrar o equilíbrio entre competição e cooperação e as estruturas institucionais apropriadas dentro das quais competição e cooperação devem ocorrer (Bouncken et al., 2015; Teece, 1992).

Para Bouncken et al. (2015), essa dicotomia entre competição e cooperação deve ser superada. A cooperação é definida como ações coordenadas semelhantes ou complementares realizadas por empresas em relacionamento interdependente, incluindo elementos de conformidade e reciprocidade (Agostini et al., 2019). A cooperação é vista como uma atitude, um comportamento para atingir um objetivo coletivamente idealizado (Castañer & Oliveira, 2020). Sob o prisma da cooperação, as dinâmicas competitivas são subestimadas e são

definidas e tratadas por vezes como influências negativas no processo de conhecimento e de aprendizagem.

Em contrapartida, na perspectiva da competição, a cooperação é categorizada apenas como uma imperfeição do mercado que dificulta as forças competitivas entre as empresas e que não tem impacto positivo sobre o desempenho. Todavia, poucas empresas conseguem atingir seus objetivos sozinhas, por isso formas complexas de interação são necessárias. De modo a equalizar essas relações, surge o termo coopetição, disseminado na literatura organizacional a partir da publicação do livro *Co-opetition* em 1996 e que é caracterizado como um processo estratégico e dinâmico no qual os atores econômicos, em conjunto, criam valor por meio da interação cooperativa, ao mesmo tempo que competem para capturar parte desse valor (Bouncken et al., 2015; Teece, 1992).

4.4.3. Porque as organizações se relacionam?

Definidos os principais conceitos da perspectiva das relações interorganizacionais, persiste o questionamento a respeito dos motivos que levam as organizações a se relacionarem. A literatura interorganizacional apresenta um portfólio de razões que justificam a formação e o estabelecimento de relacionamentos entre diferentes organizações, como minimização de custos, compartilhamento de riscos e aprendizado, questões de governança, incertezas ambientais, dentre outras (Barringer & Harrison, 2000; Vlaar et al., 2007).

Com base em uma revisão da literatura, Oliver (1990) apresenta seis contingências críticas para a formação dos relacionamentos interorganizacionais: necessidade, assimetria, reciprocidade, eficiência, estabilidade e legitimidade. Essas contingências são as causas que levam ou motivam as organizações a se relacionarem umas com as outras. O autor salienta que apesar de cada contingência ser uma causa separada e suficiente para a formação de um relacionamento, elas podem interagir ou ocorrer simultaneamente quando a organização decide estabelecer um relacionamento interorganizacional. Barringer e Harrison (2000) acrescentam as oportunidades de aprendizagem organizacional como uma razão para a

formação desse tipo de relacionamento. Baseado nesse referencial teórico, propõe-se que os fatores que levam as organizações a se relacionarem são: a necessidade, a assimetria/controle, a reciprocidade, a eficiência, a estabilidade/incerteza, a legitimidade/reputação e o aprendizado.

O relacionamento interorganizacional estabelecido por necessidade caracteriza-se por ser um tipo de interação obrigatório imposto pelo sistema jurídico ou político a fim de atender aos requisitos legais ou regulatórios necessários que podem especificar áreas de domínio, fluxos de informações e obrigações financeiras (Hall et al., 1977; Oliver, 1990).

Já a contingência da assimetria leva as organizações a tentarem exercer poder, influência ou controle sobre outras organizações que possuem recursos escassos necessários. Essa contingência dialoga com a premissa central da Teoria da Dependência de Recursos em que as organizações não são capazes de gerar internamente todos os recursos ou serviços para se manterem, portanto, para assegurar o fornecimento contínuo destes, faz-se necessário estabelecer relações com os elementos do ambiente. Esse modelo considera a organização como um sistema aberto e dependente das contingências (Aldrich & Pfeffer, 1976; Pfeffer & Salancik, 2003).

Ao estabelecer relacionamentos interorganizacionais robustos com parceiros-chave que controlam esses recursos, essa incerteza pode ser reduzida equilibrando essa dependência e criando uma plataforma de ação conjunta. Essas parcerias podem facilitar a coordenação e aumentar o poder em relação a concorrentes, legisladores ou outras entidades (Barringer & Harrison, 2000; Parmigiani & Rivera-Santos, 2011).

A partir de uma perspectiva diferente sobre as relações entre as organizacionais, Oliver (1990) retrata que uma parte considerável da literatura apresenta a reciprocidade como uma variável relevante para a formação dos relacionamentos interorganizacionais. A reciprocidade pressupõe relações de cooperação, colaboração e coordenação, sobretudo com o propósito de

buscar objetivos ou interesses comuns ou mutuamente benéficos o que contrasta com a lógica da assimetria que caracteriza essas relações a partir do controle, poder e dominação.

A evolução do modo como as empresas se estruturam para obter o máximo de vantagem competitiva baseia-se na noção de que as empresas entrarão em quaisquer arranjos que minimizem os custos dessas transações (Williamson, 1979). Nesse contexto, as relações entre as organizações são motivadas pela tentativa de melhorar sua eficiência que pode ser por meio da minimização dos custos de produção e transação, ganhos de economias de escala ou escopo e ganho de valor através da aquisição de ativos e recursos (Oliver, 1990; Parmigiani & Rivera-Santos, 2011).

Conforme pressupostos da Teoria dos Custos de Transação, a eficiência tem sido o principal critério para definir e justificar a estrutura de governança quando nem a hierarquia nem o mercado fornecem uma alternativa melhor e mais econômica, ou seja, os relacionamentos interorganizacionais são formados quando é mais eficiente para uma empresa conduzir uma atividade por meio de um relacionamento estreito com um parceiro do que sozinha ou por meio do mercado (Barringer & Harrison, 2000; Parmigiani & Rivera-Santos, 2011; Ring & Van de Ven, 1994).

A estabilidade também é apontada como contingência decisiva na formação dos relacionamentos interorganizacionais que acontece como resposta frente as incertezas do ambiente. Essas incertezas levam as organizações a estabelecerem e gerenciarem relacionamentos a fim de alcançar estabilidade, previsibilidade e confiabilidade em suas relações com outras pessoas e organizações (Bensaou & Venkatraman, 1995; Oliver, 1990).

Bensaou e Venkatraman (1995) classificam as incertezas em três tipos: a incerteza ambiental que surge devido a condições ambientais gerais nas relações de negócios interorganizacionais; a incerteza de parceria em função da incerteza percebida de uma firma sobre o comportamento específico de um parceiro no futuro: e a incerteza de tarefa que

acontece em função do conjunto específico de tarefas realizadas por um agente organizacional responsável pela relação interorganizacional.

Outra contingência que tem poder de influenciar o comportamento das organizações em direção a novos arranjos organizacionais é a legitimidade. Como já foi dito anteriormente, no contexto da formação de relacionamentos interorganizacionais, a teoria neo-institucional tem bom poder explicativo na compreensão do comportamento das organizações frente as demandas do ambiente institucional. A teoria sugere que os ambientes institucionais impõem pressões sobre as organizações para justificar suas atividades ou resultados. Essas pressões motivam as organizações a aumentar sua legitimidade para estarem de acordo com as normas, regras, crenças ou expectativas dos seus stakeholders (Oliver, 1990; Parmigiani & Rivera-Santos, 2011; Provan et al., 2007).

A legitimidade é uma percepção generalizada de que as ações de uma organização estão em consonância com regras e leis ou valores normativos ou alinhadas com estruturas culturais-cognitivas (Scott, 2014). Envolver-se em relacionamentos interorganizacionais com o intuito de obter legitimidade teria um impacto positivo na reputação, na imagem e no prestígio da organização (Barringer & Harrison, 2000; Parmigiani & Rivera-Santos, 2011; Provan et al., 2007; Rao, 1994).

Por fim, foi adicionado ao modelo proposto por Oliver (1990) a variável aprendizado como uma contingência que pode motivar a formação de relacionamentos interorganizacionais. De acordo com a Teoria da Aprendizagem, as organizações vão em busca de parcerias e novos relacionamentos com o propósito de acessar novas oportunidades de aprendizagem, novos conhecimento e assim melhorar sua posição competitiva (Barringer & Harrison, 2000).

4.4.4. Como facilitar as relações interorganizacionais

O conhecimento a respeito das razões pelas quais as organizações se envolvem em novos arranjos e mudam suas estruturas não são suficientes para garantir o sucesso dessas relações. O êxito dos relacionamentos interorganizacionais dependerá da consolidação dos

objetivos e expectativas pactuados pelas organizações. Uma série de fatores contextuais e relacionais podem influenciar na continuação ou dissolução das relações. Por isso, é fundamental investir em mecanismos que impactem positivamente o processo de estabelecimento e manutenção dessas relações. Dentre esses mecanismos, destacam-se: a confiança interorganizacional, a criação de sentido, a capacidade absorptiva e capacidade de processamento de informação e a estrutura de governança.

4.4.4.1. Confiança Interorganizacional

A confiança entre parceiros tornou-se um construto chave na gestão dos relacionamentos interorganizacionais (Robson et al., 2008). Em que pese a popularidade do conceito, Mayer et al. (1995) apontam para a necessidade de uma definição mais clara do construto, uma vez que a literatura, frequentemente, não faz uma distinção clara entre os fatores que contribuem para a confiança, o próprio conceito e os seus resultados. Assim, eles propõem que a confiança é a disposição de uma parte em estar vulnerável às ações de outra parte com base nas expectativas positivas criadas, independente da capacidade de monitorar ou confrontar essa outra parte. De modo mais simples, confiança é a disposição para correr riscos, sendo que o nível de confiança é uma indicação da quantidade de risco que alguém está disposto a correr (Schoorman et al., 2007).

Na definição de Uzzi (1997), a confiança é fundamentalmente um processo social, uma vez que mecanismos e expectativas psicológicas são características que emergem de uma estrutura social e se reproduz ao longo do tempo. Nas relações de trocas, a confiança pode ampliar as oportunidades da empresa, o acesso a recursos e proporcionar mais flexibilidade.

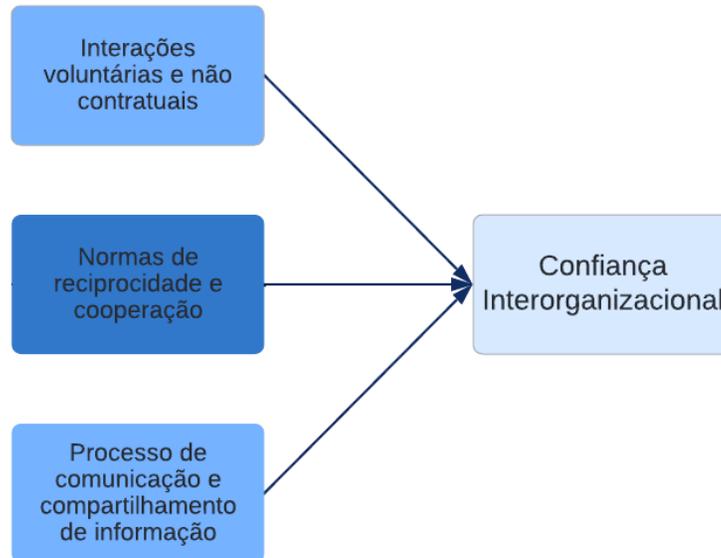
Nessa mesma perspectiva, Ring e Van de Ven (1994) estabelecem que a confiança interorganizacional é um produto cumulativo de repetidas interações anteriores entre as partes, por meio das quais elas passam a se conhecer e desenvolver um entendimento comum de compromissos mútuos. Quanto maior for a capacidade de se basear na confiança, menores serão os custos de transação (tempo e esforço) exigidos das partes para negociar, chegar a

acordos e executar as parcerias. A confiança reduz a necessidade percebida de estruturas jurídicas formais e garantias para gerir um relacionamento interorganizacional cooperativo.

Há uma estrutura social antecedente a formação da confiança interorganizacional que inclui: as relações voluntárias e não contratuais, as normas de reciprocidade e cooperação e o processo de comunicação e compartilhamento de informações (Figura 14). Os relacionamentos pessoais desempenham o papel de amenizar as relações funcionais impostas pelas organizações, à medida que facilitam o processo de resolução de conflitos, possibilitam relacionamentos futuros e orientam as interações. Essa socialização reforça os processos pelos quais os indivíduos compartilham e aprimoram os fluxos de informações e estreitam os laços organizacionais. Essas interações voluntárias e por vezes não contratuais fornecem base para o desenvolvimento da confiança. Da mesma forma, a medida que os parceiros organizacionais estabelecem e fortalecem suas relações de cooperação, as normas de reciprocidade tendem a se tornar mais fortes, o que pode levar a um aumento na confiança (Lunnan & Haugland, 2008; Ring & Van de Ven, 1994; Simsek et al., 2003; Uzzi, 1997).

Por fim, para que as expectativas estejam alinhadas e os objetivos pactuados nas relações interorganizacionais, o processo de comunicação e compartilhamento de informações deve ser efetivo. Não haverá troca de elementos entre duas organizações que não sabem da existência uma da outra ou que desconhecem completamente as funções uma da outra. O estabelecimento de processos que envolvam a divulgação de informações sobre a disponibilidade de elementos, bem como sobre direitos e obrigações em relação aos elementos também facilita a interação e reforça os laços de confiança (Levine & White, 1961; Schmidt & Kochan, 1977).

Figura 14: Estrutura social antecedente a formação da confiança interorganizacional



4.4.4.2. Capacidade absorptiva e capacidade de processamento de informação

Nesse contexto de relacionamentos interorganizacionais, as empresas que têm maior capacidade de aprender estão mais bem posicionadas para aprender com seus parceiros. Essa capacidade de absorção de conhecimento é uma competência que pode ser aprendida e aprimorada por meio de treinamento e outras formas de desenvolvimento organizacional (Barringer & Harrison, 2000).

Capacidade de aprendizagem ou capacidade absorptiva diz respeito a capacidade de uma organização de identificar, assimilar e explorar o conhecimento do ambiente. Engloba a capacidade de uma empresa de imitar inovações de novos processos e produtos, mas sobretudo refere-se a capacidade da empresa de explorar o conhecimento novo e externo, assimilá-lo e aplicá-lo (Cohen & Levinthal, 1989).

A capacidade absorptiva de uma empresa tende a se desenvolver a partir das relações interorganizacionais que ela estabelece. Ou seja, a organização aprende com as organizações

ao seu redor e, à medida que elas evoluem, é mais provável que a rede evolua de maneiras que levem a sua eficácia. Sem aprendizado e evolução, a rede pode falhar (Provan et al., 2007).

Uma variável que pode impulsionar a capacidade de aprendizagem da organização é a sua capacidade de processamento das informações. Ela faz parte dos mecanismos de coordenação entre as organizações e é classificada em termos de mecanismos estruturais como a capacidade de reduzir incerteza, regras e procedimento, contatos diretos, função de integração, função de ligação. A capacidade de processamento de informação de uma organização pode ser avaliada pela multiplicidade dos canais de informação, pela frequência das trocas de informação e pela sua formalização. Ela tende a aumentar à medida que se estabelecem mais ações conjuntas, o que gera maior engajamento e resoluções mais colaborativas (Bensaou & Venkatraman, 1995).

4.4.4.3. Criação de sentido

O conceito de *sensemaking* ou “criação de sentido” é considerado central para os estudos dos relacionamentos interorganizacionais porque é a partir de processos interativos que os participantes materializam significados, informam e restringem a identidade individual e a ação coletiva. A criação de sentido é um processo que envolve o desenvolvimento contínuo de imagens que racionalizam e justificam a ação das pessoas (Weick et al., 2005).

Assim, os indivíduos que fazem parte das organizações são fundamentais para o desenvolvimento de um entendimento comum entre as partes envolvidas nesse ambiente. Os gestores que atuam além das fronteiras organizacionais nos relacionamentos interorganizacionais, por meio de seu estilo de liderança ou perfil sociopsicológico, transmitem opiniões, crenças e atitudes a outros parceiros o que pode trazer implicações para a criação de sentido coletivo. A medida que essas relações sociais são estabelecidas no nível interfirma, cria-se um senso de comunidade que é impulsionado por ciclos repetidos de criação de sentido individual e compartilhado (Lumineau & Oliveira, 2018; Simsek et al., 2003).

Ring e Van de Ven (1994) apresentam uma estrutura cíclica em que as relações interorganizacionais se desenvolvem. Em cada fase, processos formais são estabelecidos e processos psicossociais de criação de sentido estão sendo construídos tacitamente. Portanto, processos interativos de negociação, barganha, definição de objetivos são muitas vezes necessários para a criação de sentido coletivo e para fornecer aos participantes oportunidades de avaliar a incerteza associada ao negócio, o papel de cada um, a confiabilidade do outro, seus direitos e deveres na transação.

Vlaar et al. (2006) apontam para a relação entre processos de criação de sentido e processos formais de negociação e contratação. Eles acreditam que a formalização não é apenas um produto social, mas também um facilitador da criação de sentido no âmbito das relações interorganizacionais, indicando uma relação recíproca entre os dois conceitos. A formalização inclui contratos, regras e procedimentos, bem como processos de organização. Os autores apresentam quatro mecanismos em que a formalização facilita a criação de sentido, conforme Quadro 17:

Quadro 17: Contribuições da formalização para criação de sentido

Mecanismo	Contribuição
Atenção focada	ajuda os participantes a focalizar sua atenção, afetando assim sua capacidade de entender seus parceiros, os relacionamentos nos quais estão engajados e os contextos colaborativos nos quais estão inseridos.
Estimular articulação, deliberação e reflexão	a ajuda os participantes a articular, deliberar e refletir sobre as questões, afetando assim sua capacidade de compreender seus parceiros, os relacionamentos nos quais estão engajados e os contextos colaborativos nos quais estão inseridos. e
Instigar e manter a interação	instiga e mantém a interação entre os participantes e, assim, afeta sua capacidade de compreender seus parceiros, os relacionamentos nos quais estão envolvidos e os contextos colaborativos nos quais estão inseridos.
Reduzir preconceitos, erros de julgamento, incompletude e inconsistência	e reduz o impacto de vieses individuais e erros de julgamento, e diminui a incompletude e inconsistências entre as representações cognitivas realizadas pelos participantes, afetando assim sua capacidade de criação de sentido a seus parceiros, os relacionamentos nos quais estão engajados, e os contextos colaborativos nos quais eles estão inseridos.

4.4.4.4. Estrutura de governança

Questões voltadas para a governança das relações interorganizacionais tem tido destaque nas pesquisas em função do número crescente de alianças, consórcios, parcerias e terceirizações (Vlaar et al., 2007). Quando se trata de um relacionamento bilateral em que duas organizações trocam recursos ou compartilham serviços, a execução de compromissos e entendimentos é mais facilitada em função da baixa complexidade da relação. No caso das redes, dos parques industriais, dos consórcios, uma estrutura formal de governança direcionada aos objetivos comuns pode ser muito eficaz (Provan et al., 2007).

Ring e Van de ven (1994) propõem uma sequência de estágios de negociação, compromisso e execução para caracterizar o desenvolvimento e evolução de um relacionamento interorganizacional. A partir desse modelo, é possível estabelecer uma estrutura de governança mínima para o bom funcionamento das relações.

Na fase inicial da negociação dos termos, as expectativas dos gestores têm grande impacto no desenvolvimento das relações posteriores. Decorre disso, a relevância da função de coordenação e controle nesse processo de alinhar expectativas, reforçar compromissos e coordenar os resultados. Contudo, há um limiar a ser estabelecido, pois, níveis muito altos de coordenação e controle formais também podem ser prejudiciais ao desempenho interorganizacional porque podem implicar em excesso de processos, relações impessoais, conflitos e desacordos entre as partes (Castañer & Oliveira, 2020; Ring & Van de ven, 1994).

Na fase de compromissos são definidos os termos e a estrutura de governança da relação. Eles podem ser codificados em um contrato relacional formal ou informalmente determinados em um contrato psicológico entre as partes. Como no estágio anterior, a interação entre as partes envolvidas é fator fundamental para que haja um consentimento mútuo. Na fase final, das execuções, os compromissos e regras são efetivados. Nesse período, devido as interações, as partes podem se familiarizar mais umas com as outras e podem

começar a depender cada vez mais de relacionamentos interpessoais, em vez de relacionamentos funcionais (Ring & Van de Ven, 1994).

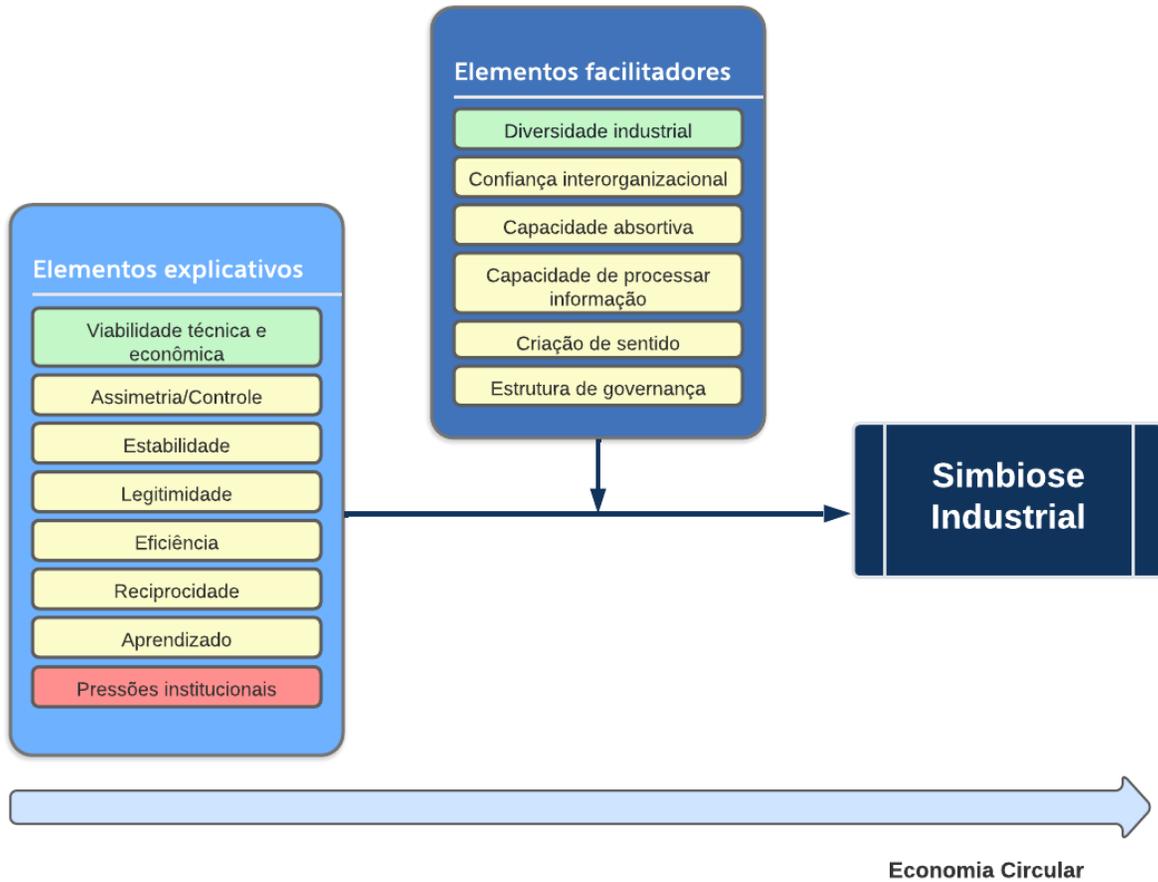
Ressalta-se que esses estágios definidos por Ring e Van de Ven (1994) foram separados em fases para fins analíticos, contudo, é possível que esses estágios se sobreponham, a duração de cada fase pode variar dependendo de cada caso, pois a governança interorganizacional não é um fenômeno estático. Durante os relacionamentos interorganizacionais, as partes interessadas podem atualizar suas expectativas e desejar promover mudanças nos mecanismos de coordenação e controle que adotam, principalmente quando o desempenho interorganizacional é considerado fraco ou pior do que o esperado nos estágios iniciais (Vlaar et al., 2007).

A dinâmica temporal também tem sido apontada como um fator relevante dentro dessa perspectiva. A identificação de laços prévios entre parceiros podem facilitar a formação e manutenção da relação interorganizacional e o estabelecimento de novos laços pessoais ao longo do tempo permite a sua institucionalização (Lumineau & Oliveira, 2018).

4.5. Modelo Conceitual de transição para a SI

As seções anteriores apresentaram uma revisão das três perspectivas escolhidas para responder a duas questões fundamentais relacionadas a SI: quais são os elementos ou condições que explicam a formação e o estabelecimento de relacionamentos entre diferentes organizações e, uma vez que se estabelece essas relações, como facilitar e manter esses relacionamentos. A partir dos pressupostos de cada abordagem e das conexões estabelecidas entre elas, foi possível construir um modelo conceitual que abarcasse a complexidade do fenômeno. A cor verde representa os elementos advindos da literatura da SI, a cor amarela identifica os elementos trazidos pela literatura das relações interorganizacionais e a cor vermelha aponta o elemento da teoria neo-institucional (Figura 15).

Figura 15: Modelo Conceitual de transição para a Simbiose Industrial



Superar o modelo tradicional de produção baseado na linearidade dos processos produtivos exige não só modificações técnicas e tecnológicas, como também requer revisão de conceitos antigos. A perspectiva relacional das organizações avança no sentido de criticar a visão tradicional de vantagem competitiva de Porter (1980) por sua ênfase nos recursos e capacidades internas da firma. Para compreender plenamente a vantagem competitiva de uma empresa não se pode negligenciar a rede de relações em que ela está inserida, ou seja, tanto os processos intra como interorganizacionais devem ser considerados. Nesse sentido, os vínculos estabelecidos pelas organizações são simultaneamente competitivos e cooperativos (Gulati et al., 2000).

Nessa lógica, ainda que as vantagens e implicações de uma transição para a EC sejam sabidas, faz-se necessário que as organizações e os seus gestores enxerguem a estratégia de cooperação interorganizacional como uma vantagem competitiva de modo a viabilizar esse modelo (Ruggieri et al., 2016). Para a implementação da SI, essa mentalidade voltada para a cooperação é fundamental, uma vez que ela é uma abordagem essencialmente cooperativa que se baseia em relações de troca, compartilhamento de informação e benefícios coletivos mútuos (Chertow, 2007).

Do ponto de vista conceitual, o fenômeno da SI, analisado sob a ótica das relações interorganizacionais, pode ser descrito como uma combinação de duas formas distintas de relacionamento: *coexploitation* em sua fase embrionária e *coexploration* em sua fase de implementação e desenvolvimento. Em sua fase embrionária, a SI ocorre em um nível menos complexo caracterizando-a como um relacionamento de *coexploitation* que tem como objetivo principal executar conhecimento, tarefas, funções ou atividades. O foco está na implementação e expansão do conhecimento já existente. Já na fase de implementação e consolidação da SI, é desejável que as relações evoluam para a *coexploration* e estejam focadas em gerar novos conhecimentos, tarefas, funções ou atividades (Parmigiani & Rivera-Santos, 2011). Idealmente, o fenômeno de SI pressupõe a criação de novas tarefas e funções, pois há uma necessidade de mudança nos processos produtivos e organizacionais.

No que diz respeito aos elementos que explicam a formação e o estabelecimento de relacionamentos entre diferentes organizações, as duas abordagens se complementam. Enquanto a teoria neo-institucional concentra-se em um nível macro de análise, examinando as origens das estruturas culturais, políticas e legais e seus efeitos nas formas e processos econômicos (Scott, 2014), a abordagem relacional foca nas análises micro e meso do comportamento das organizações.

A teoria neo-institucional define a organização como um sistema adaptativo, orgânico, afetado pelas características sociais de seus participantes, bem como pelas variadas pressões

impostas por seu ambiente. Portanto, as organizações não são simplesmente o produto da crescente eficiência técnica, ou seja, as mudanças no ambiente institucional impactam suas formas e relações (Meyer & Rowan, 1977; Scott, 2014). Essas influências ambientais levam as organizações a se adaptarem em direção a semelhança, o que é chamado de isomorfismo institucional. Essa homogeneidade de comportamento pode ocorrer em função de três mecanismos: (1) o isomorfismo mimético; (2) o isomorfismo coercitivo, (3) o isomorfismo normativo. Os três mecanismos foram agrupados no modelo conceitual da SI como o elemento “forças institucionais”. Esses mecanismos isomórficos podem ser usados como impulsionadores da SI, por exemplo, o contexto legislativo foi determinante para adoção de práticas de SI em Ulsan (Behera et al., 2012), China (Wang et al., 2020; Yu, Dijkema, de Jong, et al., 2015), Finlândia (Lehtoranta et al., 2011), Japão (Rene Van Berkel et al., 2009) e na União Europeia (Watkins et al., 2013). Nesse sentido, mudanças no aparato regulatório e normativo voltadas para práticas circulares podem incentivar o surgimento de relações interorganizacionais.

Na teoria das relações interorganizacionais, o elemento explicativo “necessidade” foi agrupado ao elemento “forças institucionais” uma vez que a formação do relacionamento interorganizacional ocorre de forma obrigatória a fim de atender aos requisitos legais ou regulatórios. Já o elemento explicativo “legitimidade” foi apontado pelas duas abordagens visitadas como fator que pode determinar o comportamento das organizações. Isso quer dizer que as organizações tendem a adotar ações já definidas e racionalizadas na sociedade em busca de sua sobrevivência e dos impactos positivos que elas podem trazer para sua reputação, imagem e prestígio (Meyer & Rowan, 1977).

Na ótica da abordagem relacional, o elemento explicativo “eficiência” apresenta-se como uma contingência quantificável que determina a decisão de se relacionar ou não. Nessa mesma direção, a literatura de SI, aponta para o elemento “viabilidade técnica e econômica” como um dos fatores primordiais para adoção da SI (Branson, 2016; Faria et al., 2021). A fim

de comprovar a viabilidade do modelo de SI, diversas ferramentas tem sido desenvolvidas (Dias et al., 2020). Como forma de dar robustez as análises dos estudos interorganizacionais, o aparato ferramental e metodológico da EI poderia ser empregado na geração de dados relevantes para o processo de tomada de decisão.

O elemento explicativo “reciprocidade” procura explicar as relações econômicas e sociais pela ótica dos benefícios comuns. A discussão sobre o estabelecimento de relações com propósitos mutuamente benéficos contrasta com a lógica do elemento “assimetria” que enxerga as relações interorganizacionais como forma de acessar recursos, estabilizar resultados e minimizar a dependência (Pfeffer & Salancik, 2003).

O elemento explicativo “estabilidade” dialoga diretamente com o conceito de incerteza. Dado o contexto dinâmico e de escassez de recursos em que as organizações estão inseridas, ao se envolver em uma relação, a organização busca reduzir incertezas. Entretanto, relações recém-construídas enfrentam problemas de incerteza e ambiguidade que surgem em função das diferenças entre os parceiros em termos de cultura, experiência, estrutura e indústria (Vlaar et al., 2006).

No modelo de SI, as empresas precisam coletar, processar e compartilhar dados sobre utilização de recursos, monitorar os fluxos de resíduos internos e os fluxos entre as empresas, o que gera necessariamente uma super dependência entre os atores industriais envolvidos (Gibbs, 2003). Essa dependência cria incertezas e pode desencorajar a formação de novos relacionamentos. Nesse sentido, um elemento que pode contribuir para que essas questões sejam superadas e facilitar a SI, é a construção das relações com base na confiança interorganizacional.

A literatura relacional dedica parte das suas pesquisas na compreensão da confiança como um aspecto fundamental para o êxito dos relacionamentos interorganizacionais (Bouças da Silva et al., 2020; Gulati & Nickerson, 2008; Robson et al., 2008; Schoorman et al., 2007). Em que pese a relevância da confiança no processo de SI, poucos estudos avançam no

sentido de compreendê-la (Ashton & Bain, 2012; Gibbs, 2003; Hewes & Lyons, 2008; Ramsheva et al., 2019).

Longos tempos de retorno, dependência de apenas um fornecedor, contratos incompletos, baixo desempenho esperado do fornecedor, processos inflexíveis e a necessidade de compartilhar informações confidenciais são fatores que aumentam os riscos percebidos da SI e diminuem as possibilidades de interação (Ramsheva et al., 2019). A partir do conhecimento trazido pela abordagem relacional sobre a estrutura que antecede a formação da confiança interorganizacional, pode-se traçar estratégias voltada para a fase inicial do processo de SI com o objetivo de estimular relações voluntárias e pessoais entre os atores, promover ações que tragam benefícios comuns e aprimorar o processo de comunicação e compartilhamento de informações. Com isso, espera-se desenvolver a confiança e conseqüentemente obter ganhos substanciais de engajamento e cooperação, redução dos riscos percebidos, sobretudo no que diz respeito a manutenção e consolidação da SI.

O último elemento explicativo “aprendizado” se conecta diretamente com dois mecanismos de facilitação da SI que são a capacidade absorptiva e a capacidade de processamento de informação. Implementar o processo de SI implica revisitar estruturas industriais vigentes, eliminar práticas sustentáveis e adotar novas estratégias (Velenturf & Purnell, 2021). Portanto, fazer parte de um processo como esse pode ser visto como uma oportunidade de aprendizado para as organizações.

Em contrapartida, para que o processo de SI seja bem sucedido, as empresas que têm maior capacidade de aprender estarão mais bem posicionadas em relação as inovações e prontas para explorar novos conhecimentos (Cohen & Levinthal, 1989). Investir em treinamento e desenvolvimento de competências organizacionais relacionadas a sustentabilidade, conhecido como *green training*, apresentam resultados em nível individual como o envolvimento, comprometimento, engajamento; e no nível da empresa, têm impacto sobre o

desempenho econômico e financeiro, na reputação, atratividade e credibilidade (Chams & García-Blandón, 2019).

Aliada ao elemento facilitador capacidade absorptiva, está a capacidade de processamento de informação de uma organização. Plataformas de compartilhamento de informações, canais de comunicação, sistemas de dados setoriais e nacionais com características técnicas, econômicas, sociais e ambientais qualitativas e quantitativas dos estoques e fluxos de materiais são essenciais na identificação de gargalos dos processos, no processo de tomada de decisões e para o bom desempenho econômico e ambiental da SI (Fraccascia & Yazan, 2018; Velenturf & Purnell, 2021).

Na busca por mecanismos que facilitem a implementação da SI, o processo de criação de sentido destaca a importância dos processos interativos para materializar significados e promover um entendimento comum coletivo (Weick et al., 2005). Nessa lógica, o indivíduo passa a ser peça-chave no processo, pois suas crenças, atitudes e valores influenciam na construção da criação de sentido organizacional. Como descrito no estudo 2, a ausência de interações sociais no distrito industrial de Sete Lagoas foi apontada como um fator limitante para o desenvolvimento das relações de SI.

Nesse sentido, a dimensão humana ganha relevância na compreensão do fenômeno de SI (Pitkänen et al., 2016). Uma forma de estimular a criação de sentido é ter pessoas responsáveis por construir conhecimento sobre circularidade, disseminar novas práticas e promover o engajamento dos indivíduos no âmbito organizacional. Essas ações reforçam os valores individuais e à medida que essas relações sociais são fortalecidas no nível interfirma, cria-se um senso de comunidade. Por outro lado, os processos formais de negociação e contratação também podem contribuir para construção da criação de sentido entre as organizações. Os mecanismos apontados pela literatura relacional podem ser úteis no processo de criação de sentido da SI, principalmente nas fases iniciais de implementação e sensibilização dos atores (Vlaar et al., 2006).

Por fim, a literatura relacional preconiza a necessidade de uma estrutura formal de governança para o bom funcionamento das relações. De modo semelhante, a literatura de SI aponta que em função da diversidade de atores envolvidos, o estabelecimento de uma estrutura de governança funciona como um elemento facilitador do processo de SI. Além dos atores vinculados as empresas, o desenvolvimento da SI requer amplo apoio da comunidade e participação ativa das principais partes interessadas, como agências governamentais locais, regionais e nacionais; associações empresariais; Instituições de ensino e pesquisa; e organizações não governamentais (Faria et al., 2021; Sakr et al., 2011). Nos casos em que a SI é planejada, a função de coordenação é fundamental, uma vez que na fase inicial é necessário alinhar expectativas, reforçar compromissos e coordenar os resultados (Domenech et al., 2011; Mulrow et al., 2017). A longo prazo, as relações podem depender cada vez menos de elementos formais a medida que os laços pessoais vão sendo estabelecidos (Lumineau & Oliveira, 2018).

4.6. Considerações Finais

A contribuição desse ensaio teórico está na compreensão de que a realidade na qual as organizações estão inseridas é demasiada complexa para ser entendida por apenas uma abordagem. Nesse sentido, o objetivo desse ensaio foi propor uma integração entre três perspectivas teóricas diferentes de modo a aproximá-las nesse contexto de transição e mudanças.

A EI traz um aporte técnico e metodológico relacionado a ferramentas de diagnóstico, análises quantitativas de fluxos de material e energia e modelos baseados em processos sinérgicos no contexto organizacional que contribuem para um caminho de maior eficiência no uso dos recursos e melhorias nos processos produtivos. Esse ferramental também pode contribuir para o aprimoramento das capacidades absorptiva e de processamento de informação das organizações. Dados são fontes importantes para o processo de tomada de decisão, para

definição de prioridades, projeto, produtos, sobretudo para dar transparência e confiabilidade nas relações.

No contexto da formação de relacionamentos interorganizacionais, a teoria neo-institucional se mostra valiosa para ajudar a descrever por que as empresas mudam e evoluem ao longo do tempo. As pressões institucionais estimulam/forçam as organizações a aderirem a novos arranjos e adotarem novos comportamentos, como adesão a normas de certificação, participação em projetos comunitários, ser membro de associações de classe, etc.

Já o arcabouço teórico que aborda os relacionamentos interorganizacionais apresenta duas contribuições para essa discussão. Em primeiro lugar, elucida que as razões pelas quais as organizações entram em novos arranjos não envolve apenas questões de eficiência e vantagens econômicas. Os fatores necessidade, assimetria/controle, reciprocidade, estabilidade/incerteza, legitimidade/reputação e aprendizado também devem ser considerados.

Em segundo lugar, as organizações estão inseridas em um ambiente cada vez mais incerto em que as soluções e estratégias se tornam cada vez mais ambiciosas e a complexidade dos problemas só aumenta. Por isso, torna-se cada vez mais importante compreender os mecanismos subjacentes ao fortalecimento dos relacionamentos interorganizacionais, como o desenvolvimento da confiança e da criação de sentido, o investimento em capacidade absorviva e na capacidade de processamento de informação e o estabelecimento de estruturas de governança.

À medida que as organizações avançam em novos modelos mais sustentáveis, percebe-se que ações isoladas não serão mais suficientes. A complexidade das ações propostas por novos modelos de produção exigirá dos atores organizacionais maior integração em uma estrutura colaborativa de transição tecnológica, econômica e comportamental. A partir das conexões estabelecidas entre as teorias foi construído um modelo conceitual contendo os elementos críticos do processo de mudança do comportamento das organizações que levaria a transição de um modelo orientado ao desperdício para o modelo de circularidade de recursos.

Como limitações do estudo, devido ao escopo teórico extenso das diferentes perspectivas aqui apresentadas, certamente existem alguns aspectos e contribuições de cada teoria que não foram abordados. Além disso, os próprios fundamentos teóricos das teorias se sobrepõem em vários pontos no tempo, por isso é difícil fazer distinções explícitas entre eles. Isso pode ter causado alguma simplificação em alguns pontos.

5. CONCLUSÃO

Para responder à pergunta de pesquisa e atingir o objetivo proposto, a elaboração da tese foi realizada em formato de três artigos. De modo a facilitar a compreensão do foco central da pesquisa, eles foram apresentados em uma ordem que atendesse tanto ao objetivo geral quanto aos objetivos específicos. Os resultados extraídos de cada artigo se interligam com o propósito de responder a seguinte questão problema: Quais são os elementos críticos para o desenvolvimento da simbiose industrial em direção a um modelo circular de produção?

O primeiro artigo foi estruturado com o propósito de atender aos dois primeiros objetivos específicos da pesquisa, que são: (i) analisar o processo de implementação de SI em três casos de sucesso de SI na literatura, identificando seus elementos contextuais; e (ii) propor um framework teórico e analítico com base nas convergências e semelhanças encontradas nos três casos.

Para a consecução desses objetivos, realizou-se uma revisão sistemática da literatura de modo a levantar a maior quantidade de dados possível sobre os casos de SI no mundo. Desse levantamento, os casos de Kalundborg, Kwinana e Ulsan se destacaram e foram selecionados pelos seguintes critérios: acessibilidade e qualidade dos dados disponíveis, grau de maturidade das relações interorganizacionais e grau de homogeneidade entre os casos.

Para analisar o processo de implementação da SI nesses ecossistemas industriais, optou-se pela estrutura do IAD por ele ser uma estrutura analítica que contém um conjunto universal de blocos de variáveis que permite explicar o comportamento de um grupo ou indivíduo. A partir das análises das convergências e semelhanças encontradas nos três casos foi possível propor um quadro voltado para a formação das relações de SI. Os elementos fundamentais incluíram a diversidade de indústrias; a viabilidade econômica das trocas; questões ambientais críticas como motivadores de práticas mais sustentáveis; acordos bilaterais como precursores do SI; engajamento coletivo por meio de fóruns, clubes, conselhos e associações; confiança para estabelecer relações de cooperação; estratégias de

comunicação e compartilhamento de informações; uma estrutura regulatória alinhada nos níveis nacional, regional e local; congruência entre as ações do governo e da empresa para criar um ambiente cooperativo; e uma estrutura de governança que envolve o governo local, empresas, instituições de P&D e uma entidade coordenadora ou o campeão. Dessa forma, atendeu-se parcialmente ao objetivo geral da pesquisa no que tange aos elementos críticos para a SI.

De modo a complementar as análises do artigo 1, ampliou-se o escopo do estudo ao trazer evidências empíricas sobre a SI no Brasil, o que contemplou o quarto objetivo específico da tese que é analisar o comportamento das organizações no processo de implementação da SI no Projeto Piloto de EC do distrito industrial de Sete Lagoas a partir da percepção dos principais atores envolvidos.

Para atingir esse objetivo, foi realizado um levantamento da literatura nacional sobre a SI. Apenas dois casos de SI se destacaram, o programa Rio Ecopolo e o PMSI. Desses, apenas o PMSI possuía indicativo de continuidade das ações. A partir disso, contatos foram realizados com a FIEMG a fim de validar as informações sobre o projeto. Naquele momento, o PMSI já havia sido transformado no Programa de Economia Circular em Distritos Industriais, com ações já em curso como a implantação do Projeto-Piloto em Sete Lagoas desde 2017. Deste modo, definiu-se como *lócus* de pesquisa o Projeto-Piloto de Economia Circular no distrito industrial de Sete Lagoas.

A análise do processo de implementação do projeto de SI em de Sete Lagoas confirmou elementos críticos já contemplados no artigo 1, como também apontou particularidades do contexto em que ele está inserido. Esses elementos foram agrupados em quatro grandes categorias: os elementos exógenos que se desdobram em leis, normas e entendimentos compartilhados; os elementos objetivos da ação organizacional que são os fluxos de recursos, a diversidade industrial, a viabilidade econômica e os fluxos de informação; os elementos subjetivos das relações que se dividiram em interface com a comunidade, interações

organizacionais e o papel de coordenação; e por último, as barreiras que são: ausência de ações governamentais, indisponibilidade de tempo, custo da destinação versus o custo do investimento e a descontinuidade das ações.

A contribuição do estudo 2 para o objetivo geral da pesquisa está em apontar os elementos críticos do processo de SI a partir da realidade brasileira uma vez que o corpo teórico de SI se sustenta basicamente a partir de casos de implementação de SI em países desenvolvidos. Corroborando com um movimento mais recente da literatura de SI, os resultados encontrados nos artigos 1 e 2 apontam para a complexidade do fenômeno e a necessidade de compreendê-lo a partir de uma ótica mais ampla, sendo os elementos econômicos e técnicos da análise apenas uma parte dos múltiplos fatores que influenciam a adoção de novos modelos.

Nesse sentido, recorreu-se a outras disciplinas como forma de contribuir para essa discussão e atingir o último objetivo específico da tese que foi: (v) compreender como a integração entre os pressupostos da teoria neo-institucional e das relações interorganizacionais ao corpo teórico da EI, SI e EC pode contribuir no entendimento do comportamento das organizações em direção a um modelo circular de produção.

A contribuição do artigo 3 está na compreensão de que a realidade na qual as organizações estão inseridas é demasiada complexa para ser entendida por apenas uma abordagem. Sendo assim, o ensaio teórico possibilitou uma compreensão do fenômeno da SI pela perspectiva de processo, explorando a articulação entre os níveis técnicos, organizacionais e institucionais.

No contexto da formação de relacionamentos interorganizacionais, a teoria neo-institucional e seus pilares regulativo, normativo e mimético se mostraram valiosos para ajudar a descrever por que as empresas mudam e evoluem ao longo do tempo. Já o arcabouço teórico que aborda os relacionamentos interorganizacionais, reforça que as razões pelas quais as organizações entram em novos arranjos não envolve apenas questões de eficiência e

vantagens econômicas, como também incluem os fatores necessidade, assimetria/controle, reciprocidade, estabilidade/incerteza, legitimidade/reputação e aprendizado. Adicionalmente, a perspectiva das relações interorganizacionais aborda os mecanismos de fortalecimento dessas relações que são: o desenvolvimento da confiança e da criação de sentido, o investimento em capacidade absorviva e na capacidade de processamento de informação e o estabelecimento de estruturas de governança.

Em resumo, a integração entre essas abordagens ofereceu oportunidades para desenvolver uma nova teoria com um poder explicativo mais forte e mais amplo do que as perspectivas sozinhas. As perspectivas de EC e EI trazem novos caminhos de modelos de negócios para as teorias organizacionais ao romper com a lógica da economia linear. Por outro lado, as teorias organizacionais já possuem um arcabouço consistente relacionado as condições ambientais e aos fatores contingentes que explicam a formação e a estrutura das relações interorganizacionais. Em outros termos, a EI e a EC conseguem apontar para soluções que impactem menos o meio ambiente, enquanto, as teorias organizacionais conseguem explicar os motivos que levam as empresas a mudar e como essas novas práticas se institucionalizam.

Considerando o potencial de pesquisa que essa nova abordagem pode desencadear, como estudos futuros sugere-se: (i) analisar longitudinalmente a implementação da SI desde sua fase embrionária até a maturidade das relações; (ii) quantificar o impacto ambiental das ações estabelecidas no distrito industrial de Sete Lagoas; (iii) avaliar o papel da confiança, da criação de sentido, da capacidade absorviva, da capacidade de processamento de informação e das estruturas de governança na decisão de cooperar; (iv) identificar a nível individual quais as competências essenciais para a SI; por fim, (v) avaliar o papel do Estado na promoção de ações voltadas para a EC e SI.

Assim como qualquer estudo, esta tese possui limitações. O período em que a coleta de dados ocorreu foi incomum na história do Brasil e do mundo. Devido aos protocolos de

segurança adotados no enfrentamento da pandemia, apenas uma das entrevistas foi realizada pessoalmente, as demais foram realizadas à distância. Isso pode ter influenciado na aproximação e interação entre pesquisador e entrevistado. Ademais, fazia parte das estratégias de coleta de dados a realização de visitas técnicas e observação participante que não foram concretizadas em função da pandemia. Outra limitação diz respeito as mudanças econômicas do período que impactaram o desempenho e funcionamento das empresas entrevistadas, principalmente para as pequenas empresas. As possibilidades de investimento em novas tecnologias ou adoção de novas práticas foram substituídas por questões de sobrevivência no mercado. Além disso, conforme achados do próprio estudo, o êxito das ações de SI passa necessariamente pelo estabelecimento de interações sociais, engajamento dos diversos atores, o que também foi impactado nesse período.

REFERÊNCIAS

- ABNT. (2001). NBR ISO 14040 Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. In *Associação Brasileira de Normas Técnicas*.
- ABRELPE. (2020). Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020. In *Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais - ABRELPE (Vol. 1)*.
<https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>
- Abreu, M. C. S. D., & Ceglia, D. (2018). On the implementation of a circular economy: The role of institutional capacity-building through industrial symbiosis. *Resources, Conservation and Recycling*, 138(July), 99–109. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.07.001>
- Agostini, L., Nosella, A., & Teshome, M. B. (2019). Inter-organizational relationships: toward a reconceptualization of constructs. *Baltic Journal of Management*, 14(3), 346–369.
<https://doi.org/10.1108/BJM-08-2018-0306>
- Aldrich, H. E., & Pfeffer, J. (1976). Environments of Organizations. *Annual Review of Sociology*, 2(1976), 79–105.
- Allen, D. W. (1999). Transaction Costs. In *Encyclopedia of law and economics (Vol. 27, Issue 2, pp. 65–74)*. <https://doi.org/10.3905/jpm.2001.319793>
- Ammenberg, J., Baas, L., Eklund, M., Feiz, R., Helgstrand, A., & Marshall, R. (2015). Improving the CO2 performance of cement, part III: the relevance of industrial symbiosis and how to measure its impact. *Journal of Cleaner Production*, 98, 145–155.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.086>
- Asheim, B., Cooke, P., & Martin, R. (2011). *Clusters and Regional Development: Critical Reflections and Explorations*. Routledge Journals, Taylor & Francis Ltda.
- Ashton, W. S. (2008). Understanding the organization of industrial ecosystems: A social network approach. *Journal of Industrial Ecology*, 12(1), 34–51. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00002.x>
- Ashton, W. S., & Bain, A. C. (2012). Assessing the “Short Mental Distance” in Eco-Industrial

- Networks. *Journal of Industrial Ecology*, 16(1), 70–82. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00453.x>
- Astley, W. G., & de Ven, A. H. Van. (1983). Central Perspectives and Debates in Organization Theory. *Administrative Science Quarterly*, 28(2), 245. <https://doi.org/10.2307/2392620>
- Ayres, R. U. (1994). Industrial Metabolism: Theory and Policy. In *The Greening of Industrial Ecosystems* (pp. 23–37). National Academy Press.
- Ayres, R. U., & Ayres, L. W. (2002). A Handbook of Industrial Ecology. In *A Handbook of Industrial Ecology*. Edward Elgar Publishing Ltd.
<https://doi.org/10.4337/9781843765479.00017>
- Baas, L. (2008). Industrial Symbiosis in the Rotterdam Harbour and Industry Complex: reflections on the interconnection of the techno-sphere with the social system. *Business Strategy and the Environment*, 17(5), 330–340.
- Bailey, R., Bras, B., & Allen, J. K. (1999). Using robust concept exploration and systems dynamics models in the design of complex industrial ecosystems. *Engineering Optimization*, 32, 33–58.
- Bain, A., Shenoy, M., Ashton, W. S., & Chertow, M. R. (2010). Industrial symbiosis and waste recovery in an Indian industrial area. *Resources, Conservation & Recycling*, 54(12), 1278–1287. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.04.007>
- Baldassarre, B., Schepers, M., Bocken, N., Cuppen, E., Korevaar, G., & Calabretta, G. (2019). Industrial Symbiosis: towards a design process for eco-industrial clusters by integrating Circular Economy and Industrial Ecology perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 216, 446–460. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.091>
- Bardin, L. (2016). *Análise de Conteúdo* (3ª). Edições 70.
- Barringer, B. R., & Harrison, J. S. (2000). Walking a tightrope: Creating value through interorganizational relationships. *Journal of Management*, 26(3), 367–403.
<https://doi.org/10.1177/014920630002600302>

- Barros, M. C. L. (2014). *Desenvolvimento sustentável , processos produtivos integrados e governança : o caso do SLP de petroquímico-plásticos do Grande ABC paulista*.
- Becattini, G. (1991). Italian Industrial Districts: Problems and Perspectives. *International Studies of Management & Organization*, 21(1), 83–90.
<https://doi.org/10.1080/00208825.1991.11656551>
- Behera, S. K., Kim, J. H., Lee, S. Y., Suh, S., & Park, H. S. (2012). Evolution of “designed” industrial symbiosis networks in the Ulsan Eco-industrial Park: “Research and development into business” as the enabling framework. *Journal of Cleaner Production*, 29–30, 103–112.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.02.009>
- Belaud, J. P., Adoue, C., Vialle, C., Chorro, A., & Sablayrolles, C. (2019). A circular economy and industrial ecology toolbox for developing an eco-industrial park: perspectives from French policy. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 21(5), 967–985.
<https://doi.org/10.1007/s10098-019-01677-1>
- Bensaou, M., & Venkatraman, N. (1995). Configurations of Interorganizational Relationships: A Comparison Between U.S. and Japanese Automakers. *Management Science*, 41(9), 1471–1492. <https://doi.org/10.1287/mnsc.41.9.1471>
- Boons, F. A., & Howard-Grenville, J. (2009). Introducing the Social Embeddedness of Industrial Ecology. In F. A. Boons & J. Howard-Grenville (Eds.), *The Social Embeddedness of Industrial Ecology* (pp. 3–27). Edward Elgar Publishing Ltd.
- Boons, F., Chertow, M. R., Park, J., Spekkink, W., & Shi, H. (2016). Industrial Symbiosis Dynamics and the Problem of Equivalence: Proposal for a Comparative Framework. *Journal of Industrial Ecology*, 21(4), 938–952. <https://doi.org/10.1111/jiec.12468>
- Boons, F., & Howard-Grenville, J. (2009). The Social Embeddedness of Industrial Ecology. In F. A. Boons & J. Howard-Grenville (Eds.), *The Social Embeddedness of Industrial Ecology*. Edward Elgar Publishing Ltd.
- Boons, F., Spekkink, W., & Jiao, W. (2014). A Process Perspective on Industrial Symbiosis:

- Theory, Methodology, and Application. *Journal of Industrial Ecology*, 18(3), 341–355.
<https://doi.org/10.1111/jiec.12116>
- Boons, F., Spekkink, W., & Mouzakitis, Y. (2011). The dynamics of industrial symbiosis: A proposal for a conceptual framework based upon a comprehensive literature review. *Journal of Cleaner Production*, 19(9–10), 905–911.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.01.003>
- Bossilkov, A., Van Beers, D., & Van Behkel, R. (2005). Industrial symbiosis as an integrative business practice in Kwinana Industrial Area, lessons learnt and ways forward. *11th International Sustainable Development Research Conference, 6-8 June*.
http://scholar.google.com/scholar?start=70&q=industrial+symbiosis&hl=en&as_sdt=0,23#3
- Bouças da Silva, D. L., Hoffmann, V. E., & Costa, H. A. (2020). Confiança em redes de cooperação do turismo: análise de seu papel e elementos vinculados em Parnaíba, Piauí, Brasil. *Revista Brasileira de Pesquisa Em Turismo*, 14(2), 9–29.
<https://doi.org/10.7784/rbtur.v14i2.1535>
- Bouncken, R. B., Gast, J., Kraus, S., & Bogers, M. (2015). Coopetition: a systematic review, synthesis, and future research directions. *Review of Managerial Science*, 9(3), 577–601.
<https://doi.org/10.1007/s11846-015-0168-6>
- Boyce, C., & Neale, P. (2006). *Conducting in-depth interviews: A guide for designing and conducting in-depth interviews for evaluation input* (Vol. 4). Pathfinder International.
<https://doi.org/10.1080/14616730210154225>
- Branca, T. A., Colla, V., Algermissen, D., Granbom, H., Martini, U., Morillon, A., Pietruck, R., & Rosendahl, S. (2020). Reuse and recycling of by-products in the steel sector: Recent achievements paving the way to circular economy and industrial symbiosis in europe. *Metals*, 10(3). <https://doi.org/10.3390/met10030345>
- Branson, C. R. C. (2011). *Bilateral Industrial Symbiosis: an assessment of its potential in new south wales to deal sustainably with manufacturing waste* (Issue September). Ph. D.

- Thesis, The University of Sydney, Sydney, Australia.
- Branson, C. R. C. (2016). Re-constructing Kalundborg: the reality of bilateral symbiosis and other insights. *Journal of Cleaner Production*, 112(5), 4344–4352.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.069>
- BRASIL. (2010). *Lei Federal nº 12.305/2010 -Política Nacional de Resíduos Sólidos*.
- Bringezu, S., & Moriguchi, Y. (2002). Material Flow Analysis. In *A Handbook of Industrial Ecology*.
- Bursztyn, M., & Bursztyn, M. A. (2012). *Fundamentos de Política e Gestão Ambiental*. Garamond.
- Caiado, N., Guarnieri, P., Xavier, L. H., & de Lorena Diniz Chaves, G. (2017). A characterization of the Brazilian market of reverse logistic credits (RLC) and an analogy with the existing carbon credit market. *Resources, Conservation and Recycling*, 118, 47–59.
<https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2016.11.021>
- Carvalho, C. A., Vieira, M. M. F., & Goulart, S. M. (2005). A trajetória conservadora da teoria institucional. *Revista Da Administração Pública*, 10(especial), 469–496.
<http://www.redalyc.org/pdf/2410/241021497002.pdf>
- Castañer, X., & Oliveira, N. (2020). Collaboration, Coordination, and Cooperation Among Organizations: Establishing the Distinctive Meanings of These Terms Through a Systematic Literature Review. *Journal of Management*, 46(6), 965–1001.
<https://doi.org/10.1177/0149206320901565>
- Cecchin, A., Salomone, R., Deutz, P., Raggi, A., & Cutaia, L. (2020). Relating Industrial Symbiosis and Circular Economy to the Sustainable Development Debate. In *Industrial Symbiosis for the Circular Economy, Strategies for Sustainability* (pp. 1–25). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-36660-5_1
- Ceglia, D. (2015). *An Analysis of Institutional Dynamic for Industrial Symbiosis in the United Kingdom*. Master Thesis, Universidade Federal do Ceará, Ceará, Brazil.

- Ceglia, Domenico, Abreu, M. C. S. D. M. C. S. de, & Da Silva Filho, J. C. L. (2017). Critical elements for eco-retrofitting a conventional industrial park: Social barriers to be overcome. *Journal of Environmental Management*, 187, 375–383.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.064>
- Chams, N., & García-Blandón, J. (2019). On the importance of sustainable human resource management for the adoption of sustainable development goals. *Resources, Conservation and Recycling*, 141(November 2017), 109–122.
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.006>
- Chandler, J., Cumpston, M., Thomas, J., Higgins, J., Deeks, J., & Clarke, M. (2021). Introduction. In W. V. Higgins JPT, Thomas J, Chandler J, Cumpston M, Li T, Page MJ (Ed.), *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 6.2*. John Wiley & Sons Ltd.
- Chen, X., Fujita, T., Ohnishi, S., Fujii, M., & Geng, Y. (2012). The Impact of Scale, Recycling Boundary, and Type of Waste on Symbiosis and Recycling: An Empirical Study of Japanese Eco-Towns. *Journal of Industrial Ecology*, 16(1), 129–141.
<https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00422.x>
- Chertow, M. R. (2000). INDUSTRIAL SYMBIOSIS : Literature and Taxonomy. *Annual Review of Energy Environment*, 25(1), 313–337. <https://doi.org/doi:10.1146/annurev.energy.25.1.313>
- Chertow, M. R. (2007). “Uncovering” industrial symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 11(1), 11–30. <https://doi.org/10.1162/jiec.2007.1110>
- Chertow, M. R. (2008). Industrial ecology in a developing context. In *Sustainable Development and Environmental Management: Experiences and Case Studies* (pp. 335–349). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8229-0_24
- Chertow, M. R., & Ashton, W. S. (2009). The social embeddedness of industrial symbiosis linkages in Puerto Rican industrial regions. In F. A. Boons & J. Howard-Grenville (Eds.), *The Social Embeddedness of Industrial Ecology*. Edward Elgar Publishing Ltd.

- Chertow, M. R., Ashton, W. S., & Espinosa, J. C. (2008). Industrial Symbiosis in Puerto Rico: Environmentally Related Agglomeration Economies. *Regional Studies*, 42(10), 1299–1312. <https://doi.org/10.1080/00343400701874123>
- Chertow, M. R., & Ehrenfeld, J. R. (2002). Industrial symbiosis: the legacy of Kalundborg. In *A Handbook of Industrial Ecology* (pp. 334–348). Edward Elgar Publishing Ltd.
- Chertow, M. R., & Lombardi, D. R. (2005). Quantifying economic and environmental benefits of co-located firms. *Environmental Science and Technology*, 39(17), 6535–6541. <https://doi.org/10.1021/es050050+>
- Chileshe, N., Rameezdeen, R., Hosseini, M. R., Martek, I., Li, H. X., & Panjehbashi-Aghdam, P. (2018). Factors driving the implementation of reverse logistics: A quantified model for the construction industry. *Waste Management*, 79, 48–57. <https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2018.07.013>
- Chopra, S. S., & Khanna, V. (2012). Toward a network perspective for understanding resilience and sustainability in industrial symbiotic networks. *2012 IEEE International Symposium on Sustainable Systems and Technology, ISSST 2012*. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84866235421&doi=10.1109%2FISST.2012.6227987&partnerID=40&md5=e4e52f6e0cbd7c04b29bc8481036a3b1>
- Cicconi, P. (2020). Eco-design and Eco-materials: An interactive and collaborative approach. *Sustainable Materials and Technologies*, 23, e00135. <https://doi.org/10.1016/J.SUSMAT.2019.E00135>
- Clift, R., & Druckman, A. (2016). Taking Stock of Industrial Ecology. In *Taking Stock of Industrial Ecology*. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-20571-7>
- CNI. (2018). *Economia Circular Oportunidades e Desafios para a Indústria Brasileira*. <https://eventos.fct.unl.pt/crossideas/pages/economia-circular>
- CODEMGE. (n.d.). *Distritos Industriais: o desenvolvimento da história*. Retrieved October 10,

- 2021, from <http://www.codemge.com.br/atuacao/distritos-industriais/historico/>
- Cohen-Rosenthal, E. (2000). A Walk on the Human Side of Industrial Ecology. *American Behavioral Scientist*, 44(2), 245–264. <https://doi.org/10.1177/07399863870092005>
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1989). Innovation and Learning: The Two Faces of R&D. *The Economic Journal*, 99(397), 569–596.
- Colby, M. E. (1991). Environmental management in development: the evolution of paradigms. *Ecological Economics*, 3(3), 193–213. [https://doi.org/10.1016/0921-8009\(91\)90032-A](https://doi.org/10.1016/0921-8009(91)90032-A)
- Cole, D. H., Epstein, G., & McGinnis, M. D. (2019). Combining the IAD and SES Frameworks. *International Journal of the Commons*, 13(1), 244. <https://doi.org/10.18352/ijc.864>
- Corder, G. D., Golev, A., Fyfe, J., & King, S. (2014). The status of industrial ecology in Australia: Barriers and enablers. *Resources*, 3(2), 340–361.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84977795374&doi=10.3390%2Fresources3020340&partnerID=40&md5=66d7cdc6bb15a1a042fd2ec1668b98ba>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage Publications.
- Cronin, P., Ryan, F., & Coughlan, M. (2008). Undertaking a literature review: A step-by-step approach. *British Journal of Nursing*, 17, 38–43.
- Cui, H., Liu, C., Côté, R., & Liu, W. (2018). Understanding the evolution of industrial symbiosis with a system dynamics model: A case study of Hai Hua Industrial Symbiosis, China. *Sustainability (Switzerland)*, 10(11), 31–32. <https://doi.org/10.3390/su10113873>
- D'Amato, D., Droste, N., Allen, B., Kettunen, M., Lähtinen, K., Korhonen, J., Leskinen, P., Matthies, B. D., & Toppinen, A. (2017). Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues. *Journal of Cleaner Production*, 168, 716–734. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.053>
- da Costa, P. R., Ramos, H. R., & Pedron, C. D. (2019). Alternative Structure Proposition for

- PhD Thesis from Multiple Studies. *Revista Ibero-Americana de Estratégia*, 18(2), 155–170.
<https://doi.org/10.5585/riae.v18i2.15156>
- Dacin, M. T., Goodstein, J., & Scott, W. R. (2002). Institutional theory and institutional change: Introduction to the special research forum. *Academy of Management Journal*, 45(1), 45–57. <https://doi.org/10.2307/3069284>
- Desrochers, P. (2001). Cities and industrial symbiosis: Some historical perspectives and policy implications. *Journal of Industrial Ecology*, 5(4), 29–44.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0035556227&doi=10.1162%2F10881980160084024&partnerID=40&md5=5cfe62ec6c0850d5b639269295a64789>
- Dias, R., Azevedo, J., Ferreira, I., Estrela, M., Henriques, J., Ascenco, C., & Iten, M. (2020). Technical Viability Analysis of Industrial Synergies-An Applied Framework Perspective. *SUSTAINABILITY*, 12(18). <https://doi.org/10.3390/su12187720>
- DiMaggio, P. J., & Powell, W. W. (1983). The Iron Cage Revisited: Institutional Isomorphism and Collective Rationality in Organisation Fields. In *American Sociologists Review* (Vol. 48, Issue 2, pp. 147–160). <https://doi.org/10.2307/2095101>
- Diwekar, U., & Small, M. J. (2002). Process analysis approach to industrial ecology. In *A Handbook of Industrial Ecology* (pp. 114–137).
- Domenech, T., & Davies, M. (2011). Structure and morphology of industrial symbiosis networks: The case of Kalundborg. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 10, 79–89.
- Doménech, T., & Davies, M. (2009). The social aspects of industrial symbiosis: The application of social network analysis to industrial symbiosis networks. *Progress in Industrial Ecology*, 6(1), 68–99. <https://doi.org/10.1504/PIE.2009.026583>
- Domenech, T., Davies, M., Doménech, T., & Davies, M. (2011). The Role of Embeddedness in Industrial Symbiosis Networks: Phases in the Evolution of Industrial Symbiosis Networks. *Business Strategy and the Environment*, 20(5), 281–296. <https://doi.org/10.1002/bse.695>

- Donnelly, K., Beckett-Furnell, Z., Traeger, S., Okrasinski, T., & Holman, S. (2006). Eco-design implemented through a product-based environmental management system. *Journal of Cleaner Production*, 14(15–16), 1357–1367.
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2005.11.029>
- Dyer, J. H. (1997). Effective interim collaboration: how firms minimize transaction costs and maximise transaction value. *Strategic Management Journal*, 18(7), 535–556.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0266\(199708\)18:7<535::AID-SMJ885>3.3.CO;2-Q](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0266(199708)18:7<535::AID-SMJ885>3.3.CO;2-Q)
- Ehrenfeld, J., & Gertler, N. (1997). Industrial Ecology in Practice: The Evolution of Interdependence at Kalundborg. *Journal of Industrial Ecology*, 1(1), 67–79.
<https://doi.org/10.1162/jiec.1997.1.1.67>
- Ellen MacArthur Foundation. (2017). A Circular Economy in Brazil: an initial exploration. In *Ellen MacArthur Foundation: Vol. CE100 Bras* (Issue January).
<https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/A-Circular-Economy-in-Brazil-An-initial-exploration.pdf>
- Erkman, S. (1997). Industrial ecology: An historical view. *Journal of Cleaner Production*, 5(1–2), 1–10. [https://doi.org/10.1016/S0959-6526\(97\)00003-6](https://doi.org/10.1016/S0959-6526(97)00003-6)
- Espino, J. A. (2001). Instituciones y economía. Una introducción al neoinstitucionalismo económico. *Región y Sociedad*, 13, 193–197.
- Esposito, M., Tse, T., & Soufani, K. (2018). Introducing a Circular Economy: New Thinking with New Managerial and Policy Implications. *California Management Review*, 60(3), 5–19.
<https://doi.org/10.1177/0008125618764691>
- European Commission. (2018). *Cooperation fostering industrial symbiosis : market potential , good practice and policy actions*. European Union.
- Fadel, A. L. C., Zanforlin, G. da M., & Costa, W. S. (2020). *Economia Circular em Distritos Industriais de Minas Gerais (BR)*. <https://doi.org/10.5151/9786555500493-04>
- Faria, E., Caldeira-Pires, A., & Barreto, C. (2021). Social, economic, and institutional

- configurations of the industrial symbiosis process: A comparative analysis of the literature and a proposed theoretical and analytical framework. *Sustainability (Switzerland)*, 13(13).
<https://doi.org/10.3390/su13137123>
- Ferrer, G., Cortezia, S., & Neumann, J. M. (2012). Green City: Environmental and Social Responsibility in an Industrial Cluster. *Journal of Industrial Ecology*, 16(1), 142–152.
<https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00442.x>
- FIEMG/CODEMIG. (2016). *Plano de Ação: Distrito Industrial de Sete Lagoas*.
- FIEMG. (2017). *Economia Circular em Distritos Industriais Metodologia FIEMG e Execução em Minas Gerais*. FIEMG.
- Flick, U., Kardorff, E. von, & Steinke, I. (2004). What is Qualitative Research? An Introduction to the Field. In *A companion to qualitative research* (p. 380). Sage Publications.
- Fraccascia, L., & Yazan, D. M. (2018). The role of online information-sharing platforms on the performance of industrial symbiosis networks. *Resources, Conservation and Recycling*, 136, 473–485. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.03.009>
- Fragomeni, A. L. M. (2005). *Parques Industriais Ecológicos como Instrumento de Planejamento e Gestão Ambiental Cooperativa* [Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE].
http://objdig.ufrj.br/60/teses/coppe_m/AnaLuizaMouraFragomeni.pdf
- Frosch, R. A., & Gallopoulos, N. E. (1989). Strategies for Manufacturing. *Scientific American*, 144–152. <https://doi.org/10.1177/0741088301018004001>
- Galvão, O. J. D. A. (2000). “Clusters” E Distritos Industriais: Estudos De Casos Em Países Seleccionados E Implicações de Política. *Planejamento e Políticas Públicas*, 21(junho).
<http://desafios2.ipea.gov.br/ppp/index.php/PPP/article/view/85>
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757–768.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Geng, Y., Fu, J., Sarkis, J., & Xue, B. (2012). Towards a national circular economy indicator

- system in China: An evaluation and critical analysis. *Journal of Cleaner Production*, 23(1), 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.07.005>
- Gibbs, D. (2003). Trust and Networking in Inter-firm Relations: The Case of Eco-industrial Development. *Local Economy*, 18(3), 222–236. <https://doi.org/10.1080/0269094032000114595>
- Gibbs, D., Deutz, P., & Proctor, A. (2005). Industrial ecology and eco-industrial development: A potential paradigm for local and regional development? *Regional Studies*, 39(2), 171–183. <https://doi.org/10.1080/003434005200059959>
- Giurco, D., Bossilkov, A., Patterson, J., & Kazaglis, A. (2011). Developing industrial water reuse synergies in Port Melbourne: Cost effectiveness, barriers and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 19(8), 867–876. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-79952439761&doi=10.1016%2Fj.jclepro.2010.07.001&partnerID=40&md5=cc326ce1b4d1117ad97b9e2002012d3b>
- Golev, A., Corder, G. D., & Giurco, D. P. (2015). Barriers to Industrial Symbiosis: Insights from the Use of a Maturity Grid. *Journal of Industrial Ecology*, 19(1), 141–153. <https://doi.org/10.1111/jiec.12159>
- Gorissen, L., Vrancken, K., & Manshoven, S. (2016). Transition thinking and business model innovation-towards a transformative business model and new role for the reuse centers of Limburg, Belgium. *Sustainability (Switzerland)*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/su8020112>
- Graedel, T. E., & Lifset, R. (2016). Industrial Ecology's First Decade. In *Taking Stock of Industrial Ecology*.
- Grann, H. (1997). The industrial symbiosis at Kalundborg, Denmark. In *The Industrial Green Game: Implications for Environmental Design and Management* (pp. 117–123). National Academy Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.17226/4982>
- Greenwood, R., & Hinings, C. R. (1996). Understanding radical organizational change: Bringing

- together the old and the new institutionalism. *Academy of Management Review*, 21(4), 1022–1054. <https://doi.org/10.5465/AMR.1996.9704071862>
- Gulati, R., & Nickerson, J. A. (2008). Interorganizational trust, governance choice, and exchange performance. *Organization Science*, 19(5), 688–708. <https://doi.org/10.1287/orsc.1070.0345>
- Gulati, R., Nohria, N., & Zaheer, A. (2000). Strategic Networks. *Strategic Management Journal*, 21, 203–215. <https://doi.org/10.1201/9781420031393.ch1>
- Hall, R. H., Clark, J. P., Giordano, P. C., Johnson, P. V, Clark, P., Peggy, C., & Paul, V. (1977). Patterns of Interorganizational Relationships. *Administrative Science Quarterly*, 22(3), 457–474.
- Han, F., Liu, Y., Liu, W., & Cui, Z. (2017). Circular economy measures that boost the upgrade of an aluminum industrial park. *Journal of Cleaner Production*, 168, 1289–1296. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.115>
- Han, S. (2015). *Memories of the city, the old future of Ulsan (26): Air pollution from industrial complexes chocked students and teachers nearby (in Korean)*. Kyeongsang Ilbo. <http://www.ksilbo.co.kr/news/articleView.html?idxno=507062>
- Harris, J., & Roach, B. (2017). Changing Perspectives on the Environment. In *Environmental and Natural Resource Economics: a contemporary approach* (pp. 1–15).
- Harris, S. (2007). Industrial symbiosis in the Kwinana Industrial Area (Western Australia). *Measurement and Control*, 40(8), 239–244. <https://doi.org/10.1177/002029400704000802>
- Harris, S., Van Berkel, R., & Kurup, B. (2008). Fostering Industrial Symbiosis for Regional Sustainable Development Outcomes. *Corporate Responsibility Research Conference*, 7-9 September, 1–21.
- Hashimoto, S., Fujita, T., Geng, Y., & Nagasawa, E. (2010). Realizing CO2 emission reduction through industrial symbiosis: A cement production case study for Kawasaki. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(10), 704–710.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.11.013>

Heeres, R. R., Vermeulen, W. J. V., & de Walle, F. B. (2004). Eco-industrial park initiatives in the USA and the Netherlands: first lessons. *Journal of Cleaner Production*, 12(8–10), 985–995.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.02.014>

Hermelingmeier, V., & von Wirth, T. (2021). The nexus of business sustainability and organizational learning: A systematic literature review to identify key learning principles for business transformation. *Business Strategy and the Environment*, 30(4), 1839–1851.

<https://doi.org/10.1002/bse.2719>

Hess, C., & Ostrom, E. (2007). A Framework for Analyzing the Knowledge Commons. In *Understanding Knowledge as a Commons: from Theory to Practice*. MIT Press.

Hewes, A. K., & Lyons, D. I. (2008). The Humanistic Side of Eco-Industrial Parks: Champions and the Role of Trust. *Regional Studies*, 42(10), 1329–1342.

<https://doi.org/10.1080/00343400701654079>

Higham, A., & Verstegen, P. (2007). Sustainable production and consumption policy development: a case study from Western Australia Andrew. In *The International Handbook on Environmental Technology Management*. Edward Elgar Publishing Limited.

<https://doi.org/10.4337/9781847203052>

Iammarino, S., & McCann, P. (2006). The structure and evolution of industrial clusters: Transactions, technology and knowledge spillovers. *Research Policy*, 35(7), 1018–1036.

<https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.05.004>

Jacobsen, N.B. (2007). Do social factors really matter when companies engage in industrial symbiosis? *Progress in Industrial Ecology*, 4(6), 440–462.

[https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-44649173068&doi=10.1504%2FPIE.2007.016353&partnerID=40&md5=9b79857fb52e48d573075ff52f4eb6ae)

[44649173068&doi=10.1504%2FPIE.2007.016353&partnerID=40&md5=9b79857fb52e48d573075ff52f4eb6ae](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-44649173068&doi=10.1504%2FPIE.2007.016353&partnerID=40&md5=9b79857fb52e48d573075ff52f4eb6ae)

Jacobsen, N.B., & Anderberg, S. (2005). Understanding the evolution of industrial symbiotic

- networks: The case of Kalundborg. In J. and M. A. J. van den Bergh (Ed.), *Economics of industrial ecology: Materials, structural change, and spatial scales* (pp. 313–336). MIT Press.
- Jacobsen, Noel Brings. (2006). Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark A Quantitative Assessment of Economic and Environmental Aspects. *Journal of Industrial Ecology*, 10(1), 239–255. <https://doi.org/10.1162/108819806775545411>
- Jardim, A., Filho, F. L. B., Mello, I. de O., Filho, J. V. M., & Penido, M. R. (2021). Reflexões sobre os instrumentos econômicos da Política Nacional de Resíduos sólidos decorridos 10 anos de sua implementação. In G. R. Besen, P. R. Jacobi, & C. L. Silva (Eds.), *10 anos da Política Nacional de Resíduos Sólidos: Caminhos e Agendas para um Futuro Sustentável* (pp. 54–61). IEE-USP.
- Jensen, P. D., Basson, L., Hellawell, E. E., Bailey, M. R., & Leach, M. (2011). Quantifying “geographic proximity”: Experiences from the United Kingdom’s National Industrial Symbiosis Programme. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(7), 703–712. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2011.02.003>
- Jensen, P. K. (1977). Refuse refineries. *Conservation & Recycling*, 1(2), 201–207. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0361365877900042>
- Jiao, W., & Boons, F. (2014). Toward a research agenda for policy intervention and facilitation to enhance industrial symbiosis based on a comprehensive literature review. *Journal of Cleaner Production*, 67, 14–25. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.12.050>
- Kaviani, M. A., Tavana, M., Kumar, A., Michnik, J., Niknam, R., & Campos, E. A. R. de. (2020). An integrated framework for evaluating the barriers to successful implementation of reverse logistics in the automotive industry. *Journal of Cleaner Production*, 272, 122714. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.122714>
- Kim, E. J. (2017). *Greening Industrial Parks — A Case Study on South Korea’s Eco- Industrial Park Program*. Global Green Growth Institute.

- Kockelmans, J. (1996). Why Interdisciplinarity? In *Journal of General Education* (Vol. 45, Issue 2, pp. 67–97).
- Kokoulina, L., Ermolaeva, L., Patala, S., & Ritala, P. (2019). Championing processes and the emergence of industrial symbiosis. *Regional Studies*, 53(4), 528–539.
<https://doi.org/10.1080/00343404.2018.1473568>
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*, 143, 37–46.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>
- Kurup, B. R. (2007). *Methodology for Capturing Environmental, Social and Economic Implications of Industrial Symbiosis in Heavy Industrial Areas* (Issue December). Ph. D. Thesis, Curtin University of Technology, Bentley, Australia.
- Kurup, B., & Stehlik, D. (2009). Towards a model to assess the sustainability implications of industrial symbiosis in eco-industrial parks. *Progress in Industrial Ecology*, 6(2), 103–119.
<https://doi.org/10.1504/PIE.2009.029077>
- Laybourn, P. (2013). *Opportunities through Industrial Symbiosis : UK NISP and Global Experience* (Issue January).
- Laybourn, P., & Morrissey, M. (2009). National Industrial Symbiosis Programme The Pathway To A Low Carbon Sustainable Economy. In *Symbiosis*. International Synergies Ltd.
- Lee, Y. (1991). *Pollution caused damage to agricultural products in Ulsan worth of KRW 1.1 billion (in Korean)*. Seoul Daily.
<http://www.seoul.co.kr/news/newsView.php?id=19910128010001&rftime=20150630&redirect=false>.
- Lehtoranta, S., Nissinen, A., Mattila, T., & Melanen, M. (2011). Industrial symbiosis and the policy instruments of sustainable consumption and production. *Journal of Cleaner Production*, 19(16, SI), 1865–1875. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.04.002>
- Levine, S., & White, P. E. (1961). Exchange as a Conceptual Framework for the Study of

- Interorganizational Relationships. *Administrative Science Quarterly*, 5(4), 583–601.
- Lifset, R., & Graedel, T. E. (2002). Industrial ecology: goals and definitions. In *A Handbook of Industrial Ecology* (pp. 3–11). <https://doi.org/10.4337/9781843765479.00009>
- Liu, C., & Côté, R. (2017). A framework for integrating ecosystem services into China's circular economy: The case of eco-industrial parks. *Sustainability (Switzerland)*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/su9091510>
- Liu, C., Ma, C., & Zhang, K. (2012). Going beyond the sectoral boundary: a key stage in the development of a regional industrial ecosystem. *Journal of Cleaner Production*, 22(1), 42–49. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.09.022>
- Lombardi, D. R., & Laybourn, P. (2012). Redefining Industrial Symbiosis: Crossing Academic-Practitioner Boundaries. *Journal of Industrial Ecology*, 16(1), 28–37. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00444.x>
- Lombardi, R. (2017). Non-technical barriers to (And drivers for) the circular economy through industrial symbiosis: A practical input. *Economics and Policy of Energy and the Environment*, 2017(1), 171–189. <https://doi.org/10.3280/EFE2017-001009>
- Lowe, E. a. (2001). Eco-industrial handbook for Asian developing countries. *Report to the Environment Department, Asian Development Bank, October 2001*, 1–312.
- Lumineau, F., & Oliveira, N. (2018). A pluralistic perspective to overcome major blind spots in research on interorganizational relationships. *Academy of Management Annals*, 12(1), 440–465. <https://doi.org/10.5465/annals.2016.0033>
- Lunnan, R., & Haugland, S. A. (2008). Predicting and Measuring Alliance Performance: a Multidimensional Analysis. *Strategic Management Journal*, 29, 545–556. <https://doi.org/10.1002/smj>
- MacLachlan, I. (2013). Kwinana Industrial Area: agglomeration economies and industrial symbiosis on Western Australia's Cockburn Sound. *Australian Geographer*, 44(4), 383–400. <https://doi.org/10.1080/00049182.2013.852505>

- Mahoney, J., & Thelen, K. (2010). *Explaining Institutional Change: Ambiguity, Agency and Power*. Cambridge University Press.
- Mallawaarachchi, H., Sandanayake, Y., Karunasena, G., & Liu, C. (2020). Unveiling the conceptual development of industrial symbiosis: Bibliometric analysis. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120618. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120618>
- Mantoux, P. (2013). *The industrial revolution in the eighteenth century: An outline of the beginnings of the modern factory system in England*. Routledge.
- MAPBIOMAS. (2021). *Projeto MapBiomass – Mapeamento da superfície de água no Brasil*.
- Marconi, M., Gregori, F., Germani, M., Papetti, A., & Favi, C. (2018). An approach to favor industrial symbiosis: The case of waste electrical and electronic equipment. *Procedia Manufacturing*, 21, 502–509. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.150>
- Martin, R., & Sunley, P. (2003). Deconstructing clusters: chaotic concept or policy panacea? *Journal of Economic Geography*, 3(4), 5–35. <https://doi.org/10.1002/ccd.1810350408>
- Mat, N., Cerceau, J., Shi, L., Park, H. S., Junqua, G., & Lopez-Ferber, M. (2016). Socio-ecological transitions toward low-carbon port cities: Trends, changes and adaptation processes in Asia and Europe. *Journal of Cleaner Production*, 114, 362–375. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.058>
- Mathews, J. A., & Tan, H. (2011). Progress toward a circular economy in China: The drivers (and inhibitors) of eco-industrial initiative. *Journal of Industrial Ecology*, 15(3), 435–457. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00332.x>
- Mayer, R. C., Davis, J. H., & Schoorman, F. D. (1995). An Integrative Model of Organizational Trust. *Academy of Management Review*, 20(3), 709–734. <https://doi.org/10.5465/amr.1995.9508080335>
- McDowall, W., Geng, Y., Huang, B., Barteková, E., Bleischwitz, R., Türkeli, S., Kemp, R., & Doménech, T. (2017). Circular Economy Policies in China and Europe. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 651–661. <https://doi.org/10.1111/jiec.12597>

- McGinnis, M. D. (2011). An Introduction to IAD and the Language of the Ostrom Workshop: A Simple Guide to a Complex Framework. *The Policy Studies Journal*, 39(1), 169–183.
<https://doi.org/10.1111/j.1541-0072.2010.00401.x>
- Meadows, D., Randers, J., & Meadows, D. (2004). *Limits to Growth: The 30-Year Update*. Chelsea Green Publishing Company.
- Merli, R., & Preziosi, M. (2018). The EMAS impasse: Factors influencing Italian organizations to withdraw or renew the registration. *Journal of Cleaner Production*, 172, 4532–4543.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.031>
- Meyer, J. W., & Rowan, B. (1977). Institutionalized Organizations: Formal Structure as Myth and Ceremony Institutionalized Organizations: Formal Structure as Myth and Ceremony. *Source: American Journal of Sociology American Journal of Sociology This Content Downloaded From*, 83174254(132), 340–363. <https://doi.org/10.1086/226550>
- Mirata, M. (2004). Experiences from early stages of a national industrial symbiosis programme in the UK: Determinants and coordination challenges. *Journal of Cleaner Production*, 12(8–10), 967–983. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.02.031>
- Mirata, M., & Pearce, R. (2006). Industrial symbiosis in the UK. In *Industrial Ecology and Spaces of Innovation* (Issue January 2006, pp. 77–105).
<https://doi.org/10.4337/9781847202956.00012>
- Moon, T. H. (2009). Korea 's Sustainable Development Strategy. *Korea Observer*, 40(1), 85–114.
- Morales, E. M., Diemer, A., Cervantes, G., & Carrillo-González, G. (2019). “By-product synergy” changes in the industrial symbiosis dynamics at the Altamira-Tampico industrial corridor: 20 Years of industrial ecology in Mexico. *Resources, Conservation and Recycling*, 140(January 2018), 235–245. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.026>
- Mortensen, L., & Kørnøv, L. (2019). Critical factors for industrial symbiosis emergence process. *Journal of Cleaner Production*, 212, 56–69. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.222>

- Mulrow, J. S., Derrible, S., Ashton, W. S., & Chopra, S. S. (2017). Industrial Symbiosis at the Facility Scale. *Journal of Industrial Ecology*, 21(3), 559–571.
<https://doi.org/10.1111/jiec.12592>
- Murakami, F. K. (2014). *Destinação e utilização de resíduos industriais siderúrgicos em outras indústrias: estudo de casos*.
- Neves, A., Godina, R., Azevedo, S. G., & Matias, J. C. O. O. (2020). A comprehensive review of industrial symbiosis. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119113.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119113>
- Neves, S. F. (2013). *Ecoeficiência Produtiva: Uma análise do metabolismo do Polo Industrial de Manaus Salomão*. Universidade de Brasília.
- Nooij, S. (2014). *An ontology of Industrial Symbiosis: The design of a support tool for collaborative Industrial Symbiosis research with as test cases from Tianjin Economic Development Area and Kalundborg* [Master Thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands]. <http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid:eec62122-4f75-47d9-9930-5a0957973154/>
- North, D. C. (1991). Institutions. *The Journal of Economic Perspectives*, 5(1), 97–112.
- North, D. C. (1993). The New Institutional Economics and Development. *EconWPA Economic History*, January, 3–6. [http://www.deu.edu.tr/userweb/sedef.akgungor/Current topics in Turkish Economy/north.pdf](http://www.deu.edu.tr/userweb/sedef.akgungor/Current%20topics%20in%20Turkish%20Economy/north.pdf)
- Oberle, B., Bringezu, S., Hatfield-Dodds, S., Hellweg, S., Schandl, H., & Clement, J. (2019). *Global resources outlook 2019: natural resources for the future we want*.
- Olesen, M. P. (1999). Industrial symbiosis in Kalundborg. *VGB PowerTech*, 79(10), 52–54.
<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-0033299559&partnerID=40&md5=ada3010c34c2e0c660ff9958630d3514>
- Oliveira, J. A. de, Silva, D. A. L., Ganga, G. M. D., Godinho Filho, M., Ferreira, A. A., Esposto, K. F., & Ometto, A. R. (2019). Cleaner Production practices, motivators and performance in

- the Brazilian industrial companies. *Journal of Cleaner Production*, 231, 359–369.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.013>
- Oliveira, L. E. G. de. (1976). Algumas considerações sobre a implantação de distritos industriais. *Revista Brasileira de Geografia*, 4(out-dez), 3–180.
https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/115/rbg_1976_v38_n4.pdf
- Oliver, C. (1990). Determinants of Interorganizational Relationships: Integration and Future Directions. *Academy of Management Review*, 15(2), 241–265.
<https://doi.org/10.5465/amr.1990.4308156>
- Ostrom, E. (1999). Governing the commons. In *Cambridge University Press*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.4135/9781446200964.n32>
- Ostrom, E. (2011). Background on the Institutional Analysis and Development Framework. *Policy Studies Journal*, 39(1), 7–27. <https://doi.org/10.1111/j.1541-0072.2010.00394.x>
- Park, H. S. (2008). *Eco-efficient and sustainable urban infrastructure development in Asia and latin America - Case Study: Eco-industrial Park in Ulsan, Republic of Korea*. Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC).
http://www.cepal.org/publicaciones/xml/3/52023/ULSAN_Eco-industrial_Park.pdf
- Park, H. S., & Behera, S. K. (2014). Methodological aspects of applying eco-efficiency indicators to industrial symbiosis networks. *Journal of Cleaner Production*, 64, 478–485.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.08.032>
- Park, H. S., & Behera, S. K. (2015). Role of Eco-production in Managing Energy and Environmental Sustainability in Cities: A Lesson from Ulsan Metropolis, South Korea. In *Cities and Sustainability: Issues and Strategic Pathways* (pp. 1–5).
<https://doi.org/10.1007/978-81-322-2310-8>
- Park, H. S., Choi, S.-M., & Lee, S. Y. (2004). Strategies for sustainable development of industrial park - planning for eco-industrial park in Ulsan, Korea. *13th Northeast Asian Conference on Environmental Cooperation*.

- Park, H. S., Rene, E. R., Choi, S. M., & Chiu, A. S. F. (2008). Strategies for sustainable development of industrial park in Ulsan, South Korea-From spontaneous evolution to systematic expansion of industrial symbiosis. *Journal of Environmental Management*, 87(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.12.045>
- Park, H. S., & Won, J. Y. (2007). Ulsan eco-industrial park: Challenges and opportunities. *Journal of Industrial Ecology*, 11(3), 11–13. <https://doi.org/10.1162/jiec.2007.1346>
- Park, J. M., Park, J. Y., & Park, H. S. (2015). A review of the National Eco-Industrial Park Development Program in Korea: progress and achievements in the first phase, 2005-2010. *Journal of Cleaner Production*, 114, 33–44.
- Parmigiani, A., & Rivera-Santos, M. (2011). Clearing a path through the forest: A meta-review of interorganizational relationships. *Journal of Management*, 37(4), 1108–1136. <https://doi.org/10.1177/0149206311407507>
- Paula, E. V. de. (2015). *A construção e mobilização das capacidades institucionais para o desenvolvimento da simbiose industrial no estado de Minas Gerais* [Universidade Federal do Ceará]. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Paula, E. V. de, & Abreu, M. C. S. de. (2019). Pressures from the context and institutional capacity building to develop industrial symbiosis networks. *Gestao e Producao*, 26(4). <https://doi.org/10.1590/0104-530X3831-19>
- Pfeffer, J., & Salancik, G. R. (2003). *The external control of organizations: A resource dependence perspective*. Stanford University Press.
- Pitkänen, K., Antikainen, R., Droste, N., Loiseau, E., Saikku, L., Aissani, L., Hansjürgens, B., Kuikman, P. J., Leskinen, P., & Thomsen, M. (2016). What can be learned from practical cases of green economy? –studies from five European countries. *Journal of Cleaner Production*, 139, 666–676. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.08.071>
- Polski, M., & Ostrom, E. (1999). An institutional framework for policy analysis and design. *Workshop in Political Theory and Policy Analysis*.

- Porter, M. E. (1980). *Competitive strategy: techniques for analyzing industries e and competitors*. The Free Press.
- Porter, M. E., & Ketels, C. (2009). Clusters and industrial districts: common roots, different perspectives. In *Handbook of Industrial Districts* (Issue January 2009, pp. 172–183).
https://goo.gl/WPJ9ym%0Ahttps://www.researchgate.net/profile/Christian_Ketels/publication/291006578_Clusters_and_industrial_districts_Common_roots_different_perspectives/links/5746a44208ae9ace8424401b/Clusters-and-industrial-districts-Common-roots-differe
- Portugal Júnior, P. dos S., Reydon, B. P., & Portugal, N. dos S. (2012). A sustentabilidade ambiental como direcionador estratégico ao processo de reindustrialização no Brasil. *Economia e Sociedade*, 21(spe), 889–907. <https://doi.org/10.1590/s0104-06182012000400008>
- Prakash, A. (2000). Greening the Firm: an introduction. In Cambridge University Press (Ed.), *Greening the Firm The Politics of Corporate Environmentalism*.
- Prieto-Sandoval, V., Jaca, C., & Ormazabal, M. (2018). Towards a consensus on the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 179, 605–615.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.224>
- Provan, K. G., Fish, A., & Sydow, J. (2007). Interorganizational networks at the network level: A review of the empirical literature on whole networks. *Journal of Management*, 33(3), 479–516. <https://doi.org/10.1177/0149206307302554>
- Przeworski, A. (2005). A última instância: as instituicoes sao a causa primordial do desenvolvimento economico? *Novos Estudos-CEBRAP*, 72, 59–77.
<https://doi.org/10.1590/S0101-33002005000200004>
- Ramsheva, Y. K., Prosman, E. J., Waehrens, B. V., & Wæhrens, B. V. (2019). Dare to make investments in industrial symbiosis? A conceptual framework and research agenda for developing trust. *Journal Of*, 223, 989–997.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619308741>

- Rao, H. (1994). The Social Construction of Reputation: Certification Contests, Legitimation, and the Survival of Organizations in the American Automobile Industry: 1895–1912. *Strategic Management Journal*, 15(1 S), 29–44. <https://doi.org/10.1002/smj.4250150904>
- Rayner, K. (1992). *Development of an environmental protection policy for air quality at Kwinana*. (pp. 1–42). Environmental Protection Authority.
- Reikea, D., Vermeulena, W. J. V., & Witjes, S. (2017). The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. *Resources, Conservation & Recycling*, 22(5), 747–759. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>
- Ring, P. S., & Van de Ven, A. H. (1994). Developmental Processes of Cooperative Interorganizational Relationships. *Academy of Management Review*, 19(1), 90–118.
- Ristola, P., & Mirata, M. (2007). Industrial symbiosis for more sustainable, localised industrial systems. *Progress in Industrial Ecology, An International Journal*, 4(3/4), 184. <https://doi.org/10.1504/PIE.2007.015186>
- Ritter, T., & Gemünden, H. G. (2003). Interorganizational relationships and networks: An overview. *Journal of Business Research*, 56(9), 691–697. [https://doi.org/10.1016/S0148-2963\(01\)00254-5](https://doi.org/10.1016/S0148-2963(01)00254-5)
- Roberts, B. H. (2004). The application of industrial ecology principles and planning guidelines for the development of eco-industrial parks: An Australian case study. *Journal of Cleaner Production*, 12(8–10), 997–1010. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2004.02.037>
- Robson, M. J., Katsikeas, C. S., & Bello, D. C. (2008). Drivers and performance outcomes of trust in international strategic alliances: The role of organizational complexity. *Organization Science*, 19(4), 647–665. <https://doi.org/10.1287/orsc.1070.0329>
- Rocha, L. K. da. (2010). *A simbiose industrial aplicada na interrelação de empresas e seus stakeholders na cadeia produtiva metal-mecânica na Bacia do Rio dos Sinos*. UNISINOS.
- Rosano, M., & Schianetz, K. (2014). Measuring sustainability performance in industrial parks: A

- case study of the Kwinana industrial area. *International Journal of Sustainable Development*, 17(3), 261–280. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84905991008&doi=10.1504%2FIJSD.2014.064181&partnerID=40&md5=dbd8bef8546aae2f8370a9d918eb6048>
- Ruggieri, A., Braccini, A. M., Poponi, S., & Mosconi, E. M. (2016). A meta-model of inter-organisational cooperation for the transition to a circular economy. *Sustainability (Switzerland)*, 8(11), 1–17. <https://doi.org/10.3390/su8111153>
- Saavedra, Y. M. B. B., Iritani, D. R., Pavan, A. L. R. R., & Ometto, A. R. (2018). Theoretical contribution of industrial ecology to circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 170, 1514–1522. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.260>
- Sakr, D., Baas, L., El-Haggar, S., & Huisingh, D. (2011). Critical success and limiting factors for eco-industrial parks: global trends and Egyptian context. *Journal of Cleaner Production*, 19(11), 1158–1169. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.01.001>
- Sakr, D., & Sena, A. A. (2017). Cleaner production status in the Middle East and North Africa region with special focus on Egypt. *Journal of Cleaner Production*, 141, 1074–1086. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.09.160>
- Saraceni, A. V., Resende, L. M., de Andrade Junior, P. P., & Pontes, J. (2017). Pilot testing model to uncover industrial symbiosis in Brazilian industrial clusters. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(12), 11618–11629. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-8794-y>
- Schaltegger, S., & Wagner, M. (2011). Sustainable Entrepreneurship and Sustainability Innovation: Categories and Interactions. *Business Strategy and the Environment*, 237(July 2010), 222–237.
- Schmidt, S. M., & Kochan, T. A. (1977). Interorganizational Relationships: Patterns and Motivations. *Administrative Science Quarterly*, 22(2), 220–234.
- Schoorman, F. D., Mayer, R. C., & Davis, J. H. (2007). An Integrative Model of Organizational

- Trust: Past, Present, and Futures. *Academy of Management Review*, 32(2), 291–300.
<https://doi.org/10.1002/9781444316704.ch30>
- Schröder, P. (2011). Antropologia e “desenvolvimento”: Balanço crítico de uma relação problemática. *II Conferência Do Desenvolvimento CODE 2011*, 18p.
<http://www.ipea.gov.br/code2011/chamada2011/pdf/area1/area1-artigo1.pdf>
- Scott, W. R. (2014). *Institutions and Organizations Ideas, Interests, and Identities*. In *SAGE Publications* (4th ed.). SAGE Publications Ltd.
- Sellitto, M. A., & Murakami, F. K. (2018). Industrial symbiosis: A case study involving a steelmaking, a cement manufacturing, and a zinc smelting plant. *Chemical Engineering Transactions*, 70(August), 211–216. <https://doi.org/10.3303/CET1870036>
- Sellitto, M. A., Murakami, F. K., Butturi, M. A., Marinelli, S., Kadel Jr., N., & Rimini, B. (2021). Barriers, drivers, and relationships in industrial symbiosis of a network of Brazilian manufacturing companies. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 443–454.
<https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.09.016>
- Simsek, Z., Lubatkin, M. H., & Floyd, S. W. (2003). Inter-firm networks and entrepreneurial behavior: A structural embeddedness perspective. *Journal of Management*, 29(3), 427–442. [https://doi.org/10.1016/S0149-2063\(03\)00018-7](https://doi.org/10.1016/S0149-2063(03)00018-7)
- Soares Filho, V. (2015). *Distrito eco industrial de Palmas/TO: um estudo de caso*. Centro Universitário Univates.
- Sousa-Zomer, T. T., Magalhães, L., Zancul, E., Campos, L. M. S. S., & Cauchick-Miguel, P. A. (2018). Cleaner production as an antecedent for circular economy paradigm shift at the micro-level: Evidence from a home appliance manufacturer. *Journal of Cleaner Production*, 185, 740–748. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.006>
- Souza, F. F. De, Ferreira, M. B., Val, A., Betim, L. M., Pereira, T. L., Reinaldo, R., Petter, H., Pagani, R. N., Mauricio, L., Resende, M. De, & Pontes, J. (2020). Temporal Comparative Analysis of Industrial Symbiosis in a Business Network : Opportunities of Circular

Economy. *Sustainability (Switzerland)*, 12.

- Spekkink, W. (2013). Institutional capacity building for industrial symbiosis in the Canal Zone of Zeeland in the Netherlands: a process analysis. *Journal of Cleaner Production*, 52, 342–355. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.02.025>
- Storper, M., & Harrison, B. (1991). Flexibility, hierarchy and regional development: The changing structure of industrial production systems and their forms of governance in the 1990s. *Research Policy*, 20(5), 407–422. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(91\)90066-Y](https://doi.org/10.1016/0048-7333(91)90066-Y)
- Streeck, W., & Thelen, K. (2005). Introduction : Institutional Change in Advanced Political Economies. In *Beyond continuity: institutional change in advanced political economies*. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8543.2009.00746.x>
- Susur, E., Hidalgo, A., & Chiaroni, D. (2019). The emergence of regional industrial ecosystem niches: A conceptual framework and a case study. *Journal of Cleaner Production*, 208, 1642–1657. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.163>
- Symbiosis Center Denmark. (n.d.). Retrieved February 23, 2021, from <https://symbiosecenter.dk/en/the-process/>
- Taddeo, R., Simboli, A., Morgante, A., & Erkman, S. (2017). The Development of Industrial Symbiosis in Existing Contexts. Experiences From Three Italian Clusters. *Ecological Economics*, 139, 55–67. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.006>
- Teece, D. J. (1992). Competition, cooperation, and innovation. Organizational arrangements for regimes of rapid technological progress. *Journal of Economic Behavior and Organization*, 18(1), 1–25. [https://doi.org/10.1016/0167-2681\(92\)90050-L](https://doi.org/10.1016/0167-2681(92)90050-L)
- The World Bank Group. (2017). *An International Framework for Eco-Industrial Parks* (Issue December). The World Bank Group.
- Tonaco, A. S., Gameiro, D. H., Zanforlin, G. da M., Coelho, M. M. da S., & Costa, W. S. (2019). Economia Circular em Distritos Industriais Mineiros: Análise do Projeto-Piloto em Sete Lagoas. *Alemur*, 4, 13–37.

- Trama, C. P. (2016). *Proposta de transformação de um Distrito Industrial em Parque Industrial Ecológico: um estudo de caso em Minas Gerais* (Issue June). UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético.
- Trevisan, M., Nascimento, L. F., Madruga, L. R. da R. G., Neutzling, D. M., Figueiró, P. S., & Bossle, M. B. (2016). Ecologia Industrial, Simbiose Industrial e Ecoparque Industrial: conhecer para aplicar. *Sistemas & Gestão*, 11(2), 204. <https://doi.org/10.20985/1980-5160.2016.v11n2.993>
- Uzzi, B. (1997). Social structure and competition in interfirm networks: The paradox of embeddedness. *Administrative Science Quarterly*, 42(1), 35–67. <https://doi.org/10.2307/2393808>
- Vale, G. M. V. (2007). Aglomerações produtivas: Tipologias de Análises e Repercussões nos Estudos Organizacionais. *O & S*, 14(43). <http://www.scielo.br/pdf/osoc/v14n43/09.pdf>
- Valentine, S. V. (2016). Kalundborg Symbiosis: fostering progressive innovation in environmental networks. *Journal of Cleaner Production*, 118, 65–77.
- van Beers, D. (2008). Capturing Regional Synergies in the Kwinana Industrial Area. In *Project 3B1: Capturing Regional Synergies in the Kwinana Industrial Area* (Issue July). Centre for Sustainable Resource Processing (CSRP). <http://www.csrp.com.au/publications/2008/pubs2008.html%5Cnhttp://www.csrp.com.au/publications/2007/pubs2007.html>
- van Beers, D. (2009). *Application of the Cleaner Production Framework to the development of regional synergies in heavy industrial areas: A case study of Kwinana (Western* (Issue June) [Curtin University of Technology]. http://espace.library.curtin.edu.au/cgi-bin/espace.pdf?file=/2009/10/27/file_1/130623
- van Beers, D., Bossilkov, A., & Lund, C. (2009). Development of large scale reuses of inorganic by-products in Australia: The case study of Kwinana, Western Australia. *Resources, Conservation and Recycling*, 53(7), 365–378.

<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.02.006>

van Beers, D., Bossilkov, A., & van Berkel, R. (2008). A regional synergy approach to advance sustainable water use: A case study using Kwinana (Western Australia). *Australasian Journal of Environmental Management*, 15(3), 149–158.

<https://doi.org/10.1080/14486563.2008.9725197>

van Beers, D., Corder, G., Bossilkov, A., & van Berkel, R. (2007). Industrial symbiosis in the Australian minerals industry: The cases of Kwinana and Gladstone. *Journal of Industrial Ecology*, 11(1), 55–72. <https://doi.org/10.1162/jiec.2007.1161>

Van Berkel, R., Fujita, T., Hashimoto, S., & Fujii, M. (2009). Quantitative assessment of urban and industrial symbiosis in Kawasaki, Japan. *Environmental Science & Technology*, 43(5), 1271–1281. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19350890>

Van Berkel, Rene, Fujita, T., Hashimoto, S., & Geng, Y. (2009). Industrial and urban symbiosis in Japan: Analysis of the Eco-Town program 1997-2006. *Journal of Environmental Management*, 90(3), 1544–1556. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2008.11.010>

Van de Ven, A. H., & Poole, M. S. (1995). Explaining development and change in organizations. *Academy of Management Journal*, 20(3), 510–540. <https://doi.org/10.1021/j100249a018>

Veiga, L. B. E. (2007). *Diretriz para a Implantação de um Parque Industrial Ecológico: uma proposta para o PIE de Paracambi, RJ*. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Veiga, L. B. E., Magrini, A., Veiga, L. B. E., & Magrini, A. (2009). Eco-industrial park development in Rio de Janeiro, Brazil: a tool for sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 17(7), 653–661. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.11.009>

Velenturf, A. P. M., & Jensen, P. (2016). Promoting Industrial Symbiosis: Using the Concept of Proximity to Explore Social Network Development. *Journal of Industrial Ecology*, 20(4), 700–709. <https://doi.org/10.1111/jiec.12315>

Velenturf, A. P. M., & Purnell, P. (2021). Principles for a sustainable circular economy. *Sustainable Production and Consumption*, 27, 1437–1457.

<https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.02.018>

Verstegen, P. (2003). Capacity Building and Resource Exchange Kwinana Industries – A Western Australian Contribution to Industrial Ecology Examining Mechanisms for Sustainable Industrial Development. *International Sustainability Conference*.

Vlaar, P. W. L., Van Den Bosch, F. A. J., & Volberda, H. W. (2006). Coping with problems of understanding in interorganizational relationships: Using formalization as a means to make sense. *Organization Studies*, 27(11), 1617–1638.

<https://doi.org/10.1177/0170840606068338>

Vlaar, P. W. L., Van Den Bosch, F. A. J., & Volberda, H. W. (2007). On the evolution of trust, distrust, and formal coordination and control in interorganizational relationships: Toward an integrative framework. *Group and Organization Management*, 32(4), 407–428.

<https://doi.org/10.1177/1059601106294215>

Wahrlich, J., & Simioni, F. J. (2019). Industrial symbiosis in the forestry sector: A case study in southern Brazil. *Journal of Industrial Ecology*, 23(6), 1470–1482.

<https://doi.org/10.1111/jiec.12927>

Wallner, H. P. (1999). Towards sustainable development of industry: Networking, complexity and eco-clusters. *Journal of Cleaner Production*, 7(1), 49–58.

[https://doi.org/10.1016/s0959-6526\(98\)00036-5](https://doi.org/10.1016/s0959-6526(98)00036-5)

Walls, J. L., & Paquin, R. L. (2015). Organizational Perspectives of Industrial Symbiosis: A Review and Synthesis. *Organization and Environment*, 28(1), 32–53.

<https://doi.org/10.1177/1086026615575333>

Wang, H., Schandl, H., Wang, X., Ma, F., Yue, Q., Wang, G., Wang, Y., Wei, Y., Zhang, Z., & Zheng, R. (2020). Measuring progress of China's circular economy. *Resources, Conservation and Recycling*, 163. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105070>

Watkins, G., Husgafvel, R., Pajunen, N., Dahl, O., & Heiskanen, K. (2013). Overcoming institutional barriers in the development of novel process industry residue based symbiosis

- products - Case study at the EU level. *Minerals Engineering*, 41, 31–40.
<https://doi.org/10.1016/j.mineng.2012.10.003>
- Weick, K. E., Sutcliffe, K. M., & Obstfeld, D. (2005). Organizing and the process of sensemaking. *Organization Science*, 16(4), 409–421.
<https://doi.org/10.1287/orsc.1050.0133>
- Williamson, O. E. (1979). Transaction-cost economics : The governance of contractual relations. *Journal of Law and Economics*, 22(2), 233–261. <https://doi.org/10.1086/466942>
- Williamson, O. E. (1998). The Institutions of Governance. *The American Economic Review*, 88(2), 75–79.
- Williamson, Oliver E. (1981). The Modern Corporation : Origins , Evolution , Attributes. *American Economic Association*, 19(4), 1537–1568.
- Yap, N. T., & Devlin, J. F. (2017). Explaining Industrial Symbiosis Emergence, Development, and Disruption: A Multilevel Analytical Framework. *Journal of Industrial Ecology*, 21(1), 6–15. <https://doi.org/10.1111/jiec.12398>
- Yin, R. K. (2017). Designing Case Studies. In *Case Study Research and Applications: Design and Methods*.
- Yu, B., Li, X., Shi, L., & Qian, Y. (2015). Quantifying CO₂emission reduction from industrial symbiosis in integrated steel mills in China. *Journal of Cleaner Production*, 103, 801–810.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.015>
- Yu, C., Dijkema, G. P. J., de Jong, M., & Shi, H. (2015). From an eco-industrial park towards an eco-city: a case study in Suzhou, China. *Journal of Cleaner Production*, 102, 264–274.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.021>
- Yu, C., Dijkema, G. P. J. J., & de Jong, M. (2015). What Makes Eco-Transformation of Industrial Parks Take Off in China? *Journal of Industrial Ecology*, 19(3), 441–456.
<https://doi.org/10.1111/jiec.12185>
- Zaoual, A.-R. R., & Lecocq, X. (2018). Orchestrating Circularity within Industrial Ecosystems:

Lessons from Iconic Cases in Three Different Countries. *California Management Review*, 60(3), 133–156. <https://doi.org/10.1177/0008125617752693>

Zhang, H., Dong, L., Li, H., Fujita, T., Ohnishi, S., & Tang, Q. (2013). Analysis of low-carbon industrial symbiosis technology for carbon mitigation in a Chinese iron/steel industrial park: A case study with carbon flow analysis. *Energy Policy*, 61, 1400–1411. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.05.066>

Zhu, J., & Ruth, M. (2014). The development of regional collaboration for resource efficiency: A network perspective on industrial symbiosis. *Computers, Environment and Urban Systems*, 44(2014), 37–46. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2013.11.001>

APÊNDICE A



Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS)

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos o (a) Sr. (a) para participar de uma pesquisa necessária para o desenvolvimento da tese de doutorado, que está sendo desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável da Universidade de Brasília (PPG-CDSUnB) pela doutoranda Emília de Oliveira Faria, sob orientação do Prof. Armando Caldeira-Pires. Essa pesquisa tem como objetivo geral analisar o processo de implementação das ações de Economia Circular estabelecidas a partir do projeto piloto de Economia Circular do distrito industrial de Sete Lagoas.

Informamos que sua participação é voluntária e caso aceite colaborar com a produção desse estudo, você participará de uma entrevista individual que durará aproximadamente 1 hora, para a coleta de dados, por meio de gravação em áudio. Em relação a confidencialidade, os arquivos gerados serão ouvidos por mim e por meu orientado e serão marcados com um número de identificação durante a gravação e seu nome não será utilizado. Vale reforçar que nenhuma publicação produzida a partir dessas entrevistas revelará os nomes de quaisquer participantes da pesquisa.

Caso você perceba que determinadas perguntas o façam sentir-se incomodado, você poderá escolher não respondê-las. Mesmo depois de consentir em sua participação o Sr. (a) poderá desistir de continuar participando. Desta forma, tem o direito e a liberdade de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, seja antes ou depois da coleta dos dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo a sua pessoa. Embora o (a) Sr. (a) não tenha nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração, fazendo parte deste estudo você estará contribuindo

para um desenvolvimento industrial mais sustentável. Além disso, a tese produzida a partir dessa pesquisa poderá ser utilizada por você e outros profissionais de sua organização.

Em caso de dúvidas e reclamações os pesquisadores estão disponíveis por meio do e-mail da doutoranda emiliaofaria@gmail.com ou armandocaldeirapires@gmail.com, além do telefone: (61) 98140-1237. Informamos também que você terá uma via deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para guardar com você.

Eu, _____,
após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e ter tido a oportunidade de conversar com a pesquisadora responsável, para esclarecer todas as minhas dúvidas, acredito estar suficientemente informado, ficando claro para mim que minha participação é voluntária e que posso retirar este consentimento a qualquer momento sem penalidades ou perda de qualquer benefício. Estou ciente também dos objetivos da pesquisa, dos procedimentos aos quais serei submetido, dos possíveis danos ou riscos deles provenientes e da garantia de confidencialidade e esclarecimentos sempre que desejar. Diante do exposto expresse minha concordância de espontânea vontade em participar deste estudo.

Assinatura do (a) voluntário (a)

Declaro que obtive de forma apropriada e voluntária o Consentimento Livre e Esclarecido deste voluntário para a participação neste estudo.

Assinatura do pesquisador responsável

Sete Lagoas, de de 2021.

APÊNDICE B

Universidade de Brasília (UnB)
Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS)
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável

ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADO - EMPRESAS

Doutoranda: Emília de Oliveira Faria

emiliaofaria@gmail.com

Orientador: Armando Caldeira-Pires

Coorientadora: Cristiane Barreto

Objetivo geral da pesquisa: Analisar o processo de implementação da SI entre as organizações participantes do projeto de Economia Circular do distrito industrial de Sete Lagoas.

1. Dados de Identificação

1) Nome:

2) Instituição/empresa:

3) Cargo:

2. Características da situação de ação e seus elementos internos

Você sabe quem e quantas empresas participam do projeto? Você listaria todas elas? Tem ideia de quantos poderiam ser?

Qual é o seu papel e da sua empresa no projeto?

Quem decide o que será transacionado? Como é decidido? Como fica registrado/comprometido?

Há um acompanhamento/monitoramento das ações?

Quais são as informações disponíveis sobre a relação custo e benefício de outras firmas?

Você vende ou compra subprodutos de empresas que não fazer parte do projeto?

3. Fatores contextuais

3.1. Levantamento das condições biofísicas

Quais são os produtos que sua empresa produz?

Você saberia identificar o impacto das atividades da sua indústria no ambiente?

Quais são os subprodutos que você compra ou vende? Para quais empresas? Como eram adquiridos/destinados antes?

Quando você tem um novo subproduto, como você encontra um comprador ou comerciante?

Há barreiras para realizar as trocas? Quais?

Que benefícios você busca com as trocas? E quais resultaram delas?

3.2. Levantamento das regras em uso

É do seu conhecimento alguma legislação a nível nacional, regional, local que trata da troca de resíduos, destinação de águas residuais, tratamento de efluentes, poluição, etc?

É do seu conhecimento se houve participação da comunidade na definição de alguma política da empresa ou no estabelecimento do projeto de EC?

Como você caracteriza a atuação do governo para influenciar, orientar e promover mudanças de comportamento das empresas em relação a práticas mais sustentáveis?

É do seu conhecimento a existência de incentivos, oportunidades de financiamento, subsídios oferecidos pelo governo para as ações de Simbiose Industrial (SI)?

Você consegue identificar práticas sustentáveis na sua empresa? Quais?

3.3. Levantamento dos atributos da comunidade

Você já tinha ouvido falar sobre SI ou EC antes do projeto?

Já havia vendido ou comprado algum resíduo de outra empresa antes do projeto?

Havia algum projeto de cooperação/parceria com outras indústrias? (reciclagem, cogeração de energia, uso em cascata dos recursos (água) e compartilhamento de serviços logísticos, armazenamento, refeitório).

Como tomou conhecimento sobre o projeto?

Como você descreveria os relacionamentos entre as empresas envolvidas no projeto? Como seria a interação social entre dirigentes?

Há reuniões periódicas? Algum órgão colegiado? As regras ficam definidas formalmente?

Como?

No caso de haver reuniões do projeto de EC, as empresas trocam abertamente as informações entre si? Como se dá o processo de compartilhamento das informações? Há algum sistema de fiscalização/controle ou monitoramento das trocas? Sistema de gestão de informações?

Plataforma?

As empresas sentam para discutir ações conjuntas? Que ações conjuntas já fizeram/pretendem fazer?

Há um local para esses encontros (clube, fóruns, associação)? Com que frequência se

reúnem?

As empresas costumam alcançar/cumprir seus compromissos nos acordos de cooperação?

As trocas são formalizadas por meio de contratos?

Das empresas com as quais você se relaciona, com quais delas você mantém relações informais? Que tipo?

Quais fatores são importantes no momento de escolher para quem você vai vender ou comprar subprodutos

A reputação de uma empresa influencia a escolha por um parceiro de trocas?

Quais principais benefícios foram mais determinantes para a adesão da empresa à SI?

Como é a participação da FIEMG e da ACI no processo de estabelecimento das parcerias? Há alguém em específico que se empenha em promover o projeto, em estabelecer as conexões entre as empresas?

Se fossemos definir o ambiente de negócios entre as empresas do projeto, pode-se dizer, que há uma sensação de confiança entre as empresas?

APÊNDICE C

Universidade de Brasília (UnB)
Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS)

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Sustentável

ROTEIRO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADO – INSTITUIÇÕES

Doutoranda: Emília de Oliveira Faria

emiliaofaria@gmail.com

Orientador: Armando Caldeira-Pires

Coorientadora: Cristiane Barreto

Objetivo geral da pesquisa: Analisar o processo de implementação da SI entre as organizações participantes do projeto de Economia Circular do distrito industrial de Sete Lagoas.

1. Dados de Identificação

- 1) Nome:
- 2) Instituição:
- 3) Cargo:

2. Características da situação de ação e seus elementos internos

Quem e quantas pessoas participam do projeto?

Qual o papel de cada ator?

Quais são os resultados esperados? (Os possíveis resultados que estão vinculados as ações: ganhos ambientais; ganhos financeiros; ganhos sociais)

Quem decide o que será compartilhado? Qual o nível de controle que cada empresa tem sobre suas ações?

Como se dá o processo de compartilhamento das informações?

Qual o custo das ações para cada empresa e que tipos de benefícios podem ser alcançados?

Há algum sistema de fiscalização/controle ou monitoramento das trocas? Sistema de gestão de informações? Plataforma?

3. Fatores contextuais

3.1. Levantamento das regras em uso

É do seu conhecimento alguma legislação a nível nacional, regional, local que trata da troca de resíduos, destinação de águas residuais, tratamento de efluentes, poluição, etc?

Houve participação da comunidade na elaboração ou estabelecimento do projeto de EC?

Como você caracteriza a atuação do governo (local, estadual, federal) para influenciar, orientar e promover mudanças de comportamento das empresas em relação a práticas mais sustentáveis?

É do seu conhecimento a existência de incentivos, oportunidades de financiamento, subsídios oferecidos pelo governo para as ações de SI?

Você considera que as empresas se sentem pressionadas a adotar práticas sustentáveis?

3.2. Levantamento dos atributos da comunidade

Como você descreveria os relacionamentos entre as empresas do projeto? Como seria a interação social entre dirigentes?

As empresas costumam alcançar/cumprir seus compromissos nos acordos de cooperação?

As trocas são formalizadas por meio de contratos?

Nas reuniões que se trata sobre o projeto de EC, as empresas trocam abertamente as informações entre si? Há restrições nas trocas de informações entre empresas?

As empresas sentam para discutir ações conjuntas? Que ações conjuntas elas já fizeram/pretendem fazer? Como isso ocorre e com qual frequência?

Há um local para esses encontros (clube, fóruns, associação)? Há alguém/algum ator específico que se empenha em promover o projeto, em estabelecer as conexões entre as empresas?