CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI

WILLIAM JEFERSON VIEIRA DE SOUZA

PANORAMA DA ECOINOVAÇÃO EM FABRICANTES DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS: o caso dos clusters de Criciúma e Santa Gertrudes

São Bernardo do Campo

2017

WILLIAM JEFERSON VIEIRA DE SOUZA

PANORAMA DA ECOINOVAÇÃO EM FABRICANTES DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS: o caso dos clusters de Criciúma e Santa Gertrudes

Dissertação apresentada ao Centro Universitário FEI, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestrado em Engenharia Mecânica. Orientado pela Prof. Dra. Gabriela Scur.

São Bernardo do Campo

2017

Vieira De Souza, William Jeferson .
Panorama da ecoinovação em fabricantes de revestimentos cerâmicos: o caso dos clusters de Criciúma e Santa Gertrudes / William Jeferson Vieira De Souza. São Bernardo do Campo, 2017.
149 p. : il.

Dissertação - Centro Universitário FEI.
Orientadora: Prof.ª Dra. Gabriela Scur Almudi.

1. Ecoinovação. 2. Sustentabilidade Ambiental. 3. Práticas ambientais. 4. Indicadores de Performance Ambiental. I. Scur Almudi, Gabriela , orient. II. Título.

Elaborada pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da FEI com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

centro universitário FEI

APRESENTAÇÃO DE DISSERTAÇÃO
ATA DA BANCA EXAMINADORA

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Mecânica

Mestrado

PGM-10

Aluno: William Jeferson Vieira de Souza **Matrícula:** 216131-3

Título do Trabalho: Panorama da eco inovação em fabricantes de revestimentos cerâmicos: o caso dos clusters de Criciúma e Santa Gertrudes.

Área de Concentração: Produção

Orientador: Prof.ª Dr.ª Gabriela Scur Almudi

Data da realização da defesa: 11/12/2017

ORIGINAL ASSINADA

Avaliação da Banca Examinadora:

São Bernardo do Campo, 11 / 12 / 2017.

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA	
Prof.ª Dr.ª Gabriela Scur Almudi	Ass.:
Prof. Dr. Wilson de Castro Hilsdorf	Ass.:
Prof.ª Dr.ª Cecília Maria Villas Bôas de Almeida	Ass.:

A Banca Julgadora acima-assinada atribuiu ao aluno o seguinte resultado:

APROVADO ☒ REPROVADO ☐

VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO

APROVO A VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO EM QUE FORAM INCLUÍDAS AS RECOMENDAÇÕES DA BANCA EXAMINADORA

Aprovação do Coordenador do Programa de Pós-graduação

Prof. Dr. Rodrigo Magnabosco

Dedico esta conquista a minha avó Efigênia cuja história de vida sempre me inspira a seguir em frente na busca da concretização dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Esses são os meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas que investiram parte do seu tempo e contribuíram para a construção desta pesquisa. A professora e orientadora, Dra. Gabriela Scur agradeço pela excelente orientação, suporte, paciência e incentivo, estas contribuições foram essenciais para a conclusão desta dissertação. Obrigado Sonia, Joel, Vanessa, Bruna e Ana Lucia o apoio de vocês foi especialmente valoroso para a finalização desta etapa da minha vida. Deixo um agradecimento especial para os meus amigos Eduardo e Fabia que sempre me dedicaram palavras de incentivo. Fica a minha gratidão aos profissionais da indústria brasileira de revestimentos cerâmicos que gentilmente forneceram as informações necessárias para concretizar este estudo. Finalmente, agradeço os apoios da CAPES e FAPESP.

RESUMO

Pesquisadores e empresas tem apresentado um crescente interesse no tema da ecoinovação. Na perspectiva acadêmica existe a necessidade do aumento do número de pesquisas relacionadas ao tema em países de industrialização recente ou em desenvolvimento. Já na perspectiva empresarial existe uma crescente exigência por inovações que incorporem novos processos com viabilidade ambiental. Um destaque é a indústria de revestimentos cerâmicos brasileira, que faceia o desafio de lidar com diversos impactos ambientais gerados ao longo das atividades empresariais. Esta pesquisa teve como objetivo principal identificar como as práticas de ecoinovação são aplicadas nos fabricantes de revestimentos cerâmicos pertencentes aos *clusters* cerâmicos de Santa Gertrudes e Criciúma que são responsáveis por aproximadamente 80% da produção nacional. Esta pesquisa foi desenvolvida através do método de múltiplos estudos de caso. No total foram visitados 14 produtores cerâmicos, sendo 11 do *cluster* de Santa Gertrudes e 3 do *cluster* de Criciúma, nos quais 22 especialistas foram entrevistados. Também foram entrevistados 8 especialistas de instituições relacionadas ao setor. A aplicação do modelo proposto, permitiu a identificação de 20 práticas de ecoinovação de processo, 11 práticas de ecoinovação de produto e 8 práticas de ecoinovação organizacional. Outra contribuição é a identificação das principais métricas de desempenho ambiental utilizadas pelas companhias para a mensurar as práticas identificadas. Os resultados mostram que a maioria das ecoinovações identificadas nos *clusters* cerâmicos analisados são incrementais e podem ser tipificadas como ecoinovações de processo. Isso mostra que ainda existem oportunidades inexploradas para desenvolver produtos com atributos ambientais e implantar métodos organizacionais que suportem as companhias a organizar os seus esforços na direção da sustentabilidade. Estes resultados permitem um melhor entendimento de como a ecoinovação se insere no contexto da indústria brasileira dos fabricantes de cerâmica para revestimentos.

Palavras-chave: Ecoinovação. Sustentabilidade Ambiental. Práticas ambientais. Indicadores de Performance Ambiental.

ABSTRACT

Both practitioners and researchers have been reporting a special interest in eco-innovation issues. The academic perspective points to the need that the number of researches should be increased in developing countries. In the same way, the business perspective shows an increasing need for innovations that incorporate new processes combined with environmental viability. A highlight is the Brazilian ceramic tile industry, which faces the challenge of dealing with several environmental impacts generated through business activities. The main objective of this research was to identify how eco-innovation practices are applied in ceramic tile manufacturers belonging to the Santa Gertrudes and Criciúma ceramic clusters, which account for approximately 80% of the national production. This research was developed through the method of multiple case studies. In total, 14 organizations were visited, including 11 from the Santa Gertrudes's cluster and 3 from the Criciúma cluster, wherein 22 specialists were interviewed. Also, data were collected from other 8 industry experts from institutions related to the sector. The application of the proposed theoretical model allowed the identification of 20 eco-innovation process practices, 11 eco-innovation product practices and 8 eco-innovation organizational practices. Another contribution was the identification of the main environmental performance metrics used by the companies to measure the identified practices. The results show that most of the eco innovations identified in the analyzed ceramic clusters are incremental and can be typified as eco-innovation process. This shows that there are still unexplored opportunities to develop products with environmental attributes and to deploy organizational methods that support companies to organize their efforts towards sustainability. These results allow a better understanding of how eco-innovation is deployed in the Brazilian industry of ceramic tile manufacturers context.

Keywords:. Eco-innovation. Environmental sustainability. Environmental practices. Environmental performance indicators.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Análise de *cluster* extraída do software *VOSviewer*.....14
Quadro 1 - Filtros de pesquisa aplicados.....16
Gráfico 1 - Distribuição das publicações por ano.....16
Quadro 2 - Escopo da ecoinovação incremental e da ecoinovação radical.....20
Figura 2 - Equação de ecoeficiência focada na produtividade.....23
Figura 3 - Equação de ecoeficiência focada na intensidade da carga ambiental.....24
Figura 4 – Modelo teórico proposto para a análise da implantação da ecoinovação.....37
Figura 5 - Principais elementos da cadeia produtiva de revestimentos cerâmicos.....40
Quadro 3 - Organizações analisadas e especialistas entrevistados (as).....43
Quadro 4 - Base conceitual utilizada no instrumento de pesquisa para as práticas de eco inovação de processo.....46
Quadro 5 - Base conceitual utilizada no instrumento de pesquisa para as práticas de eco inovação de produto.....49
Quadro 6 - Base conceitual utilizada no instrumento de pesquisa para as práticas de eco inovação organizacional.....53
Quadro 7 - Principais fontes de geração de material particulado por processo da manufatura das placas cerâmicas.....62
Figura 6 - Mapeamento dos impactos ambientais do processo de fabricação por via úmida.....64
Figura 7 - Mapeamento dos impactos ambientais do processo de fabricação por via seca.....65
Quadro 8 - Declarações dos entrevistados relacionadas ao reaproveitamento da energia térmica residual.....67
Quadro 9 - Declarações dos entrevistados sobre tratamento e reaproveitamento de efluentes líquidos industriais.....70
Quadro 10 - Declarações dos entrevistados sobre o reaproveitamento dos resíduos de matérias-primas provenientes de produtos previamente manufaturados.....72
Quadro 11 - Declarações dos entrevistados sobre a instalação da impressora HD.....73
Quadro 12 - Declarações do entrevistados sobre a substituição do equipamento de impressão de embalagens.....74
Figura 8 - Mapeamento das práticas de ecoinovação de processo.....75
Quadro 13 - Mapeamento dos indicadores de ecoinovação de processo.....76
Quadro 14 - Declarações relacionadas a incorporação de resíduos sólidos na massa cerâmica..79

Quadro 15 - Declarações do entrevistado sobre a adição de resina na composição da massa cerâmica.....80
Quadro 16 - Declarações dos entrevistados sobre a redução da espessura da placa cerâmica.....81
Quadro 17 - Declarações dos entrevistados sobre a aplicação do programa de rotulagem ecológica.....83
Quadro 18 - Declarações relacionadas a embalagem com abertura nas faces frontal e traseira..84
Figura 9 – Mapeamento das práticas de ecoinovação de produto.....85
Quadro 19 - Mapeamento dos indicadores de ecoinovação de produto.....87
Quadro 20 - Declarações sobre o reaproveitamento de resíduos sólidos por empresas externas.....90
Quadro 21 - Declarações sobre ecoinovações focadas na redução do consumo de energia elétrica.....92
Quadro 22 - Declarações dos entrevistados sobre a aplicação de treinamentos ambientais.....95
Quadro 23 - Declarações dos entrevistados sobre a implantação de sistemas de gestão ambiental.....96
Quadro 24 - Declarações dos entrevistados sobre a aplicação de auditorias ambientais.....97
Figura 10 - Mapeamento das práticas de ecoinovação organizacional.....99
Quadro 25 - Mapeamento dos indicadores de ecoinovação organizacional.....101
Quadro 26 - Categoria de mudança gerada por foco de ecoinovação.....103
Quadro 27 - Cruzamento dos focos de ecoinovação com os tipos de ecoinovação.....107
Figura 11 - Aplicação do modelo teórico.....109

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 11

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 14

2.1 ECOINOVAÇÃO 17

2.2 ECOINOVAÇÃO DE PROCESSO 21

2.3 ECOINOVAÇÃO DE PRODUTO 28

2.4 ECOINOVAÇÃO ORGANIZACIONAL 33

2.5 MODELO TEÓRICO PARA ANÁLISE DAS PRÁTICAS DE ECOINOVAÇÃO 36

2.6 O SETOR DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS 38

2.7 CENÁRIO BRASILEIRO 39

2.8 A CADEIA PRODUTIVA DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS 40

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 42

3.1 CONSTRUÇÃO DO INSTRUMENTO DE PESQUISA 44

3.2 ANÁLISE DE DADOS 56

4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS 58

4.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO DAS PLACAS DE REVESTIMENTO CERÂMICO 58

4.1.1 Principais poluentes atmosféricos, efluentes industrias e resíduos sólidos associados à produção de placas cerâmicas 60

4.2 PRÁTICAS DE ECOINOVAÇÃO DE PROCESSO 66

4.3 PRÁTICAS DE ECOINOVAÇÃO DE PRODUTO 78

4.4 PRÁTICAS DE ECOINOVAÇÃO ORGANIZACIONAL 88

4.5 CATEGORIZAÇÃO DAS MUDANÇAS GERADAS PELAS ECOINOVAÇÕES IDENTIFICADAS NOS *CLUSTERS* CERÂMICOS 103

4.6 CRUZAMENTO DOS FOCOS DE ECOINOVAÇÃO COM OS TIPOS DE ECO INOVAÇÃO ESTABELECIDOS NA LITERATURA 107

4.7 APLICAÇÃO DO MODELO TEÓRICO 108

5. CONCLUSÃO 114

REFERÊNCIAS.....116

APÊNDICE A – CONJUNTO DE INDICADORES DE ECOEFICIÊNCIA..... 129

APÊNDICE B – INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL DO SGA BASEADO E CERTIFICADO NA NORMA ISO 14001.....133

APÊNDICE C – INSTRUMENTO DE PESQUISA 143

ANEXO A – INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL ATRELADOS A ABORDAGEM DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA 146

1 INTRODUÇÃO

Fatores como o crescimento econômico, aumento da atividade industrial e globalização tem contribuído para o decréscimo dos recursos finitos do planeta terra, levando as organizações a reconsiderar o posicionamento para competir nos próximos anos (CHANG; LEE; CHEN, 2014; ALMEIDA; NUNES, 2014; ROSCOE; COUSINS; LAMING, 2016). As pressões oriundas dos *stakeholders* para que uma organização lide com as questões de sustentabilidade estão no primeiro plano da atenção das decisões dos gestores empresariais tanto nos contextos interno e externo a empresa (GALEAZZO; KLASSEN, 2015; GAVRONSKI, 2012). Touboulic, Chicksand e Walker (2014) apontam que é crescente a preocupação com a sustentabilidade dentro das práticas de negócios. Büyüközkan e Çifçi (2012) afirmam que para manter a sobrevivência nos mercados globais as empresas não devem ignorar as questões ambientais. O estudo de Koplin, Seuring e Mesterharm (2007), sugere que a empresa focal de uma cadeia de suprimentos pode incorporar a questão da sustentabilidade em suas diretrizes e no desenvolvimento de inovações em processos e produtos. Bossle et al. (2016) destacam que inovação e sustentabilidade ambiental são conceitos centrais e ambos devem ser bem integrados as atividades de gestão e coordenação das empresas. A pesquisa de Silvestre e Neto (2014) sugere que geralmente, a adoção das práticas de sustentabilidade em qualquer tipo de indústria não pode ser dissociada da inovação, isso ocorre porque a implantação dessas práticas pode requerer mudanças significativas nas tecnologias adotadas, na gestão das operações, no processo de tomada de decisão, na mentalidade dos profissionais e no desenvolvimento das políticas corporativas. A literatura tem destacado a inovação como um fator chave para a sustentabilidade (ROSCOE; COUSINS; LAMING, 2016). Gauthier e Wooldridge (2012) apontam que o desenvolvimento de inovações associadas à benefícios ambientais tem sido um tema de crescente interesse entre os estudiosos.

Neste contexto, a literatura destaca o conceito da ecoinovação, que contempla as dimensões ambiental e econômica da sustentabilidade (CARRILLO-HERMOSILLA; RÍO; KÖNNÖLÄ, 2010; DÍAZ-GARCÍA; MORENO; MARTÍNEZ, 2015; JACOMOSSI et al., 2016). Ecoinovação pode ser entendida como o desenvolvimento, assimilação ou exploração de um produto, serviço, processo produtivo ou método de gestão que é uma novidade, radical ou incremental para a organização, que quando comparada as alternativas preexistentes, apresenta melhores resultados de redução do risco ambiental, da poluição e dos impactos negativos atrelados ao uso dos recursos envolvidos (KEMP; PEARSON, 2007; CARRILLO-HERMOSILLA; RÍO; KÖNNÖLÄ, 2010).

Algumas lacunas ainda trazem desafios para o avanço do conhecimento do tema ecoinovação. Pouca atenção tem sido dedicada a compreensão de como empresas podem identificar e desenvolver ecoinovações (ROSCOE; COUSINS; LAMING, 2016). O modo como as empresas integram os conceitos de inovação e sustentabilidade dentro das atividades empresariais é um tópico de pesquisa em aberto (BOSSLE et al., 2016). Díaz-García, Moreno e Martínez (2015) apontam a necessidade do aumento do número de pesquisas relacionadas ao tema da ecoinovação em países de industrialização recente e em países em desenvolvimento, especialmente no que se refere à realização de estudos de caso, pois mesmo com a geração de resultados de difícil generalização, tais métodos são uma fonte necessária de evidência empírica e podem, tanto descrever as especificidades do contexto da ecoinovação, como também beneficiar a literatura relacionada ao tema. Carrillo-hermosilla, Río e Könnölä (2010) propõem um modelo para categorizar em cada unidade de análise a mudança gerada por uma ecoinovação, mas indicam a possibilidade de que tal modelo não possa ser aplicável a todos os tipos de ecoinovação.

Em vista disso, há uma crescente exigência para que a alta gestão empresarial foque em inovações que englobem as perspectivas econômica e ambiental da sustentabilidade (GOVINDAN et al., 2016). No setor de revestimentos cerâmicos não é diferente, diversos impactos ambientais podem ser gerados, ao longo da cadeia produtiva ceramista, nas fases de extração de matéria-prima, processos industriais, comercialização, consumo, manutenção e disposição final (CPRH, 2010; BENVENISTE et al., 2012). No contexto brasileiro, os impactos ambientais são relacionados a incidência da formação de áreas degradadas, assoreamento e erosão das margens dos rios, desmatamento, emissão atmosférica (particulados e gases), elevado consumo de energia, uso de materiais com substâncias tóxicas, vibração, emissão de líquidos contaminantes, geração de resíduos sólidos e disposição inadequada de embalagens (CETESB, 2008; CPRH, 2010). O estudo de Christofoletti et al. (2012) identificou diversos impactos ambientais nas operações do arranjo produtivo local da cidade de Santa Gertrudes no estado de São Paulo, como por exemplo, emissão de poluentes atmosféricos, desconfiguração da paisagem, turbidez na água superficial, poluição sonora e dinamização de processos erosivos no solo. As atividades inerentes a manufatura das placas cerâmicas, são responsáveis por importantes problemas ambientais gerados no setor cerâmico, com destaque para a emissão de gases poluentes oriundos da combustão de gás natural e a emissão de material particulado durante as atividades de transporte para o fornecimento das matérias-primas (ALMEIDA et al., 2016).

Do ponto de vista prático o estudo é justificável, pois poderá ser aplicável a indústria brasileira dos fabricantes de cerâmica para revestimentos que, de acordo com a ANFACER (2016), faceia o desafio de cumprir com os requisitos do programa setorial da sustentabilidade.

Embasado nos resultados dos estudos citados acerca da importância da ecoinovação, esta pesquisa propõe discutir a seguinte questão: como a ecoinovação é implantada nos fabricantes de revestimentos cerâmicos? Assim, o trabalho tem como objetivo identificar como as práticas de ecoinovação são aplicadas nos fabricantes de revestimentos cerâmicos pertencentes aos *clusters* cerâmicos de Santa Gertrudes e Criciúma que são responsáveis por aproximadamente 80% da produção nacional. Como objetivos secundários espera-se:

a) Verificar quais práticas ambientais implantadas nas empresas;
b) Identificar os indicadores de performance ambiental atrelados às práticas de ecoinovação identificadas;
c) Propor um modelo teórico para a análise da implantação da ecoinovação.

Esta introdução representa o primeiro capítulo da dissertação. No segundo capítulo foi realizada uma revisão bibliográfica que contemplou a descrição das práticas e métricas de ecoinovação, além das características dos *clusters* cerâmicos brasileiros de Santa Gertrudes e Criciúma. Também foi apresentado no capítulo dois a elaboração de um modelo teórico para análise da implantação da ecoinovação. O capítulo três expôs os procedimentos metodológicos utilizados. Já no capitulo quatro, as práticas e métricas de ecoinovação identificadas nos *clusters* visitados, foram descritas, analisadas e comparadas com os resultados de estudos prévios apresentados na literatura. Por fim, o capítulo cinco apresentou as considerações finais da dissertação.

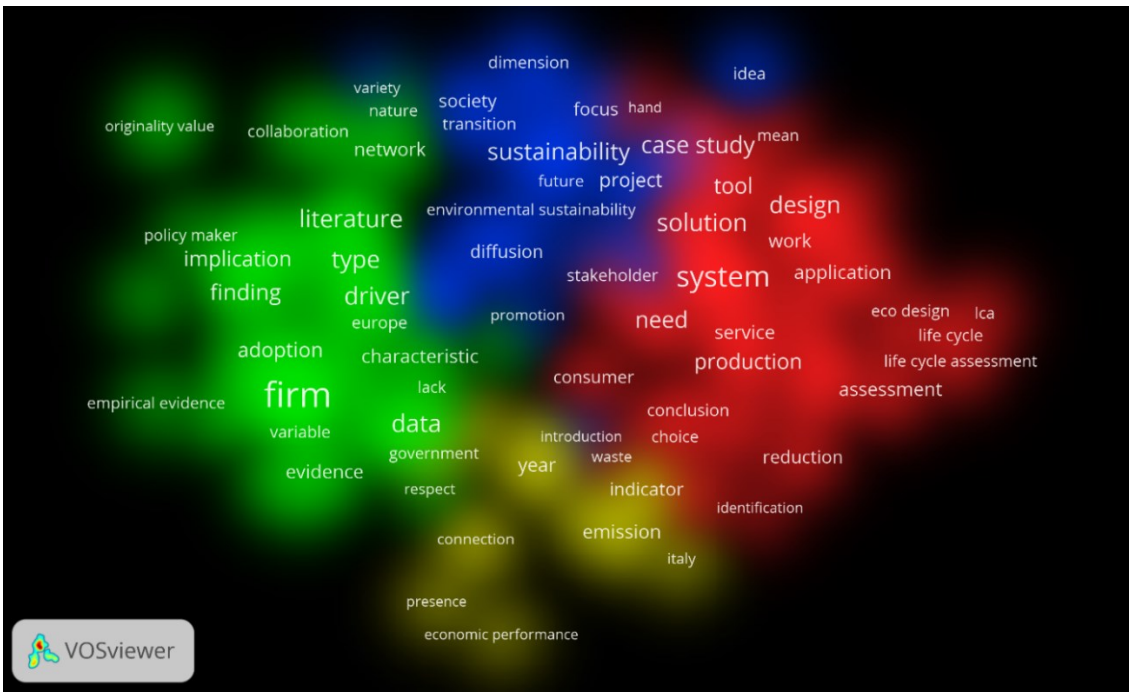
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

De acordo com Miguel (2010), uma importante etapa do processo de pesquisa é a realização de uma varredura horizontal para o levantamento da literatura preestabelecida acerca do tema estudado. Para tanto, foi inserida nas bases de dados *Proquest*, *Scopus* e *Web of Science* a palavra-chave "*eco-innovation*", sendo que, a busca realizada abrangeu as publicações realizadas no período delimitado entre os anos de 2000 a 2016.

O resultado da busca foi a identificação do referencial teórico, a partir do qual, foram estabelecidas as lacunas que possibilitaram o refinamento da pergunta de pesquisa, com base nos estudos de Carrillo-hermosilla, Río e Könnölä (2010); Díaz-García, Moreno e Martínez (2015); Roscoe, Cousins e Laming (2016); e Bossle et al. (2016).

Adicionalmente, com o intuito de realizar uma análise bibliométrica, os dados extraídos das buscas realizadas nas bases *Scopus* e *Web of Science* foram inseridos no *software VOSviewer*, sendo que a análise de *clusters* (figura 1) resultou na sugestão das seguintes palavras chave: *firm*, *adoption*, *evidence*, *type*, *determinant*, *implication*, *characteristic*, *sustainability*, *diffusion*, *eco design, solution*, *indicator*, *environmental performance*, *environmental impact*, *effect*, *eco efficiency* e *life cycle*.

Figura 1 - Análise de *cluster* extraída do *software VOSviewer*



Fonte: Autor

Tais palavras foram utilizadas, de maneira isolada ou combinadas com o termo "*eco-innovation*" no desenvolvimento da varredura vertical, com o objetivo de buscar artigos não identificados pela varredura horizontal. De acordo com Miguel (2010), a varredura vertical permite que o (a) pesquisador (a): aprofunde o conhecimento sobre o tema estudado; conheça os conceitos e modelos previamente publicados; e, finalmente, estabeleça as bases para a construção do modelo teórico de pesquisa.

Adicionalmente, foram consideradas publicações divulgadas no *Google* acadêmico, *Scielo*, *Sustainability environmental economics and dynamics studies* (SEEDS) e banco de teses e dissertações de universidades brasileiras.

Como resultado, a revisão de literatura abrangeu diversos periódicos nacionais e internacionais. No âmbito nacional podem ser destacados os seguintes periódicos: Gestão e Produção; e, Produção. Já no âmbito internacional podem ser destacados os seguintes periódicos: *Jornal of cleaner production*; *CIRP annals - Manufacturing technology*; *Ecological economics*; *Expert systems with applications*; *Technovation*; *Innovation: management, policy and practice*; *International journal of production economics*; *Resources, conservation and recycling*; *The international journal of life cycle assessment*; *Industrial management & data systems*; e, *International journal of operations & production management.*

Somado a isso, foram consultadas outras fontes de informações, sobretudo setoriais. Dentre elas: Associação nacional dos fabricantes de cerâmica para revestimentos, louças sanitárias e congêneres (ANFACER); Associação paulista das cerâmicas de revestimento (ASPACER); Associação brasileira de normas técnicas (ABNT); Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (FIESP); *International organization for standardization* (ISO); *European commission* (EC); *The organization for economic co-operation and development* (OECD); *United nations - Economic and social commission for asia and the pacific* (UN-ESCAP); *United nations* (UN); *United nations environment programme* (UNEP); *United nations industrial development organization* (UNIDO); e, *World business council for sustainable development* (WBCSD). Por último, foram consultadas instituições públicas, como por exemplo, Companhia de tecnologia de saneamento ambiental (CETESB); Companhia pernambucana de controle da poluição ambiental e de administração de recursos hídricos (CPRH); e, Banco nacional de desenvolvimento econômico e social (BNDES).

Com o intuito de obter um panorama atualizado da distribuição anual das publicações acerca do tema foi realizada na base *Scopus* a busca da incidência da palavra-chave "*eco-innovation*" dentro dos campos de título do artigo, *abstract* e palavras chave, com a posterior aplicação dos filtros de pesquisa apresentados no quadro 1.

Quadro 1 - Filtros de pesquisa aplicados

Categoria do filtro de pesquisa	**Filtro aplicado**
Tipo de documento	Somente tipo artigo
Tipo da fonte	Somente periódicos acadêmicos
Idioma	Somente artigos no idioma inglês

Fonte: Autor

A busca resultou no total de 350 artigos acadêmicos com publicações relacionadas ao tema e distribuídas entre os anos de 2000 a 2017, vide gráfico 1.

Gráfico 1 - Distribuição das publicações por ano

Fonte: Autor

A partir da análise dos dados apresentados no gráfico 1 e de maneira análoga a revisão de literatura apresentada no estudo de Díaz-García, Moreno e Martínez (2015) algumas observações podem ser realizadas acerca do tópico da ecoinovação: é um recente campo de pesquisa com os primeiros artigos publicados na década passada e apresenta uma crescente relevância dentro do meio acadêmico, vide o aumento no número de artigos publicados ao longo dos anos.

2.1 ECOINOVAÇÃO

Inicialmente, a ecoinovação contempla os processos, formas organizacionais, produtos e tecnologias de uma empresa, na busca do desenvolvimento de novas alternativas ou a incorporação de aprimoramentos, que viabilizem a prevenção ou a redução do impacto ambiental negativo causado pelas atividades econômicas de consumo e de produção (HERMOSILLA; RÍO; KÖNNÖLÄ, 2010; KLEWITZ; HANSEN, 2014; DÍAZ-GARCÍA; MORENO; MARTÍNEZ, 2015).

Adicionalmente, o estudo de Bossle et al. (2016) denota que de maneira geral os conceitos atrelados à sustentabilidade ambiental são considerados como práticas que as empresas podem adotar para tornarem-se ecoinovadoras. Deste modo, a ecoinovação contempla diversas práticas que combinam benefícios econômicos e ambientais (LEVIDOW et al., 2016).

Nesta mesma vertente, Horbach (2014) destaca que a ecoinovação leva ao decréscimo dos efeitos negativos que as atividades econômicas geram sobre o meio ambiente, como por exemplo, a redução do consumo de energia, sendo um fator crucial para a proteção do clima no planeta terra.

Paralelemente, a ecoinovação aborda especificamente os aspectos econômico e ambiental da sustentabilidade (HERMOSILLA; RÍO; KÖNNÖLÄ, 2010; DÍAZ-GARCÍA; MORENO; MARTÍNEZ, 2015). Embora a implementação de uma iniciativa de cunho ambiental possa ter impactos sobre o aspecto social no que tange a possibilidade da melhora na qualidade de vida (KLEWITZ; HANSEN, 2014).

Por conseguinte, Kemp e Pearson (2007), abordam que os resultados de uma ecoinovação podem ocorrer ao longo do ciclo de vida de um produto ou serviço.

A ecoinovação desempenha um papel central numa economia que é globalizada e muda constantemente, interligando qualidade ambiental e prosperidade econômica, com a consequente criação de novos mercados em indústrias de segmentos específicos (BANU; PARASCHIV; DOROBANT; 2012).

Neste contexto, existe uma significativa conscientização social e política sobre a importância das inovações direcionadas a sustentabilidade, sendo que é crescente o interesse das empresas em relação ao tópico da inovação, pois tais organizações tem um melhor conhecimento sobre as consequências ambientais das suas atividades econômicas, e, portanto, tendem a buscar melhorias nas ações de responsabilidade social (DÍAZ-GARCÍA; MORENO; MARTÍNEZ, 2015). Tal apontamento, vai ao encontro da perspectiva da literatura que estuda a identificação dos fatores que motivam uma organização a adotar ou desenvolver uma

ecoinovação (CHENG; SHIU, 2012), sendo que, o interesse das organizações sobre a ecoinovação é oriundo de pressões vinculadas a restrições de regulamentações governamentais, requerimentos de *stakeholders* e pelo reconhecimento por parte da organização que tais ecoinovações podem gerar vantagem competitiva relacionada a melhoria da performance, redução de custo e melhoria na reputação (DÍAZ-GARCÍA; MORENO; MARTÍNEZ, 2015).

A adoção da ecoinovação pode abranger uma ampla gama de motivadores ou determinantes (*drivers*) ambientais ou não ambientais (CARRILLO-HERMOSILLA; RÍO; KÖNNÖLÄ, 2010; TRIGUERO; MORENO; DAVIA, 2013).

Díaz-García, Moreno e Martínez (2015) classificam tais motivadores ou determinantes em três níveis. O primeiro é o nível macro que contempla instrumentos de política voltados para a especificação de ecoinovações, políticas voltadas para a inovação em indústrias, inovações nos sistemas de tecnologia e características do país (ex.: economia e *status* de desenvolvimento). O segundo nível, é o meso que abrange pressões oriundas do mercado (ex.: novas demandas dos clientes e novas demandas de segmentos de mercado), pressão de grupos externos a empresa, disponibilidade de financiamento e características do segmento em que o negócio está inserido. Por fim, o terceiro nível é o micro que considera elementos como valores do proprietário (a) ou gestor (a), performance, competências da empresa inter-relacionadas com a ecoinovação, reputação da empresa e relação do custo versus eficiência.

Por sua vez, Jacomossi et al. (2016) e Bossle et al. (2016) apontam duas categorias de determinantes para a adoção da ecoinovação em uma empresa. Os fatores externos podem contemplar: aceitação do usuário, demanda tecnológica, pressão normativa do mercado, regulamentação de políticas públicas e crédito (financiamento do mercado). Os fatores internos podem abranger: ganhos de eficiência, liderança gerencial, liderança empreendedora, estratégia ambiental e profissionais treinados.

Diversos elementos podem ser relacionados à geração de uma ecoinovação por uma empresa, como por exemplo, fornecedores, usuários, universidades, institutos de pesquisa, institutos tecnológicos, instituições financeiras, agências governamentais, organizações não governamentais, *joint-ventures*, afiliadas, ativos (tangíveis e intangíveis), competências (tecnológicas e gestão) e disponibilidade de recursos (DEMIREL; KESIDOU, 2011; TRIGUERO; MORENO; DAVIA, 2013; BOSSLE et al. 2016).

Pesquisas anteriores, destacam duas categorias gerais para analisar as mudanças geradas com a implementação de uma ecoinovação (CARRILLO-HERMOSILLA; RÍO; KÖNNÖLÄ, 2010; TRIGUERO; MORENO; DAVIA, 2013; ROSCOE; COUSINS; LAMING, 2016). A primeira categoria é a ecoinovação incremental que são mudanças ou modificações graduais e

contínuas que, quando aplicadas, melhoram as competências preexistentes dos elementos de processo, produto ou forma organizacional, porém, sem a substituição de tais elementos. A segunda categoria é a ecoinovação radical que são mudanças ou modificações que, quando implementadas, descontinuam as competências dos elementos de processo, produto ou forma organizacional, com a consequente geração de alternativas inteiramente novas que substituem os elementos preexistentes.

Deste modo, o quadro 2 apresenta o escopo, tanto da ecoinovação radical, como da ecoinovação incremental e suas respectivas subcategorias (reativa, antecipatória e de diferenciação).

Quadro 2 - Escopo da ecoinovação incremental e da ecoinovação radical

	Ecoinovação incremental			**Ecoinovação Radical**	**Autores (as)**
Escopo	**Reativa**	**Antecipatória**	**Incremental de diferenciação**		
Êxitos alcançados	Atendimento a requerimentos externos de regulamentações públicas	Permanecer à frente das regulamentações públicas	Solução geradora de vantagem competitiva e diferenciação	Mudança e transformação da organização	Klewitz e Hansen (2014)
				Mudança e transformação do segmento industrial	
	Atender a pressões externas dos stakeholders	Obtenção de redução de custos		Mudança e transformação do mercado	
Fatores ambientais vs. Fatores econômicos	Fatores ambientais são considerados custos adicionais	Fatores ambientais podem reduzir os custos	Ao considerar os fatores ambientais, a organização pode alcançar sucesso no mercado na forma de diferenciação	A integração dos fatores econômico e ambiental definem o foco dos negócios	
	Fatores ambientais são considerados causadores de custos adicionais				
Interação com agentes externos	Muito baixa	Baixa	Média	Alta	
Mudanças geradas	Modificações que melhoram as competências dos produtos, processos e métodos organizacionais já existentes			Inovações disruptivas que descontinuam e substituem os produtos, processos e métodos organizacionais (ex.: modelo de negócio) preexistentes	Carrillo-hermosilla, Río e Könnölä (2010); Triguero, Moreno e Davia (2013); Klewitz e Hansen (2014); Roscoe, Cousins e Laming (2016)

Fonte: Autor

Por outro lado, Cheng, Yang e Sheu (2014) apontam duas fronteiras para a pesquisa da ecoinovação em uma organização. A fronteira externa contempla todas as atividades focadas na redução do impacto ambiental gerado que transpassam os limites internos da empresa, sendo que tais iniciativas incluem a interação com fornecedores, reguladores e demandas de mercado. A fronteira interna contempla as atividades atreladas as práticas para a gestão eficaz e eficiente das iniciativas de ecoinovação dentro de uma empresa, sendo que tais práticas englobam os elementos de gestão organizacional, processo de produção e desenvolvimento de produto.

Neste contexto, a implementação de uma ecoinovação pode ser entendida como um coerente conjunto de ações que devem enquadrar-se nas dimensões organizacional, de processos e de produto (CHENG; SHIU, 2012; KLEWITZ; HANSEN, 2014) nos limites externos e internos a empresa (CHENG; YANG; SHEU, 2014).

Assim sendo, Roscoe, Cousins e Laming (2016) propõem que as práticas de ecoinovação que podem ser encontradas dentro de complexas redes de suprimentos são as tipificadas por Cheng, Yang e Sheu (2014) como ecoinovação de processo, ecoinovação de produto e ecoinovação organizacional.

2.2 ECOINOVAÇÃO DE PROCESSO

A ecoinovação de processo está diretamente vinculada às atividades operacionais (ex.: produção de produtos e serviços) e consiste nas iniciativas para a melhoria dos processos de produção já existentes ou no desenvolvimento de um novo processo para a posterior introdução na organização, com foco no aumento da ecoeficiência (*eco-efficiency*) (CHENG; SHIU, 2012; CHENG; YANG; SHEU, 2014; KLEWITZ; HANSEN, 2014). Cheng e Shiu (2012) apontam como exemplos de ecoinovação de processo o desenvolvimento de processos para o retorno de solventes após o uso, os processos de reciclagem de materiais e a adição de filtros para a redução da emissão de poluentes.

A execução da ecoinovação de processo normalmente requer investimentos adicionais, mas usualmente aumenta a ecoeficiência da organização, facilita a redução dos custos e enriquece a *expertise* técnica da empresa (TRIGUERO; MORENO; DAVIA, 2013).

Um conceito atrelado a ecoinovação de processo é a ecoeficiência (TRIGUERO; MORENO; DAVIA, 2013; KLEWITZ; HANSEN, 2014).

Ecoeficiência pode ser entendida como a entrega de produtos e serviços a preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas, proporcionem qualidade de vida e agreguem valor ao cliente, com a simultânea e progressiva redução dos impactos ambientais

gerados e da intensidade do consumo de recursos, por todo o ciclo de vida, a níveis compatíveis com a capacidade estimada do planeta Terra em suportar as atividades humanas (WBCSD, 1998).

Tal conceito, combina a eficiência dos recursos (minimização dos recursos utilizados na produção de uma unidade de produto) e produtividade dos recursos (eficiência das atividades econômicas em gerar valor agregado a partir dos recursos utilizados) (UN-ESCAP, 2009; ARAMPATZIS et al., 2016).

Neste contexto, o objetivo da ecoeficiência é vincular a excelência ambiental a excelência dos negócios, ou seja, prover uma orientação de como combinar as questões ambientais e econômicas dentro das empresas (CARRILLO-HERMOSILLA; RÍO; KÖNNÖLÄ, 2010; LOZANO, 2012; MÜLLER et al., 2015; SPROEDT et al., 2015).

Paralelamente, o foco em ganhos econômicos da ecoeficiência (KLEWITZ; HANSEN, 2014), como por exemplo, geração de lucratividade e valor agregado ao produto (GLAVIč; LUKMAN; 2007), frequentemente são considerados como uma porta de entrada para melhorias na performance ambiental e consequentemente da sustentabilidade (ARAMPATZIS et al., 2016).

Assim sendo, a ecoeficiência contempla diversas iniciativas (ex.: práticas e tecnologias) para a prevenção direto na fonte das perdas de materiais, água e energia (HENRIQUES; CATARINO, 2015; ARAMPATZIS et al., 2016). Tais iniciativas podem ter como consequência a redução dos custos de operação e a melhoria no perfil ambiental dos produtos envolvidos (HENRIQUES; CATARINO, 2015; ARAMPATZIS et al., 2016).

Além disso, estudos anteriores apontam que a credibilidade do conceito da ecoeficiência tem sido respaldada pelas diretrizes da abordagem da ISO 14045, composta pelas etapas de definição e escopo do estudo, avaliação ambiental, avaliação econômica, quantificação da ecoeficiência e interpretação dos resultados (ARAMPATZIS et al., 2016; STANCHEV; RIBAROVA, 2016).

Triguero, Moreno e Davia (2013) apontam que no âmbito da ecoinovação de processo a principal fonte de ecoeficiência é a redução das entradas (*inputs)* necessárias (ex.: energia, água e material), ou seja, a melhoria na eficiência do uso de recursos vinculada ao aumento na produção de produtos e serviços e ao decréscimo na geração de resíduos (GLAVIč; LUKMAN, 2007; HENRIQUES; CATARINO, 2015).

Adicionalmente, o impacto gerado ou o papel de uma ecoinovação vinculada a ecoeficiência pode ser identificado pelo termo mudança em subsistema (*sub-system change*) que consiste em melhorias para a otimização de subsistemas e redução dos impactos ambientais

negativos preexistentes, através de soluções ecoeficientes, que possibilitam a uma organização produzir uma quantidade maior de mercadorias ou serviços enquanto diminui a quantidade de recursos utilizados com a consequente redução na emissão de resíduos e nos índices de poluição (CARRILLO-HERMOSILLA; RÍO; KÖNNÖLÄ, 2010).

Em suma, a ideia básica das diversas conceptualizações acerca da ecoeficiência é maximizar as saídas (do processo de produção) e simultaneamente minimizar tanto o consumo de recursos, como a geração de resíduos e poluentes (HENRIQUES; CATARINO, 2015; WANG et al., 2016).

Distintos indicadores podem ser atrelados a mensuração da ecoeficiência (PASSETTI; TENUCCI, 2016).

Tais indicadores podem ser utilizados para comparar diferentes configurações de um mesmo sistema, mensurar e comparar os resultados de distintas iniciativas de ecoinovação, avaliar as implicações ambientais de uma organização, mensurar o progresso de uma empresa na direção da sustentabilidade e suportar a tomada de decisão de gestores empresariais (MÜLLER et al., 2015; ARAMPATZIS et al., 2016; WANG et al., 2016).

Os indicadores de ecoeficiência podem englobar diversos focos, como por exemplo, economia de energia, decréscimo na emissão de poluentes, redução da geração de resíduos, substituição de equipamentos ineficientes, mudanças em procedimentos, redução de dispersões tóxicas, melhoria da reciclagem de materiais, maximização do uso de fontes renováveis, aumento da durabilidade de um produto e redução do uso de matéria-prima, insumos e recursos (UN-ESCAP, 2009; KLEWITZ; HANSEN, 2014; WANG et al., 2016).

Neste contexto, um indicador de ecoeficiência pode ser representado quantitativamente através da equação de ecoeficiência focada na produtividade, vide figura 2 (ARAMPATZIS et al., 2016).

Figura 2 - Equação de ecoeficiência focada na produtividade

Fonte: autor “adaptado de’’ UN-ESCAP, 2009, p.4

A linha do numerador engloba o resultado econômico ou valor agregado (ex.: benefício provido pelo sistema estudado em termos de lucro ou quantidade de produtos produzidos), enquanto, a linha do denominador contempla o impacto ambiental associado (ex.: emissões de poluentes ou utilização de recursos) (ARAMPATZIS et al., 2016; WANG et al., 2016; LEVIDOW et al., 2016). Neste caso, quão maior o valor da ecoeficiência, melhor é a performance econômica por unidade de impacto ambiental (UNIDO, 2010; MÜLLER et al., 2015).

Outra perspectiva, é o indicador da equação da ecoeficiência focada na intensidade da carga ambiental, expressada pela razão da carga ambiental (ex.: quantidade de recursos utilizados ou emissões de poluentes) pela unidade de atividade econômica gerada (ex.: unidades monetárias ou unidades produzidas), vide figura 3 (UN-ESCAP, 2009; OECD, 2009; UNIDO, 2010).

Figura 3 - Equação de ecoeficiência focada na intensidade da carga ambiental

Fonte: autor "adaptado de'' UN-ESCAP, 2009, p.4

Neste caso, quão menor o valor da ecoeficiência, melhor é a carga ambiental por unidade de atividade econômica gerada (UNIDO, 2010).

De maneira geral, a melhoria da ecoeficiência pode ser oriunda de três perspectivas (ARAMPATZIS et al., 2016; PASSETTI; TENUCCI, 2016; ANGELIS-DIMAKIS; ALEXANDRATOU; BALZARINI, 2016): (1) crescimento do retorno econômico para uma dada quantidade de impacto ambiental; (2) redução do impacto ambiental para uma dada quantidade de retorno econômico; ou (3) ocorrência de ambas perspectivas, ou seja, aumento no retorno econômico atrelado a redução do impacto ambiental.

Deste modo, o apêndice A compila dois grupos de indicadores de ecoeficiência: o primeiro grupo traz os indicadores da equação de ecoeficiência focada na intensidade da carga ambiental; e o segundo grupo contempla os indicadores da equação de ecoeficiência focada na produtividade.

Paralelamente, a literatura relaciona a ecoinovação de processo ao conceito de produção mais limpa (*cleaner production*) (KLEWITZ; HANSEN, 2014; ROSCOE, COUSINS; LAMING, 2016; LEVIDOW et al., 2016). Tal conceito, consiste em uma abordagem sistematicamente organizada para as atividades de produção, sendo que, tais atividades englobam a minimização do uso de recursos e melhorias de ecoeficiência com o consequente alcance dos objetivos de melhorar a proteção ambiental e reduzir os riscos gerados pelas atividades de produção aos organismos vivos (UNEP, 2006; GLAVIč; LUKMAN, 2007; KLEWITZ; HANSEN, 2014).

A produção mais limpa é atrelada a uma série de ações que permitem a uma empresa o uso eficiente de matéria-prima e energia ao longo do processo de produção, com o foco de aumentar a produtividade que consequentemente aumenta a competitividade e melhora a performance da organização (SEVERO et al., 2015).

Tal conceito, engloba a perspectiva do desenvolvimento sustentável, ou seja, foca na prevenção ou redução da geração de resíduos e poluentes direto na fonte, ao invés de remediá-los após a geração (GLAVIč; LUKMAN, 2007; FRONDEL; HORBACH; RENNINGS, 2007; LOZANO, 2012).

Deste modo, a produção mais limpa está relacionada a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada aos processos, produtos e serviços de uma organização (UNEP, 2006 GLAVIč; LUKMAN, 2007; SEVERO et al., 2015).

Assim sendo, a produção mais limpa é uma prática de ecoinovação que influencia as dimensões ambiental e econômica da sustentabilidade, no que tange a redução dos impactos ambientais dos processos de manufatura e o aumento tanto da capacidade como da flexibilidade da produção (SEVERO et al., 2015).

Adicionalmente, vale destacar que embora o conceito de produção mais limpa tenha historicamente sido relacionado aos processos de produção, gradualmente ganha importância dentro das atividades de planejamento, projeto, operação e gestão em todos os segmentos industriais, além da possiblidade de abranger o setor de serviços (KLEMES; VARBANOV; HUISINGH, 2012; KLEWITZ; HANSEN, 2014).

Klewitz e Hansen (2014) trazem os seguintes apontamentos sobre o desenvolvimento de uma ecoinovação de processo através de uma inciativa de produção mais limpa: (1) pode ser facilitada por inovações organizacionais (ex.: ferramentas e sistemas de gestão) que suportam a organização a entender e mensurar os resíduos, descartes e emissões envolvidas; e (2) não é restrita ao melhoramento dos fluxos de energia e materiais, mas também fortalece os sistemas de gestão.

Paralelamente, a produção mais limpa é viabilizada através de tecnologias projetadas para garantir que a proteção ambiental é parte integrante do processo de fabricação (DEMIREL; KESIDOU, 2011).

Nesta mesma vertente, pesquisas anteriores destacam as tecnologias mais limpas (*cleaner technologies*) definidas como a adoção de qualquer mudança ou transformação para reduzir ou evitar, na fonte, a produção de poluentes e racionalizar o uso dos recursos naturais (ZHANG; YANG; BI, 2013; COSTA-JÚNIOR; PASINI; ANDRADE, 2013).

Triguero, Moreno e Davia (2013) apontam que as tecnologias mais limpas levam a redução do total dos resíduos e da poluição preexistentes e tem como resultado significantes mudanças em todo o processo de produção. O impacto gerado ou o papel de uma ecoinovação vinculado a tais tecnologias, pode ser identificado pelo termo mudança de sistema (*system change*), que consiste na reestruturação de um sistema, através de uma solução que é efetiva do ponto de vista ecológico e objetiva a redução do impacto ambiental (CARRILLO-HERMOSILLA; RÍO; KÖNNÖLÄ, 2010).

Por fim, estudos anteriores destacam os seguintes exemplos (CARRILLO-HERMOSILLA; RÍO; KÖNNÖLÄ, 2010; DEMIREL; KESIDOU, 2011; CHEN et al., 2017): (1) sistema de circuito fechado (*closed loop system*) no qual um produto que está no final do seu ciclo de vida é retornado para a organização que o fabricou e é reaproveitado como matéria-prima no processo produtivo de um novo produto; (2) instalações destinadas a economia do consumo de água; (3) tecnologias para redução da água necessária para diluição de poluentes; e, (4) instalações para reutilização de gases industriais.

Por outro lado, Frondel, Horbach e Rennings (2007) e Triguero, Moreno e Davia (2013) atrelam a ecoinovação de processo as tecnologias fim de tubo (*end-of-pipe*).

Tais tecnologias são caracterizadas pelo controle e remediação da poluição após a respectiva geração (COSTA-JÚNIOR; PASINI; ANDRADE, 2013). A aplicação no final do processo de produção tem como foco transformar as emissões primárias geradas em substâncias que possam ser facilmente geridas (DEMIREL; KESIDOU, 2011; TRIGUERO; MORENO; DAVIA, 2013).

A ecoinovação gerada minimiza os impactos ambientais negativos sem necessariamente alterar os processos e sistemas envolvidos (CARRILLO-HERMOSILLA; RÍO; KÖNNÖLÄ, 2010; TRIGUERO; MORENO; DAVIA, 2013).

Adicionalmente, o impacto gerado ou o papel de uma ecoinovação vinculado as tecnologias fim de tubo pode ser identificado pelo termo adição de componente (*component addition*) que é caracterizado como a incorporação de um componente que melhora a qualidade

ambiental da organização (FRONDEL; HORBACH; RENNINGS, 2007; CARRILLO-HERMOSILLA; RÍO; KÖNNÖLÄ, 2010).

Deste modo, a literatura destaca as tecnologias de remediação dos poluentes emitidos pelo sistema de escape de gases de uma indústria, coleta de resíduo sólido, incineração e descontaminação de solos (CARRILLO-HERMOSILLA; RÍO; KÖNNÖLÄ, 2010; DEMIREL; KESIDOU, 2011).

Por sua vez, os estudos de Jayal et al. (2010) e Faulkner e Badurdeen (2014) destacam o potencial da metodologia dos 6R's (reduzir, recuperar, reuso, reciclar, remanufaturar e *redesign*) para a geração de inovações de cunho sustentável nos processos de manufatura e nos fluxos de materiais envolvidos no ciclo de vida de um produto.

Reduzir, enfoca principalmente na redução do uso de energia, materiais e outros recursos requeridos no processo de manufatura e na mitigação das emissões e resíduos gerados durante a etapa de utilização de um produto (GAVRONSKI, 2012; ZHANG et al., 2013; BILGE et al., 2016).

Recuperar consiste no processo de recolha de produtos no final da fase de utilização, para posterior, desmontagem, triagem, limpeza e destinação para as atividades de reuso ou reciclagem ou remanufatura ou destinação final (JAYAL et al., 2010; BILGE et al., 2016).

A atividade denominada reuso, consiste no reaproveitamento de um produto ou seus componentes, após a finalização do seu primeiro ciclo de vida, com o objetivo de diminuir a quantidade de matéria-prima virgem necessária para a produção de um novo produto (GAVRONSKI, 2012; ZHANG et al., 2013; BILGE et al., 2016).

Reciclar, envolve o processo de conversão de um material em fim de vida útil com potencial de ser classificado como resíduo e consequentemente destinado a um aterro, em um novo material a ser utilizado para a produção de um novo produto (GAVRONSKI, 2012; ZHANG et al., 2013; BILGE et al., 2016).

A atividade de remanufaturar envolve o reprocessamento de produtos previamente utilizados (danificados ou descartados) para restaurá-los as especificações originais ou a um novo produto com especificações similares e constituído pela máxima quantidade possível de componentes originais e com a mínima perda de funcionalidades (ZHANG et al., 2013; BILGE et al., 2016).

A atividade de *redesign* engloba o ato de redesenhar a próxima geração de produtos, os quais, podem ser constituídos de componentes, materiais residuais e recursos recuperados de uma linha de produtos preexistente (ZHANG et al., 2013; BILGE et al., 2016).

Finalmente, a adoção de processos ambientalmente responsáveis pode ser um pré-requisito ou um fator de potencialização para o advento de uma ecoinovação de produto ou para a melhoria de um produto preexistente com a possibilidade de afetar a cadeia de suprimentos como um todo (TRIGUERO; MORENO; DAVIA, 2013; KLEWITZ; HANSEN, 2014).

2.3 ECOINOVAÇÃO DE PRODUTO

A ecoinovação de produto está relacionada a incorporação do aspecto ambiental na melhoria dos produtos ou serviços já existentes ou no desenvolvimento de novos produtos ou serviços (CHENG; SHIU, 2012; KLEWITZ; HANSEN, 2014). Deste modo, a ecoinovação de produto foca na satisfação das demandas do mercado, por ecoprodutos com mínimo impacto ambiental ao longo do respectivo ciclo de vida (CHENG; SHIU, 2012; TRIGUERO; MORENO; DAVIA, 2013; CHENG; YANG; SHEU, 2014).

Nesta vertente, o impacto ambiental é significativamente atrelado ao uso do produto (ex.: emissão de poluentes pela queima de combustível em automóveis) ou vinculado à disposição do produto (ex.: metais pesados de baterias) (CHENG; SHIU, 2012; CHENG; YANG; SHEU, 2014).

Além disso, o sucesso de uma ecoinovação de produto além de requerer a redução do impacto ambiental, também está atrelado a percepção do ecoproduto pelo consumidor (TRIGUERO; MORENO; DAVIA, 2013).

Segundo Carrillo-hermosilla, Río e Könnölä (2010), essa interação entre empresa e cliente ocorre através de duas perspectivas. A primeira delas é a do desenvolvimento com participação do usuário (*user development*) onde o consumidor é estimulado a engajar-se no processo de desenvolvimento de um novo produto. A segunda perspectiva é denominada aceitação do usuário (*user aceptance*), onde o entendimento das necessidades do usuário é um fator chave para o desenvolvimento de um ecoproduto.

Por fim, o sucesso de uma ecoinovação de produto traz a possibilidade de melhorias na imagem ambiental, nas vendas e no valor dos produtos de uma organização (TRIGUERO; MORENO; DAVIA, 2013).

Por sua vez, o estudo de Roscoe, Cousins e Laming (2016) sugere que a ecoinovação de produto está relacionada ao *design* de um ecoproduto que quando comparado as alternativas já existentes pode gerar uma quantidade menor de resíduos ou funcionar através de energias renováveis.

Neste contexto, a ecoinovação de produto pode ser atrelada ao conceito de *eco-design* ou *design for the environment* (KLEWITZ; HANSEN, 2014).

Segundo a norma ISO 14006 (2011)*, eco-design* pode ser entendido como a integração sistemática dos aspectos ambientais dentro do *design* e desenvolvimento de um produto com o foco de reduzir os impactos ambientais adversos associados ao respectivo ciclo de vida.

Laosirihongthong, Adebanjo e Tan (2013), abordam que as práticas de *eco-design* podem ser direcionadas ao produto ou a embalagem. O foco no produto engloba um conjunto de ferramentas, métodos e princípios que ajudam os profissionais de *design* a incorporar o elemento da redução dos impactos ambientais dentro das atividades do desenvolvimento de produtos (JACQUEMIN; PONTALIER; SABLAYROLLES, 2012). O foco na embalagem está relacionado ao conceito de embalagem ecológica (*eco-packaging*) que busca combinar os aspectos ambiental, econômico e social da sustentabilidade no desenvolvimento de embalagens ecológicas com as melhores características de conservação do produto, capacidade de armazenamento, peso, facilidade de uso e composição de materiais recicláveis e biodegradáveis (JIMÉNEZ-GUERRERO; ABAD; SANTAMARÍA, 2015).

Chang, Lee e Chen (2014) apontam que *eco-design* provem diretrizes e referências para os profissionais de manufatura e *design* no que tange: (1) a busca das necessidades vinculadas a questões ambientais para o *design* de produtos e sistemas; (2) a incorporação do conceito de ciclo de vida dentro do desenvolvimento do produto; (3) a avaliação da eficiência dos recursos disponíveis; (4) a avaliação da eficácia do sistema como um todo; (5) a seleção de métricas que representem a performance do ciclo de vida do produto; (6) a adoção e mantenimento de um portfólio de estratégias sistemáticas de *design*; e (7) o uso de métodos analíticos para a avaliação da performance de *design* e de cada *trade-off* envolvido.

Adicionalmente, pesquisas anteriores destacam a prática de ecoinovação denominada como avaliação do ciclo de vida (*life cycle assesment*) (KLEWITZ; HANSEN, 2014; SECCHI et al., 2016).

A avaliação do ciclo de vida (ACV) consiste em uma metodologia utilizada para quantificar e analisar os impactos ambientais que podem ser atribuídos a um produto ou serviço em cada etapa do seu respectivo ciclo de vida, ou seja, desde o *design* e desenvolvimento do produto, aquisição de matéria-prima, manufatura, distribuição, uso, manutenção, reuso, até as atividades de fim de vida útil (JACQUEMIN; PONTALIER; SABLAYROLLES, 2012; LOZANO, 2012; ARENA; AZZONE; CONTE, 2013). A comunidade científica considera que tal metodologia é parte integrante do processo de tomada de decisão de uma organização no que tange a sustentabilidade (SECCHI et al., 2016).

Neste contexto, a literatura destaca que a avaliação do ciclo de vida quantifica o potencial impacto ambiental de um produto ou serviço com base em um rigoroso modelo metodológico descrito na ISO 14040 em quatro etapas principais (JACQUEMIN; PONTALIER; SABLAYROLLES, 2012; POUDELET; et al., 2012).

A etapa denominada como definição do objetivo e escopo, é elaborada com o intuito de evitar que importantes informações para a avaliação do ciclo de vida sejam omitidas (JACQUEMIN; PONTALIER; SABLAYROLLES, 2012). O objetivo define de maneira clara a aplicação almejada, os motivos para a execução do estudo e o público alvo para a comunicação dos resultados obtidos (ISO 14040, 2009; MARCAL et al., 2013). O escopo pode contemplar a descrição (ISO 14040, 2009; MARCAL et al., 2013): (1) das informações necessárias para a elaboração do estudo; (2) do formato do relatório requerido para o estudo; e, (3) dos diversos elementos relacionados ao ciclo de vida do produto, como por exemplo, aquisição de matéria-prima, entradas e saídas da cadeia principal de manufatura, distribuição e transporte, consumo (ex.: combustível, eletricidade e calor), uso, manutenção, disposição final (ex.: resíduos oriundos da manufatura ou do uso do produto) e recuperação do produto usado.

Por sua vez, a etapa denominada análise de inventário de ciclo de vida (ICV) consiste na coleta de dados e aplicação de procedimentos para a compilação/quantificação dos insumos (matérias-primas e energia) e saídas (resíduos e outras emissões) que podem ocorrer longo do ciclo de vida de um produto (ISO 14040, 2009; JACQUEMIN; PONTALIER; SABLAYROLLES, 2012; POUDELET et al., 2012).

Adicionalmente, a etapa denominada avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV) consiste na associação dos dados quantificados na etapa ICV a categorias de impacto ambiental, como por exemplo, alterações climáticas, destruição da camada de ozônio, eutrofização, acidificação, estresse toxicológico sobre a saúde humana e de ecossistemas, esgotamento de recursos, consumo de água e consumo de terra (ISO 14040, 2009; JACQUEMIN; PONTALIER; SABLAYROLLES, 2012; MARCAL et al., 2013)

Por fim, a etapa denominada interpretação do ciclo de vida, com base no conjunto de informações geradas nas etapas ICV e AICV, permite a apresentação das conclusões e resultados acerca dos danos ambientais do ciclo de vida estudado (ISO 14040, 2009; JACQUEMIN; PONTALIER; SABLAYROLLES, 2012). De modo que, a etapa de interpretação possibilita a geração de um relatório confiável com indicações e recomendações consistentes com o objetivo e escopo do estudo (ISO 14040, 2009; MARCAL et al., 2013).

Deste modo, estudos anteriores sugerem que com o suporte da metodologia da avaliação do ciclo de vida os profissionais de *design* de uma organização podem construir um panorama

geral da performance ambiental de um produto e de maneira eficaz focar nas atividades de *eco-design* (CERDAN et al., 2009; LAOSIRIHONGTHONG; ADEBANJO; TAN, 2013; SORRENTINO; WOELBERT; SALA, 2016).

Assim sendo, pesquisas anteriores destacam diversas aplicações da avaliação do ciclo de vida no *eco-design* de produtos.

Sorrentino, Woelbert e Sala (2016) destacam a utilização para a análise do perfil ambiental de um produto. Neste contexto, a avaliação do ciclo de vida prove informações (ex.: tempo de vida, consumo de energia, e impactos ambientais) que podem ser utilizadas para a definição com viés ambiental do conceito final de um produto, no que tange os elementos de formato, tamanho, materiais e complexidade (CHANG; LEE; CHEN, 2014). Por fim, Glavič e Lukman (2007) apontam a utilização para a identificação dos impactos ambientais e dos benefícios ecológicos atrelados a cada função desempenhada por um produto.

Jayal et al. (2010) destaca que a avaliação do ciclo de vida pode ser utilizada pelos desenvolvedores de produtos com dois intuitos: (1) prover informações para a comparação entre distintas alternativas para o *design* de um produto; e (2) possibilitar durante o desenvolvimento a variação de diversos parâmetros ambientais para a obtenção de um produto com as melhores especificidades ambientais possíveis.

Por sua vez, Sorrentino, Woelbert e Sala (2016) e Secchi et al. (2016) destacam a possibilidade de aplicação para a identificação de oportunidades de melhorias do produto. Um exemplo, é a utilização da avaliação do ciclo de vida para a mensuração do impacto ambiental de cada componente de um produto e consequente detecção dos componentes perigosos para o meio ambiente que devem ser substituídos por melhores alternativas (CHANG; LEE; CHEN, 2014).

No que tange a concepção do processo de produção, a avaliação do ciclo de vida é utilizada para quantificar a energia e materiais requeridos para a conformação de um produto (GLAVIK; LUKMAN, 2007). Neste caso, Chang, Lee e Chen (2014) destacam que a aplicação de tal metodologia, prove informações referenciais para que uma organização desenvolva um produto cujos estágios de produção apresentem os menores índices possíveis em relação a geração de resíduos e a emissão de poluentes.

O anexo A apresenta um conjunto de indicadores para a mensuração da performance ambiental de um produto. Tais indicadores, são atrelados por Arena, Azzone e Conte (2013) à abordagem da avaliação do ciclo de vida, sendo agrupados nas fases de: extração de matéria-prima, produção de materiais, manufatura do produto, uso do produto, fim de vida e transporte.

Paralelamente, a área de materiais está atrelada a inovação de produto (KLEWITZ; HANSEN, 2014). Lindahl et al. (2014) sugerem que a organização que combina uma estratégia de sustentabilidade com o conhecimento das características dos materiais que utiliza, pode desenvolver uma série de práticas para a gestão sustentável de materiais, como por exemplo: (1) análise dos impactos ambientais que um material pode gerar em todas as fases do seu ciclo de vida (ex.: extração, transporte, transformação, uso e disposição); (2) desenvolvimento de sistemas de reciclagem e/ou de sistemas de circuito fechado que resultem em alternativas para a reutilização do material; (3) planejamento da substituição de materiais não sustentáveis por alternativas menos danosas ao meio ambiente; e (4) mudanças no *design* do produto que permitam a redução na utilização do material danoso ao meio ambiente e/ou resultem na redução da emissão dos resíduos gerados.

Conforme Klewitz e Hansen (2014) outro elemento atrelado a área de materiais é o uso da embalagem ecológica, que pode ser viabilizado através da minimização do uso de metais pesados (ex.: mercúrio), da redução da superfície da embalagem coberta por pigmentos, do aumento no uso de matérias-primas oriundas de fontes renováveis e da incorporação de materiais reciclados no processo de manufatura (JIMÉNEZ-GUERRERO; ABAD; SANTAMARÍA, 2015).

Assim sendo, Klewitz e Hansen (2014) apontam que a gestão dos materiais pode resultar no desenvolvimento de produtos com menores efeitos de poluição, melhores indicadores de ecoeficiência e melhores atributos de reciclagem, reuso e decomposição.

Por sua vez, Klewitz e Hansen (2014) atrelam a inovação de produto ao programa de rotulagem ecológica (*eco labelling*), ou seja, a ecoinovação que com base no atendimento a padrões de performance ambiental, vincula ao produto de uma empresa, um rótulo de certificação denominado rótulo ecológico (*eco-label*) que assegura ao consumidor que o produto rotulado é compatível com os padrões de performance ambiental previamente estabelecidos no programa (YENIPAZARLI, 2015; LI; VELD, 2015).

Bratt et al. (2011) contextualizam os programas de rotulagem ecológica em três perspectivas. Na perspectiva do consumidor, a certificação do rótulo ecológico permite o acesso aos atributos ambientais e/ou sociais de um produto ou serviço. Já na perspectiva das empresas é um instrumento capaz de influenciar a tomada de decisão do comprador a favor do produto ou serviço certificado. E na perspectiva das políticas públicas pode servir como um instrumento complementar que estimula a inovação voltada para a substituição de produtos e serviços com alto impacto ambiental por ecoprodutos e ecosserviços.

Adicionalmente, é válido salientar que a padronização dos princípios gerais para o estabelecimento dos programas de rotulagem ecológica pode ser atrelada a norma internacionalmente aceita da ISO 14020:2002 (rótulos e declarações ambientais - princípios gerais) (PRIETO-SANDOVAL et al., 2016).

Por fim, os programas de rotulagem ecológica ainda podem ser considerados instrumentos regulatórios capazes de promover o uso sustentável de recursos, guiar as compras ecológicas, melhorar a performance ambiental de produtos e processos e influenciar a cadeia de suprimentos como um todo (BRATT et al., 2011; YENIPAZARLI, 2015; CARLSON; PALMER, 2016).

2.4 ECOINOVAÇÃO ORGANIZACIONAL

A ecoinovação organizacional consiste na introdução de um novo ou melhorado método organizacional dentro das práticas empresariais, dos ambientes de trabalho, da interação de uma empresa com agentes externos e nos processos de tomada de decisão (TRIGUERO; MORENO; DAVIA, 2013). De modo que, leva a reorganização das rotinas e estruturas de uma corporação (KLEWITZ; HANSEN, 2014). Finalmente, a ecoinovação organizacional, pode ter como consequência o desenvolvimento de novas formas de gestão, focadas tanto na redução do impacto ambiental como na melhoria das condições de trabalho e bem estar dos empregados (TRIGUERO; MORENO; DAVIA, 2013; KLEWITZ; HANSEN, 2014; ROSCOE; COUSINS; LAMING, 2016).

Cheng, Yang e Sheu (2014) apontam que a ecoinovação organizacional está relacionada as atividades de trabalho da empresa, a infraestrutura e eventualmente afeta todo o sistema de gestão da organização.

Nesta vertente, uma ampla variedade de iniciativas organizacionais, podem resultar em ecoinovações (CHENG; SHIU, 2012).

Triguero, Moreno e Davia (2013) e Klewitz e Hansen (2014) destacam o desenvolvimento de treinamentos ambientais para os empregados.

Klewitz e Hansen (2014) apontam o estabelecimento do programa de compras com fornecedores locais para a redução das emissões de poluentes relacionadas ao transporte.

Outra iniciativa sugerida por Klewitz e Hansen (2014) é a implantação de estruturas organizacionais com foco ambiental (ex.: departamentos, times, comitês e unidades interdepartamentais). O comprometimento e o conhecimento dos profissionais que compõem

tais estruturas são elementos chave para a manutenção de um sistema de gestão ambiental (SGA) (CAMPOS et al., 2015).

A literatura aponta o SGA como uma importante prática de ecoinovação organizacional, sendo frequentemente discutido como um meio para sistematicamente realizar a gestão das questões ambientais no que tange a mensuração, o reporte e as responsabilidades para lidar com o uso de recursos (materiais, energia e água) e os consequentes resíduos gerados (TRIGUERO; MORENO; DAVIA, 2013; KLEWITZ; HANSEN, 2014; BOSSLE et al., 2016).

Em suma, o SGA tem sido considerado uma das principais práticas ambientais existentes e tem o papel de auxiliar as organizações na identificação, gerenciamento, monitoramento e controle das questões ambientais (CAMPOS et al., 2015; ABNT, 2015).

Campos et al. (2015) e Nguyen e Hens (2015) apontam que os benefícios da implantação do SGA não são limitados ao aspecto ambiental e podem englobar melhorias na performance da organização como um todo. Um benefício destacado por Triguero, Moreno e Davia (2013) é que a prática do SGA pode ter um efeito positivo sobre o desenvolvimento das ecoinovações de processo e produto. Outro possível benefício é que a utilização do SGA pode assegurar a empresas fornecedoras vantagens competitivas no que tange a melhoria da capacidade de resposta as pressões *downstream* da cadeia envolvida (KLEWITZ; HANSEN, 2014).

Estudos anteriores, apontam que as empresas podem optar pela adoção de duas principais normas para a operacionalização e certificação de um SGA, denominadas como, sistema europeu de eco-gestão e auditorias ou *eco-management and audit scheme* (EMAS) e ISO 14001 (sistemas de gestão ambiental — requisitos com orientações para uso) (CAMPOS; MELO, 2008; LOZANO, 2012; CAMPOS et al., 2015).

O sistema europeu de eco-gestão é uma norma que promove a melhoria contínua da performance ambiental das atividades industriais com três focos (CAMPOS et al., 2015): (1) estabelecer e implementar políticas ambientais, programas de gestão e sistemas organizacionais; (2) conduzir uma avaliação periódica dos elementos relacionados a regulamentações públicas; e (3) informar a comunidade envolvida sobre a performance ambiental da organização.

A ISO 14001 é uma norma de aceitação internacional aplicável a todos os tipos de empresas que define os requisitos para o estabelecimento de um SGA e consequentemente suporta a melhora do desempenho das empresas através da utilização eficiente dos recursos e da redução da quantidade de resíduos gerados (CAMPOS; MELO, 2008; ZHANG; WANG; WANG, 2014; ABNT, 2015). As diretrizes da norma permitem que uma organização: desenvolva políticas ambientais; estabeleça objetivos para a melhoria contínua do desempenho

ambiental; entenda as políticas públicas envolvidas; considere os impactos ambientais das atividades realizadas; e, integre o SGA ao conjunto de objetivos empresariais (COMOGLIO; BOTTA, 2011; CAMPOS et al., 2015; ABNT, 2015).

A norma ISO 14001 será utilizada para os desdobramentos deste estudo. Pois, é a principal norma de gestão ambiental da atualidade e apresenta melhor nível de aceitação internacional quando comparada a norma do sistema europeu de eco-gestão (COMOGLIO; BOTTA, 2011; CAMPOS et al., 2015; NGUYEN; HENS, 2015).

Estudos anteriores destacam a utilização da classificação de indicadores de desempenho ambiental estabelecida na ISO 14031 (Avaliação de desempenho ambiental) para classificar os indicadores que podem ser atrelados a mensuração de um SGA (ALMEIDA; NUNES, 2014; CAMPOS et al., 2015; NGUYEN; HENS, 2015).

A classificação da ISO 14031 divide os indicadores de desempenho ambiental (IDA) nas categorias de indicadores de desempenho gerencial e indicadores de desempenho operacional. Os indicadores de desempenho gerencial (IDG) provem informações acerca dos esforços gerenciais que influenciam positivamente a performance ambiental da organização como um todo (CAMPOS; MELO, 2008; ALMEIDA; NUNES, 2014; CAMPOS et al., 2015). Tais indicadores, podem ser atrelados aos temas de implementação de políticas e programas ambientais, verificação de conformidade com requisitos e expectativas, desempenho financeiro e relações com a comunidade (CAMPOS; MELO, 2008; ALMEIDA; NUNES, 2014).

Os indicadores de desempenho operacional (IDO) provem informações de desempenho ambiental relacionadas aos processos de operação de uma organização (CAMPOS; MELO, 2008; ALMEIDA; NUNES, 2014; CAMPOS et al., 2015). Tais indicadores, podem ser relacionados tanto com as entradas e saídas pertinentes ao funcionamento dos equipamentos e estrutura física de uma organização, como ao fluxo de fornecimento e distribuição de materiais/produtos (CAMPOS; MELO, 2008; ALMEIDA; NUNES, 2014).

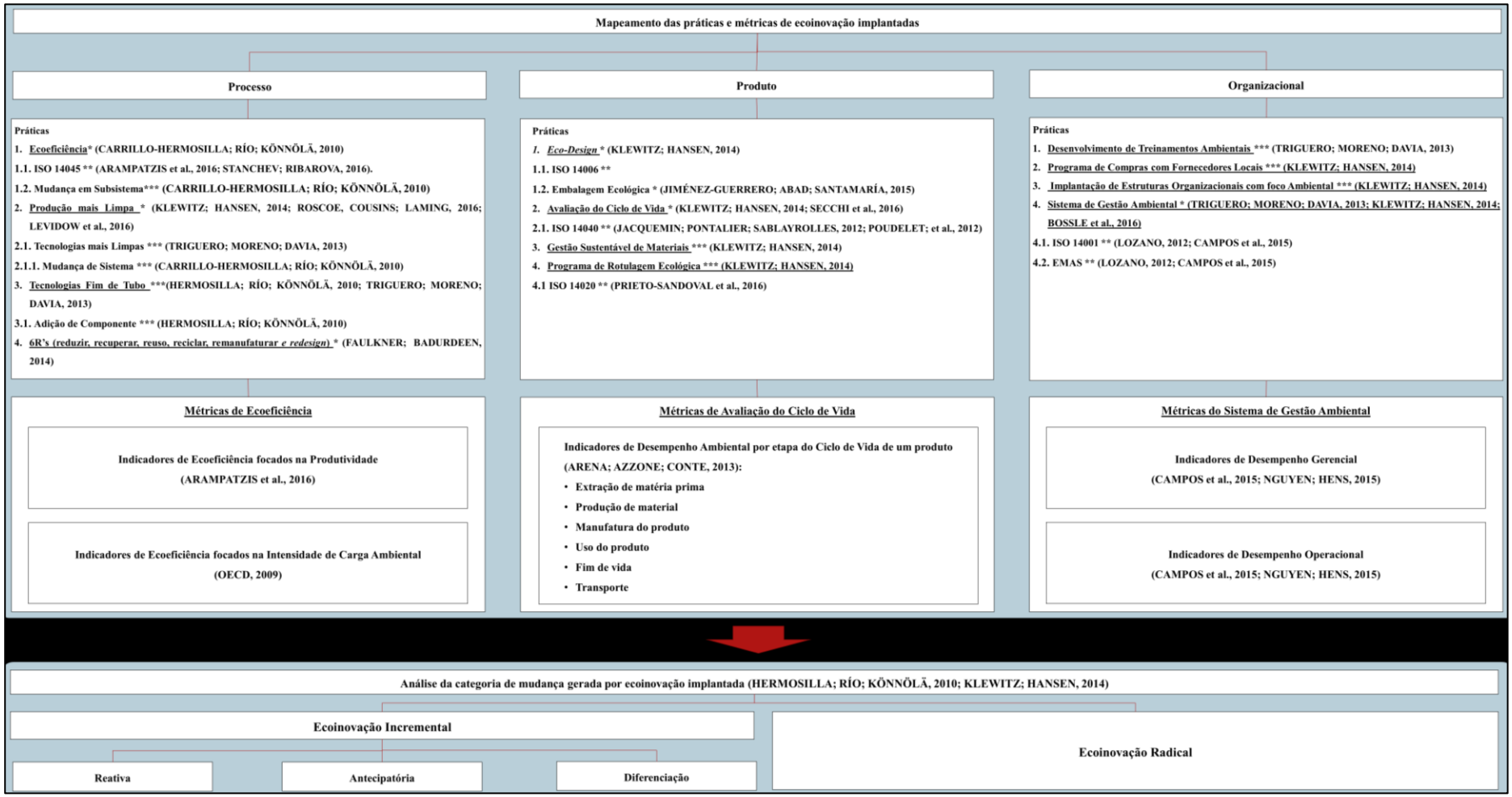
Assim sendo, os indicadores de desempenho ambiental são importantes elementos para o acompanhamento do desempenho de um SGA nos que tange as temáticas de resultados, metas, inciativas de melhoria contínua e competitividade (ALMEIDA; NUNES, 2014).

O apêndice B apresenta um conjunto de indicadores de desempenho ambiental propostos pela literatura e que podem ser atrelados aos sistemas de gestão ambiental baseados e certificados na norma ISO 14001.

2.5 MODELO TEÓRICO PARA ANÁLISE DAS PRÁTICAS DE ECOINOVAÇÃO

Com base no conteúdo exposto, elaborou-se um modelo teórico (figura 4) para a análise da implantação da ecoinovação (em cada unidade de análise) que contempla: o mapeamento das práticas e métricas de ecoinovação de produto, processo e organizacional; e, a análise da categoria de mudança gerada por cada ecoinovação implantada.

Figura 4 - Modelo teórico para análise da implantação da ecoinovação



Fonte: Autor

Legenda: * Conceito, metodologia ou sistema / ** Padrão ou norma / *** Iniciativa de aplicação: mudanças, tecnologias, procedimentos, programas e estruturas

A aplicação do modelo teórico pode contribuir para a literatura acerca do tema da ecoinovação em países em desenvolvimento no que tange: (1) o estabelecimento de um modelo teórico que possa se aplicável a todos os tipos de ecoinovação; e, (2) a melhoria do entendimento de como os temas de inovação e sustentabilidade ambiental podem ser integrados as atividades empresariais.

2.6 O SETOR DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS

O setor de revestimentos cerâmicos é um ramo da indústria de minerais não metálicos, que manufatura produtos no formato de placas (ex.: azulejos, pisos, porcelanatos e pastilhas), tradicionalmente utilizados na construção civil para o revestimento de pisos, paredes, piscinas, fachadas, saunas, lareiras e bancadas de ambientes residenciais, institucionais (ex.: hospitais, escolas e templos), comerciais e industriais (ALMEIDA et al., 2016; PENTEADO; CARVALHO; LINTZ, 2016). A placas de cerâmicas são um dos materiais mais utilizados na indústria da construção (BOVEA et al., 2010). Os produtos deste setor são versáteis em termos de tamanhos, formas, cores, tipos de fixação e também podem ser usados em edificações para melhorar o isolamento térmico ou para aumentar/reduzir a intensidade da reflexão da luz (GABALDÓN-ESTEVAN; CRIADO; MONFORT, 2014).

A característica principal das placas cerâmicas é o fato de serem o resultado de uma mistura de matérias primas naturais que contém sílica, pelo menos um mineral argiloso e, geralmente, óxidos alcalinos (AMEIDA et al., 2016). A principal matéria-prima utilizada para a sua produção é a argila que pode ser de base branca ou de base vermelha (FUNDACENTRO, 2010). As placas cerâmicas são materiais inorgânicos, não metálicos, podem ser minerais ou rochosos e são assépticos, ou seja, são inertes, não carregam odores, bactérias e agentes poluentes (GABALDÓN-ESTEVAN; CRIADO; MONFORT, 2014; AMEIDA et al., 2016). Adicionalmente, apresentam propriedades que as tornam produtos de alta durabilidade e que requerem mínimas intervenções de reparo ou renovação, como por exemplo: são a prova d'agua e a radiação ultravioleta, são resistentes ao fogo, não emitem compostos orgânicos voláteis em temperatura ambiente e os produtos necessários para limpeza/manutenção têm baixo impacto ambiental (GABALDÓN-ESTEVAN; CRIADO; MONFORT, 2014). Para serem apresentados ao mercado esses produtos recebem designações comerciais (ex.: porcelanato, grés, semi poroso e monoporoso), em função de diversos fatores, como matérias-primas empregadas, processo de manufatura, tipo de acabamento e utilidade para o consumidor final (PENTEADO; CARVALHO; LINTZ, 2016).

2.7 CENÁRIO BRASILEIRO

O Brasil é um país com uma significativa tradição dentro do setor de revestimento cerâmico, tanto em consumo como em produção e é apontado como um dos principais produtores do mundo (ANFACER, 2016). Nos últimos quinze anos quadruplicou os índices de produção de placas cerâmicas e atualmente é o segundo produtor do mundo com uma estimativa de 899,4 milhões de metros quadrados produzidos em 2015 para uma capacidade instalada de 1.069 bilhão de m² (ANFACER, 2016). O país também ocupa a segunda posição no ranking global de consumo, demandando 7,4% de toda a produção mundial o que equivale a uma estimativa de 816 milhões de m² (ANFACER, 2016). Vale salientar, que o Brasil é o sétimo maior exportador de revestimentos cerâmicos do planeta, alcançando em 2015 a marca de 77 milhões de m² exportados (ANFACER, 2016). O vigoroso crescimento evidenciado foi sustentado por fatores como elevada produtividade, custos baixos de produção, disponibilidade de insumos minerais e energéticos e mercado doméstico em expansão (FIESP, 2017).

De acordo com a ANFACER (2016) existem 93 fabricantes de revestimentos cerâmicos no Brasil, que empregam 25 mil profissionais diretos e geram 200000 empregos indiretos, com plantas fabris localizadas em 18 unidades da federação.

Os fabricantes geralmente são caracterizados por empreendimentos de origem familiar com pequeno ou médio porte, controlados por capital privado nacional e sem operações abertas em bolsas de valores (BNDES, 2013).

De maneira análoga aos grandes fabricantes globais (China, Itália e Espanha) a produção de placas cerâmicas é concentrada em *clusters* (aglomerados de empresas) em regiões específicas, no caso brasileiro, nas cidades de Santa Gertrudes e Criciúma, localizadas respectivamente nos estados São Paulo e Santa Catarina.

As companhias que compõem o *cluster* de Santa Gertrudes são responsáveis por aproximadamente 64% da produção nacional com parte significativa dos produtos manufaturados destinada aos consumidores das classes populares (BNDES, 2013; FIESP, 2017). O processo predominante é o de via seca, que, devido aos menores custos, permite ao *cluster* competir através do atributo do preço (BNDES, 2013).

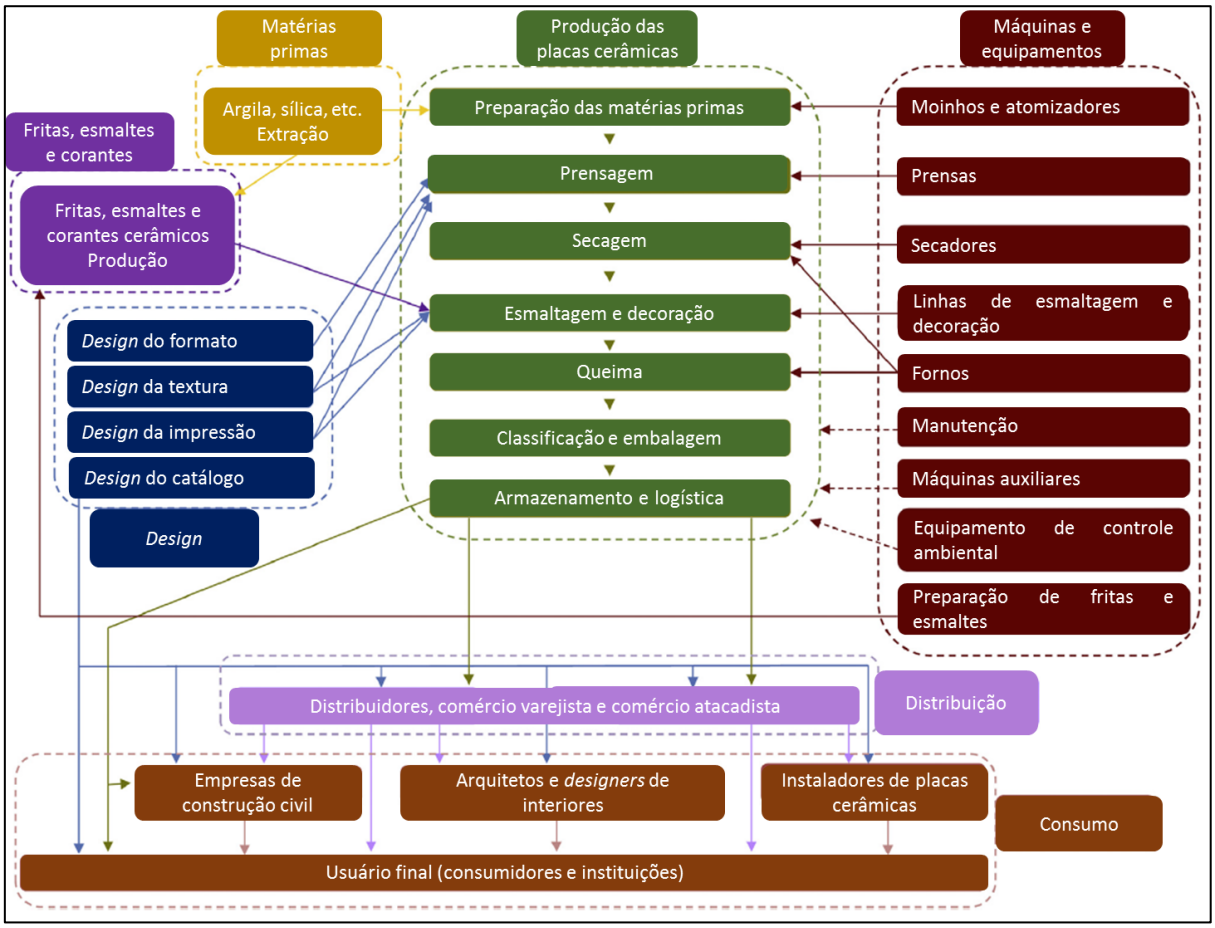
Já o *cluster* de Criciúma é responsável por aproximadamente 10% da produção nacional, com predominância do modelo de produção por via úmida e parte significativa da produção voltada a atender as demandas dos consumidores das classes A e B (BNDES, 2013). Ainda de acordo com o BNDES (2013) os atributos competitivos do *cluster* são a qualidade das placas produzidas, a diferenciação oriunda do *design* e a força das marcas locais.

2.8 A CADEIA PRODUTIVA DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS

Segundo Scur e Garcia (2015) a dinâmica da indústria de revestimentos cerâmicos pode ser compreendida a partir do conceito da cadeia produtiva, que aborda o conjunto das atividades necessárias para o fornecimento de um produto ao consumidor final. A cadeia produtiva desta indústria contempla a lavra das matérias-primas essenciais (materiais argilosos e não argilosos), a produção da massa cerâmica (por via úmida ou via seca), a manufatura das diversas variedades de placas cerâmicas, a distribuição e a comercialização dos produtos acabados.

A figura 5 apresenta uma adaptação para o contexto brasileiro dos principais elementos da cadeia produtiva de revestimentos cerâmicos apontados no estudo de Gabaldón-Estevan, Criado e Monfort (2014).

Figura 5 - Principais elementos da cadeia produtiva de revestimentos cerâmicos



Fonte: autor "adaptado de'' Gabaldón-Estevan, Criado e Monfort, 2014, p.244

As empresas de mineração são responsáveis pela extração e fornecimento das matérias-primas e insumos (argila, caulim, feldspato e talco) que são os materiais essenciais para a

composição e preparação da massa cerâmica utilizada no processo de conformação das placas de revestimentos cerâmicos (FIESP, 2017).

As máquinas e os equipamentos são elementos necessários para a realização de todas as atividades da produção de placas cerâmicas, como por exemplo, os equipamentos utilizados na extração e armazenagem das matérias-primas, os moinhos e atomizadores dedicados a preparação da massa, as prensas e os fornos utilizados no processamento cerâmico e as máquinas necessárias para a produção dos esmaltes utilizados na decoração das placas cerâmicas (GABALDÓN-ESTEVAN; CRIADO; MONFORT, 2014).

Outro importante elemento é composto pelos produtores de fritas, corantes e esmaltes que tem um papel crucial na cadeia produtiva, pois, fornecem os materiais que determinam as características de acabamento das placas cerâmicas, no caso das vendas realizadas em mercados maduros como as classes A e B do Brasil, a diferenciação dos fabricantes é diretamente relacionada a estética do produto (BNDES, 2013; GABALDÓN-ESTEVAN; CRIADO; MONFORT, 2014).

O *design* é um importante elemento para a maioria dos consumidores de mercadorias decorativas, no caso das placas de revestimento cerâmico representa a aparência final do produto e a imagem da empresa fabricante no mercado consumidor (SEBRAE, 2013; GABALDÓN-ESTEVAN; CRIADO; MONFORT, 2014). O processo de *design* envolve a colaboração entre os *designers*, os profissionais da manufatura de placas cerâmicas, os fornecedores de máquinas e equipamentos e os produtores de fritas, corantes e esmaltes (GABALDÓN-ESTEVAN; CRIADO; MONFORT, 2014).

No mercado brasileiro existem dois elementos relacionados ao consumo e distribuição das placas cerâmicas (BNDES, 2013). O primeiro elemento é o setor da construção civil que efetua compras diretas com os fabricantes de placas cerâmicas para utilização em obras desenvolvidas por grandes construtoras. O segundo elemento é composto pelos comércios atacadista e varejista que compram dos fabricantes as placas cerâmicas que são posteriormente revendidas para construções e reformas de menor porte.

Dentre os diversos elementos que influenciam a estrutura da indústria de revestimentos cerâmicos o de maior relevância é a área de produção, cujo dimensionamento estabelece as demandas de bens de capital (maquinas e equipamentos), matérias-primas (argila, caulim, feldspato e talco), insumos (fritas, corantes e esmaltes) e recursos (água e energia) necessários para a conformação das placas cerâmicas (SEBRAE, 2012; BNDES, 2013).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A realização desta pesquisa foi dívida em três fases: revisão da literatura, estudo qualitativo e divulgação dos resultados.

A primeira fase envolveu uma revisão bibliográfica que teve o objetivo de estabelecer um modelo teórico para a identificação dos principais elementos relacionados a análise da implantação da ecoinovação nos fabricantes de cerâmica de revestimentos. Voss, Tsikriktsis e Frohlich (2002) apontam que a estruturação de um modelo teórico, permite que o (a) pesquisador (a) tenha uma clara visão dos elementos pesquisados (ex.: constructos e variáveis).

A segunda fase contemplou um estudo qualitativo focado na análise da implantação da ecoinovação em empresas focais pertencentes a cadeia produtiva de revestimentos cerâmicos, especificamente, no *design* de produto, processo de manufatura e métodos de gestão organizacional.

Inicialmente, uma unidade de análise (Org_A) foi selecionada para a realização de um teste piloto, tanto do instrumento de pesquisa (vide apêndice C), como da forma de análise dos dados. Tal iniciativa, possibilita aos pesquisadores refinar o instrumento de pesquisa; aprimorar a forma de análise dos dados; verificar a aderência das informações coletadas aos objetivos de pesquisa; aprimorar os critérios para a seleção das unidades de análise a serem visitadas; e, finalmente, prover uma base de conhecimento para a abordagem assertiva do conjunto de unidades de análise estudadas (STUART et al., 2002; VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002; YIN, 2005; MIGUEL, 2007).

Foram estabelecidos critérios básicos para a seleção das unidades de análise. Para esta pesquisa foram selecionadas unidades de análise com as competências necessárias para produzir placas cerâmicas dentro dos parâmetros (técnicos e de qualidade) estabelecidos pela organização certificadora, o Centro cerâmico brasileiro (CCB). Outro fator considerado levou em conta que as unidades de análise fossem associadas a pelo menos uma associação do setor de cerâmica de revestimentos (ex.: ANFACER, ASPACER, SINDICERAM).

Optou-se pela aplicação de múltiplos estudos de caso, que possibilitam a comparação de informações entre diversas unidades de análise, com as consequências de, enriquecer a validade externa da pesquisa e reduzir a possibilidade de tendência de interpretação do (a) pesquisador (a) (STUART et al., 2002; VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002). Outro importante fator, para a escolha da aplicação da pesquisa em múltiplos estudos de caso é que tal tática melhora a acurácia e a confiabilidade da pesquisa realizada (EISENHARDT, 1989; VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002).

Esta pesquisa apresenta a análise das informações coletadas em 14 organizações (produtores cerâmicos) através de entrevistas semi-estruturadas. Vide no quadro 3 as características das 11 organizações analisadas no *cluster* de Santa Gertrudes, das 3 organizações analisadas no *cluster* de Criciúma e dos 22 entrevistados responsáveis pelas questões ambientais nas organizações. As identificações das organizações analisadas e dos especialistas entrevistados não são divulgadas devido ao pedido formal dos gestores das respectivas empresas.

Quadro 3 - Organizações analisadas e especialistas entrevistados (as)

Cluster	**Código da organização**	**Método de produção**	**Código do (a) entrevistado (a)**	**Cargo**	**Tempo de empresa (anos)**
Santa Gertrudes	Org_A	Via úmida	Org_A1	Gerente de qualidade	13
			Org_A2	Gerente de projetos	6
			Org_A3	Diretor de pesquisa e desenvolvimento	20
	Org_B	Via úmida e via seca	Org_B1	Líder de logística	4
	Org_C	Via seca	Org_C1	Técnico de segurança do trabalho	5
	Org_D	Via seca	Org_D1	Técnico de segurança do trabalho	7
	Org_E	Via seca	Org_E1	Técnico de segurança do trabalho	2
	Org_F	Via seca	Org_F1	Técnico de segurança do trabalho	6
			Org_F2	Coordenador qualidade	15
	Org_G	Via úmida	Org_G1	Coordenador de planejamento	41
			Org_G2	Analista de planejamento	10
	Org_H	Via seca	Org_H1	Assistente ambiental	10
	Org_I	Via seca	Org_I1	Assistente ambiental	10
	Org_J	Via seca	Org_J1	Gerente de qualidade	4
	Org_K	Via seca	Org_K1	Líder de obras	13
Criciúma	Org_L	Via úmida	Org_L1	Gerente de saúde, segurança e meio ambiente	30
			Org_L2	Assistente ambiental	5
			Org_L3	Diretor Industrial	30
			Org_L4	Diretor de vendas	20
			Org_L5	Diretor de desenvolvimento	25
	Org_M	Via úmida	Org_M1	Presidente	20
	Og_N	Via úmida e via seca	Org_N1	Supervisor de Meio Ambiente	10

Fonte: Autor

Alguns entrevistados são responsáveis por mais de uma unidade industrial, podem ser destacados: Org_K1 (2 unidades); Org_L1, Org_L2 e Org_L3 (3 unidades); Org_M1 (2 unidades); e, Org_N1 (5 unidades).

Cada unidade de análise selecionada, recebeu previamente a primeira visita, uma carta convite com a explicação dos detalhes da pesquisa. Esta atitude possibilita preparar os entrevistados para o conjunto de questionamentos realizados (VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002). As visitas às unidades de análise foram realizadas por dois pesquisadores, tal fato, é um fator que enriquece o potencial criativo da pesquisa, pois traz a possibilidade da análise de diversas perspectivas acerca do tema pesquisado (EISENHARDT, 1989; VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002).

Também foi realizada a busca de informações com 8 especialistas que representam organizações relacionadas ao setor cerâmico: UFScar (2); ASPACER (2); CCB (1); CETESB (2); e, fornecedor de esmaltes (1). As entrevistas foram abertas e pautadas no tópico das soluções com benefícios ambientais implantadas nos produtores de cerâmica de revestimentos.

Com base nas sugestões estabelecidas em pesquisas preexistentes, os dados foram coletados a partir de múltiplas fontes de evidência (ex.: entrevistas, conversas informais, *website das empresas*, documentos, observações diretas e participação em eventos do setor), com a posterior triangulação dos dados para a tabulação, combinação e análise dos resultados obtidos (EISENHARDT, 1989; VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002; YIN, 2005; MIGUEL, 2007). A prática da triangulação, é um importante elemento para fortalecer a validade interna da pesquisa (STUART et al., 2002; VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002).

As duas fases descritas anteriormente são independentes e intercambiáveis em termos de execução e complementares para a construção da terceira e última fase que é a divulgação dos resultados, comparação de tais resultados com a literatura preexistente, contribuições para a pesquisa acadêmica, implicações para a gestão de unidades de negócio, limitações do estudo e sugestão de lacunas para futuras pesquisas.

3.1 CONSTRUÇÃO DO INSTRUMENTO DE PESQUISA

De acordo com Eisenhardt (1989) o estabelecimento de uma diretriz para a análise dos dados permite que o pesquisador conheça as especificidades de cada unidade de análise, sendo que tal fato facilita a posterior comparação dos dados.

Para cada prática identificada foram levantadas e analisadas informações relacionadas ao ano de implantação, indicadores utilizados para mensuração, consequências de implantação e regulamentações públicas relacionadas.

Os quadros 4, 5 e 6, apresentam a base conceitual utilizada para a construção do instrumento de pesquisa, relacionados respectivamente a ecoinovação de processo, ecoinovação de produto e ecoinovação organizacional.

Quadro 4 - Base conceitual utilizada no instrumento de pesquisa para as práticas de ecoinovação de processo (continua)

***Ecoeficiência*:** maximização do valor econômico gerado (unidades monetárias ou unidades produzidas) atrelada ao simultâneo decréscimo da quantidade do impacto ambiental gerado, em termos de redução do consumo de recursos (água, energia e materiais) e minimização dos poluentes emitidos e resíduos gerados.	
Informação analisada	Autores (as)
Práticas implementadas na organização, cujos objetivos ou consequências estão relacionados a melhoria da ecoeficiência dos processos de produção.	Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Jabbour et al. (2013); Ravi (2015)
***Produção mais limpa*:** estratégia baseada na perspectiva do desenvolvimento sustentável, ou seja, foco na prevenção da geração de resíduos e emissão de poluentes direto na fonte, ao invés de remediá-los após a geração. Também contempla iniciativas de racionalização do uso de recursos.	
Informação analisada	Autores (as)
Tecnologias mais limpas, implementadas na organização para a prevenção da poluição direto na fonte (ex.: geração de resíduos e emissão de poluentes).	Yüksel (2008); Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Zeng et al. (2010); Almeida e Nunes (2014)
Instruções, iniciativas e diretrizes implementadas na produção, com os objetivos de prevenir a poluição direto na fonte (geração de resíduos e emissão de poluentes). Exemplos: recomposição do arranjo físico (*layout*) da fábrica e integração dos fatores ambientais nas atividades de planejamento e controle da produção.	Yüksel (2008); Zeng et al. (2010); Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010)
Práticas implementadas, cujos objetivos ou consequências estão relacionados ao uso de recursos renováveis nos processos de produção.	Yüksel (2008); Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010)

Fonte: Autor

Quadro 4 - Base conceitual utilizada no instrumento de pesquisa para as práticas de ecoinovação de processo (continuação)

***Tecnologias fim de tubo*:** tecnologias aplicadas no controle e remediação da poluição gerada pelos processos de produção, após a respectiva geração	
Informação analisada	Autores (as)
Tecnologias fim de tubo implementadas na organização com os objetivos de controlar ou remediar a poluição gerada pelos processos de produção.	Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Jabbour et al. (2013)
6R's • **Reduzir –** foco na redução do uso de energia, água e materiais no processo de manufatura e na mitigação das emissões e resíduos gerados durante a etapa de utilização de um produto; • **Recuperar -** consiste no processo de recolha de produtos no final da fase de utilização, para posterior, desmontagem, triagem, limpeza e destinação para as atividades de reuso ou reciclagem ou remanufatura; • **Reuso -** consiste no reaproveitamento de um produto ou seus componentes, após a finalização do seu primeiro ciclo de vida, com o objetivo de diminuir a quantidade de matéria-prima virgem necessária para a produção de um novo produto; • **Reciclar -** processo de conversão de um material em fim de vida útil (com potencial de ser classificado como resíduo e consequentemente destinado a um aterro) em um novo material a ser utilizado para a produção de um novo produto; • **Remanufaturar -** reprocessamento de produtos previamente utilizados (danificados ou descartados) para restaurá-los as especificações originais ou a um novo produto com especificações similares e constituído pela máxima quantidade possível de componentes originais e com a mínima perda de funcionalidades; • ***Redesign* -** engloba o ato de redesenhar a próxima geração de produtos, os quais, podem ser constituídos de componentes, materiais residuais e recursos recuperados de uma linha de produtos preexistente.	
Informação analisada	Autores (as)
Práticas implementadas na organização para a recuperação (ex.: recolha ou coleta) dos produtos e respectivos componentes destinados as atividades de reciclagem ou remanufatura ou reuso.	Yüksel (2008); Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010)
Práticas implementadas na organização para a reciclagem de resíduos sólidos. Práticas implementadas na organização para o incentivo da participação do usuário final em programas de reciclagem.	Yüksel (2008); Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Almeida e Nunes (2014)

Fonte: Autor

Quadro 4 - Base conceitual utilizada no instrumento de pesquisa para as práticas de ecoinovação de processo (conclusão)

6R's • **Reduzir –** foco na redução do uso de energia, água e materiais no processo de manufatura e na mitigação das emissões e resíduos gerados durante a etapa de utilização de um produto; • **Recuperar -** consiste no processo de recolha de produtos no final da fase de utilização, para posterior, desmontagem, triagem, limpeza e destinação para as atividades de reuso ou reciclagem ou remanufatura; • **Reuso -** consiste no reaproveitamento de um produto ou seus componentes, após a finalização do seu primeiro ciclo de vida, com o objetivo de diminuir a quantidade de matéria-prima virgem necessária para a produção de um novo produto; • **Reciclar -** processo de conversão de um material em fim de vida útil (com potencial de ser classificado como resíduo e consequentemente destinado a um aterro) em um novo material a ser utilizado para a produção de um novo produto; • **Remanufaturar -** reprocessamento de produtos previamente utilizados (danificados ou descartados) para restaurá-los as especificações originais ou a um novo produto com especificações similares e constituído pela máxima quantidade possível de componentes originais e com a mínima perda de funcionalidades; • ***Redesign* -** engloba o ato de redesenhar a próxima geração de produtos, os quais, podem ser constituídos de componentes, materiais residuais e recursos recuperados de uma linha de produtos preexistente.	
Informação analisada	Autores (as)
Práticas implementadas na organização com foco na remanufatura dos produtos.	Yüksel (2008); Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010)
Práticas implementadas na organização para o reuso do produto ou seus componentes.	Yüksel (2008); Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Almeida e Nunes (2014)
Práticas implementadas na organização para a redução do consumo de recursos (energia, água e materiais) no processo de manufatura. Práticas implementadas na organização para a redução do desperdício de recursos (energia, água e materiais) no processo de manufatura.	Yüksel (2008); Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Almeida e Nunes (2014)

Fonte: Autor

Quadro 5 - Base conceitual utilizada no instrumento de pesquisa para as práticas de ecoinovação de produto (continua)

***Eco Design*:** integração sistemática dos aspectos ambientais dentro do *design* e desenvolvimento de um produto com o foco de reduzir os impactos ambientais adversos associados ao ciclo de vida do produto	
Informação analisada	Autores (as)
Impactos ambientais avaliados pela organização durante as fases de *design* ou *redesign* dos produtos. Exemplos: toxicidade, efeitos respiratórios, esgotamento da camada de ozônio, radiação ionizante, oxidação fotoquímica, ruído, acidificação, eutrofização, degradação do solo, poluição do ar, contaminação do solo, risco a vida humana, poluição hídrica, esgotamento de recursos finitos e mudança climática. Práticas ambientais implementadas pela organização para prevenir ou reduzir a incidência dos impactos ambientais avaliados.	Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Santolaria et al. (2011)
Alternativas de utilização de materiais reciclados para a produção dos produtos, analisadas pela organização, durante as fases de *design* ou *redesign* dos produtos. Práticas ambientais implantadas a partir da análise.	Yüksel (2008); Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Santolaria et al. (2011); Almeida e Nunes (2014)
Alternativas de reciclagem dos produtos e respectivos materiais no final de vida útil, analisadas pela organização, durante as fases de *design* ou *redesign* dos produtos. Práticas ambientais implantadas a partir da análise.	Yüksel (2008); Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Santolaria et al. (2011); Almeida e Nunes (2014)
Alternativas de reuso dos produtos e seus componentes/materiais, analisadas pela organização, durante as fases de *design* ou *redesign* dos produtos. Práticas ambientais implantadas a partir da análise.	Yüksel (2008); Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010)

Fonte: Autor

Quadro 5 - Base conceitual utilizada no instrumento de pesquisa para as práticas de ecoinovação de produto (continuação)

***Eco Design*:** integração sistemática dos aspectos ambientais dentro do *design* e desenvolvimento de um produto com o foco de reduzir os impactos ambientais adversos associados ao ciclo de vida do produto	
Informação analisada	Autores (as)
Alternativas de redução do consumo de energia, água e materiais necessários para a produção dos produtos, analisadas pela organização, durante as fases de *design* ou *redesign* dos produtos. Práticas ambientais implantadas a partir da análise.	Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Santolaria et al. (2011)
Substâncias ou materiais com potencial impacto ambiental, identificados nos produtos da organização, durante as fases de *design* ou *redesign* dos produtos. Alternativas de uso de materiais com mínimo impacto sobre o meio ambiente, analisadas pela organização, durante as fases de *design* ou *redesign* dos produtos. Práticas ambientais implantadas a partir da análise.	Yüksel (2008); Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Santolaria et al. (2011)
Alternativas de recuperação (ex.: recolha ou coleta) dos produtos ao final da vida útil, analisadas pela organização, durante as fases de *design* ou *redesign* dos produtos. Práticas ambientais implantadas a partir da análise.	Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Santolaria et al. (2011)
Alternativas de minimização do impacto ambiental causado pelo uso dos produtos (ex.: consumo de energia e geração de resíduos), analisadas pela organização, durante as fases de *design* ou *redesign* dos produtos. Práticas ambientais implantadas a partir da análise.	Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Santolaria et al. (2011)

Fonte: Autor

Quadro 5 - Base conceitual utilizada no instrumento de pesquisa para as práticas de ecoinovação de produto (continuação)

***Eco Design*:** integração sistemática dos aspectos ambientais dentro do *design* e desenvolvimento de um produto com o foco de reduzir os impactos ambientais adversos associados ao ciclo de vida do produto	
Informação analisada	Autores (as)
Alternativas de disposição dos produtos, analisadas pela organização, durante as fases de *design* ou *redesign* dos produtos. Práticas ambientais implantadas a partir da análise.	Yüksel (2008); Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Zeng et al. (2010); Santolaria et al. (2011)
***Avaliação do ciclo de vida*:** metodologia utilizada para quantificar e analisar os impactos ambientais que podem ser atribuídos a um produto ou serviço em cada etapa do seu respectivo ciclo de vida, ou seja, desde o *design* e desenvolvimento do produto, aquisição de matéria-prima, manufatura, distribuição, uso, manutenção, reuso, até as atividades de fim de vida útil	
Informação analisada	Autores (as)
Ferramentas, práticas ou métodos utilizados pela organização para identificar, quantificar e avaliar a intensidade dos impactos ambientais atrelados ao ciclo de vida dos produtos (ex.: insumos requeridos, energia demandada, resíduos e poluentes gerados). Indicadores utilizados pela organização para quantificar a intensidade dos impactos ambientais atrelados ao ciclo de vida dos produtos. Práticas ambientais mensuradas pela organização com o uso dos indicadores atrelados ao ciclo de vida do produto.	Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Lewandowska et al. (2013); Ravi (2015)
Categorias utilizadas pela organização para categorizar os impactos ambientais atrelados ao ciclo de vida dos produtos. Exemplos: toxicidade, efeitos respiratórios, esgotamento da camada de ozônio, radiação ionizante, oxidação fotoquímica, ruído, acidificação, eutrofização, degradação do solo, poluição do ar, contaminação do solo, risco a vida humana, poluição hídrica, esgotamento de recursos finitos e mudança climática. Práticas ambientais implementadas pela organização para prevenir ou reduzir a incidência dos impactos ambientais avaliados.	Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Lewandowska et al. (2013)

Fonte: Autor

Quadro 5 - Base conceitual utilizada no instrumento de pesquisa para as práticas de ecoinovação de produto (Conclusão)

***Gestão sustentável de materiais*:** organização que combina uma estratégia de sustentabilidade com o conhecimento das características dos materiais que utiliza	
Informação analisada	Autores (as)
Práticas ambientais focadas na redução dos impactos ambientais das embalagens implementadas na organização.	Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010)
Práticas ambientais focadas na utilização de embalagens reutilizáveis implementadas na organização.	Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010)
Práticas ambientais focadas na utilização de embalagens recicláveis implementadas na organização.	Yüksel (2008); Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010)
Práticas ambientais focadas na redução da utilização de embalagens nos produtos implementadas na organização.	Yüksel (2008); Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010)
***Programa de rotulagem ecológica*:** Programa que com base no atendimento a padrões de performance ambiental, vincula ao produto de uma empresa, um rótulo de certificação denominado Rótulo Ecológico (*Eco-label*) que assegura ao consumidor que o produto rotulado é compatível com os padrões de performance ambiental previamente estabelecidos no programa	
Informação analisada	Autores (as)
Produtos ou categorias de produtos da organização certificados com rótulo ecológico.	Bratt et al. (2011)
Objetivos ambientais definidos no programa de rotulagem implantado. Indicadores de desempenho ambiental, atrelados as fases do ciclo de vida do produto e utilizados pela organização para quantificar os objetivos ambientais estabelecidos no programa de rotulagem.	Bratt et al. (2011); Lewandowska et al. (2013)
Práticas ambientais implementadas para alcance dos objetivos ambientais definidos.	Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Bratt et al. (2011)

Fonte: Autor

Quadro 6 - Base conceitual utilizada no instrumento de pesquisa para as práticas de ecoinovação organizacional (continua)

Desenvolvimento de treinamentos ambientais	
Informação analisada	Autores (as)
Número de funcionários da organização treinados nas questões ambientais	Nguyeen e Hens (2015)
Tipo de informação que os empregados recebem durante os treinamentos aplicados. Práticas ambientais abordadas durante o treinamento.	
Modos de comunicação que cada funcionário da organização recebe informações referentes as questões ambientais. Exemplos: *workshops*, seminários, relatório ambiental corporativo, manual de procedimentos, durante avaliação de desempenho e treinamentos com membros da equipe. Práticas ambientais abordadas nas comunicações.	
Programa de compras com fornecedores locais *para a redução das emissões de poluentes relacionadas ao transporte.*	
Informação analisada	Autores (as)
Questões ambientais avaliadas pela organização durante a seleção de fornecedores.	Yüksel (2008)
Solicitação de que os fornecedores da organização tenham a certificação na norma ISO 14001.	Nguyeen e Hens (2015)
Implantação de estruturas organizacionais com foco ambiental	
Informação analisada	Autores (as)
Estruturas organizacionais com foco ambiental mantidas pela organização. Verificar: departamento de proteção e gestão ambiental, grupos de trabalho compostos por funcionários pertencentes a uma única área organizacional e grupos de trabalho compostos por funcionários pertencentes a diversas áreas organizacionais. Práticas ambientais implementadas pelas estruturas organizacionais mantidas.	Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Jabbour et al. (2013); Nguyeen e Hens (2015)

Fonte: Autor

Quadro 6 – Base conceitual utilizada no instrumento de pesquisa para as práticas de ecoinovação organizacional (continuação)

Sistema de gestão ambiental: meio para sistematicamente realizar a gestão das questões ambientais de uma organização, no que tange a mensuração, o reporte e as responsabilidades para lidar com o uso de recursos (materiais, energia e água) e os consequentes resíduos gerados e poluentes emitidos	
Informação analisada	Autores (as)
Nível de implantação do SGA adotado na organização. Verificar: implantado e certificado; implantado sem certificação; e implantação em andamento. Tipo de SGA implantado pela organização. Verificar: SGA baseado nos requisitos estabelecidos pela ISO 14000:2008; SGA baseado nos requisitos estabelecidos pela ISO 14000:2015; e SGA baseado nos requisitos estabelecidos pela organização. Mudanças realizadas na organização para implantar o SGA.	Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Lewandowska et al. (2013); Almeida e Nunes (2014); Nguyeen e Hens (2015)
Auditorias ambientais internas do SGA realizadas pela organização. Quantidade de auditorias ambientais internas realizadas na organização. Práticas ambientais realizadas para atender os requerimentos estabelecidos nas auditorias internas.	Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Almeida e nunes (2014); Nguyeen e Hens (2015)
Auditorias ambientais externas do SGA realizadas pela organização. Quantidade de auditorias ambientais externas realizadas na organização. Práticas ambientais implementadas para atender os requerimentos estabelecidos nas auditorias externas.	Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Almeida e nunes (2014); Nguyeen e Hens (2015)
Política ambiental (declaração ou documento) que define os objetivos gerais e metas mensuráveis relacionadas as questões ambientais. Práticas ambientais implementadas para atender os objetivos e metas estabelecidos.	Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Almeida e Nunes (2014); Nguyeen e Hens (2015)

Fonte: Autor

Quadro 6 – Base conceitual utilizada no instrumento de pesquisa para as práticas de ecoinovação organizacional (conclusão)

Sistema de gestão ambiental: meio para sistematicamente realizar a gestão das questões ambientais de uma organização, no que tange a mensuração, o reporte e as responsabilidades para lidar com o uso de recursos (materiais, energia e água) e os consequentes resíduos gerados e poluentes emitidos	
Informação analisada	Autores (as)
Áreas da organização onde a política ambiental é aplicada. Exemplos: gestão, manufatura, manutenção, engenharias, *design*, P&D, vendas, compras, segurança do trabalho, meio ambiente, etc.	Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Nguyeen e Hens (2015)
Sistema que permite aos funcionários a sugestão de melhorias nas questões ambientais da organização ou implementação de novas práticas ambientais. Melhorias ou novas práticas implementadas a partir das sugestões dos funcionários.	Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Nguyeen e Hens (2015)
Base de dados atualizada da legislação ambiental mantida pela organização. Nível de atendimentos a legislação ambiental. Práticas ambientais implementadas pela organização com o objetivo de satisfazer os requerimentos estabelecidos na gestão ambiental.	Fernández-Viné, Gómes Navarro e Capuz-Rizo (2010); Jabbour et al. (2013); Nguyeen e Hens (2015)

Fonte: Autor

3.2 ANÁLISE DE DADOS

Para Bardin (2011) a análise de conteúdo consiste em um grupo de técnicas para análise de comunicação, focadas no desenvolvimento de procedimentos sistemáticos para descrever o conteúdo de mensagens. A interpretação destas mensagens (verbais ou textuais) permitem a inferência de conhecimentos relativos às diversas variáveis envolvidas no conteúdo estudado (BARDIN, 2011). Nesta dissertação os casos foram analisados com base na técnica da análise de conteúdo.

Inicialmente, foi realizada a preparação e organização das diversas informações que foram analisadas nesta pesquisa. Isto incluiu a transcrição das entrevistas, a organização da documentação coletada em uma unidade de armazenamento *online* (nuvem) e o registro em editor de texto das observações coletadas nas conversas informais, nos *websites das empresas*, nas observações diretas e na participação em eventos do setor. Esta iniciativa facilitou o processo de consulta e seleção das informações necessárias para a redação da descrição e análise dos resultados deste estudo.

Com a utilização de um editor de textos, informações foram selecionadas e utilizadas para realizar a descrição inicial das práticas de ecoinovação identificadas nos produtores dos *clusters* cerâmicos analisados.

Um editor de planilhas foi utilizado para agrupar cada prática de ecoinovação identificada em somente uma categoria de análise. Nesta dissertação foram consideradas três categorias de análise, ecoinovação de processo, ecoinovação de produto e ecoinovação organizacional.

O editor de planilhas também foi empregado para realizar o cruzamento de cada prática de ecoinovação com o conjunto das principais informações selecionadas para o desenvolvimento desta análise, cinco planilhas foram delineadas: práticas versus produtor cerâmico; práticas versus mudanças radical ou incremental; práticas versus consequências da implantação; práticas versus métricas de desempenho ambiental; e, práticas versus ano de implantação. Diagramas do tipo mapa mental (Figuras 8, 9 e 10) foram utilizados para determinar o foco de benefício ambiental que os produtores cerâmicos buscaram atingir com a implantação da cada prática de ecoinovação. A interpretação destas informações consolidadas em planilhas e diagramas, foi importante para: descrever as especificidades das ecoinovações implantadas em cada produtor cerâmico analisado; e, realizar a análise comparativa das similaridades e diferenças existentes entre os produtores cerâmicos.

Uma sexta planilha (práticas empíricas versus práticas conceituais) foi delineada para realizar o cruzamento de cada prática de ecoinovação levantada empiricamente nos *clusters* cerâmicos com as práticas conceituais de ecoinovação apresentadas na literatura. Isto permitiu a identificação das práticas conceituais que se aderem ao contexto da indústria brasileira de revestimentos cerâmicos.

Posteriormente, foram consultados e analisados diversos artigos pautados na análise das práticas ambientais implantadas principalmente nas indústrias de revestimentos de revestimentos cerâmicos. O objetivo foi delinear um comparativo das similaridades e das diferenças dos resultados das ecoinovações identificadas nesta pesquisa com os resultados das ecoinovações apresentadas em pesquisas previamente publicadas.

Deste modo, a análise de conteúdo descrita, permitiu o delineamento e apresentação dos resultados desta dissertação que contemplam o panorama da ecoinovação nos *clusters* cerâmicos de Santa Gertrudes e Criciúma.

4 DESCRIÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esta seção descreve o processo de produção das placas cerâmicas, apresenta o mapeamento das práticas e métricas de ecoinovação de produto, processo e organizacional identificadas nas organizações analisadas e aborda os possíveis efeitos de cada inovação sobre a prevenção ou mitigação da emissão dos poluentes atmosféricos e geração de efluentes líquidos industriais e resíduos sólidos associados a manufatura das placas cerâmicas. Importante salientar que as práticas descritas são consideradas ecoinovações, especificamente, dentro do âmbito dos produtores cerâmicos brasileiros.

4.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO DAS PLACAS DE REVESTIMENTO CERÂMICO

A cadeia de produção das placas cerâmicas começa pela extração de matéria-prima pela indústria de mineração. O transporte das argilas da mineradora para o processamento nas unidades fabris é geralmente realizado por caminhões.

O beneficiamento da argila ou preparação da massa cerâmica é composto pelas etapas produtivas de armazenamento, dosagem das matérias-primas, moagem e silagem.

Após serem recebidas na unidade fabril, as matérias-primas ficam armazenadas em galpões próximos ao setor de moagem para atender as necessidades de produção.

O processo de moagem transforma as matérias-primas na massa cerâmica com a granulometria adequada para ser utilizada nas demais etapas do processo de produção. Existem dois processos distintos para a produção das placas cerâmicas que são a moagem da matéria-prima por via úmida e a moagem de matéria-prima por via seca. A distinção entre estes dois processos está relacionada às diferenças na composição das massas cerâmicas utilizadas, nos teores de umidade necessários para as etapas de conformação do produto acabado e nas operações realizadas para a obtenção do fracionamento granulométrico adequado das matérias-primas. No processo de via seca, uma mistura de argilas é transferida por pá carregadeira para as caixas de alimentação dos moinhos de martelo e pendulares onde é moída a seco. Posteriormente, a massa cerâmica (pó granulado) gerada passa por processos de umidificação e granulação para refinamento das condições necessárias para ser conformada na etapa de prensagem. Na via úmida, as argilas e os minerais (feldspatos, filito, talco, calcário e caulim) são conduzidos por pá carregadeira para o caixão alimentador dos moinhos rotativos de bolas onde é moída e misturada com água formando uma “solução” de argila chamada de barbotina que é transferida para um equipamento de secagem denominado atomizador que realiza um

processo de eliminação de água e formação de grânulos esféricos que caracterizam a massa cerâmica (pó atomizado) a ser prensada.

Equipamentos de transporte como esteiras e elevador de caneca podem ser utilizados para distintas atividades de transporte no processo produtivo, como por exemplo, transportar a massa cerâmica da etapa de moagem para os silos de armazenamento e transportar a massa cerâmica da saída dos silos para a etapa de prensagem.

O processamento das placas cerâmicas contempla as etapas produtivas de prensagem, secagem, esmaltação e decoração, queima, classificação, embalagem e expedição.

Na etapa de prensagem a massa cerâmica é comprimida mecanicamente em prensas hidráulicas onde é conformada e transformada em placas cerâmicas.

Após a etapa de prensagem as placas cerâmicas são encaminhadas para a etapa de secagem onde secadores são utilizados para a redução do teor de umidade a níveis que permitam o desenvolvimento correto das etapas de esmaltação e queima.

As placas cerâmicas são movimentadas por correias transportadoras para a etapa de esmaltação e decoração. Nesta etapa, uma ou mais camadas de esmaltes são pulverizadas sobre as superfícies secas das placas cerâmicas para a atribuição de características específicas do produto acabado relacionadas a qualidade, acabamento, estética e resistência mecânica. Após a aplicação das camadas de esmalte, as placas cerâmicas passam por máquinas serigráficas ou por máquinas de impressão por alta definição onde os padrões de decoração são atribuídos.

Após a etapa de esmaltação, as placas cerâmicas seguem para a queima para a obtenção do produto acabado. Esta etapa engloba uma pré secagem que elimina o teor de umidade adquirido durante o processo de esmaltagem e ciclos térmicos em fornos monoqueima.

Na etapa de classificação e embalagem, as placas cerâmicas são classificadas de acordo com padrões pré-estabelecidos em normas técnicas, acomodadas dentro de embalagens de papelão e empilhadas sobre *pallets*. Para fins de preservar e garantir a segurança dos produtos, a carga empilhada sobre o *pallet* é revestida com filme plástico e transferida para a área de estocagem onde fica temporariamente até ser vendida e entregue por via rodoviária ao consumidor.

Também podem ser destacados os processos de suporte as atividades de produção, como por exemplo, os testes de qualidade e características técnicas realizados no laboratório, o desenvolvimento da composição química da massa cerâmica e as atividades administrativas.

4.1.1 Principais poluentes atmosféricos, efluentes industrias e resíduos sólidos associados à produção de placas cerâmicas

Nas atividades de manufatura, os efluentes líquidos industriais são gerados na limpeza dos equipamentos e pisos da linha de produção e podem conter diversos contaminantes oriundos da utilização de esmaltes, resinas e argilas, como por exemplo, sulfatos, fosfatos, ácido silícico, cálcio, magnésio, boro, zinco, chumbo, cádmio, cromo, cobre, níquel e cobalto. De fato, os resíduos de esmalte gerados na etapa produtiva de esmaltação e decoração tem uma importante contribuição para a concentração de metais nos efluentes líquidos industriais. Pode ser destacada ainda a lavagem dos resíduos presentes nos cilindros onde os esmaltes são preparados. Nestes cilindros são colocados e agitados, por volta de dez horas, material sólido, esmalte, água e pedras abrasivas para a produção do esmalte final que será aplicado sobre as placas cerâmicas. Outro aspecto da esmaltação é a aplicação do esmalte por campana para garantir que a superfície de cada placa cerâmica tenha a mesma quantidade de esmalte dosado. Nesta atividade existe a possibilidade de respingos de esmalte sobre o chão da fábrica, deste modo, a lavagem do local também gera efluentes com concentração de metais. De acordo com dados fornecidos pelos entrevistados da CETESB a média estimada de efluente líquido industrial gerado no *cluster* de Santa Gertrudes é 0,98 m³ a cada 1000 m² de placa cerâmica produzida. O lançamento do efluente líquido sem tratamento adequado na rede fluvial, pode levar ao problema ambiental de assoreamento do corpo d'agua que ocorre como consequência de alterações nas suas características químicas naturais (ex.: ocorrência de sedimentos) (CETESB, 2008).

Os resíduos sólidos da produção das placas cerâmicas tem características diversas e são gerados em várias etapas produtivas, podem ser destacados: os lodos (também chamado tortas), a cal fluorada, os cacos cerâmicos e os resíduos de materiais. Os lodos são gerados no processo de decantação realizado para tratar os efluentes líquidos industriais citados anteriormente. A cal fluorada é gerada a partir do sistema de controle e mitigação da emissão do poluente fluoreto. Os cacos de cerâmica não queimados, são aqueles oriundos da quebra de placas desde a etapa produtiva da prensagem até o início da etapa produtiva da queima. Já os cacos de cerâmicas queimados são os originados pela quebra de pisos após o processo da queima. Finalmente, os resíduos de materiais (papelão, plástico e *pallets*) são aqueles utilizados nas etapas produtivas de embalagem, classificação e estocagem do produto acabado. De acordo com os dados fornecidos pelos especialistas da CETESB as médias estimadas de resíduos sólidos gerados no *cluster* de Santa Gertrudes são: lodo 43,6 kg/1000 m² de placa cerâmica produzida, caco não

queimado 490 kg/1000 m² de placa cerâmica produzida, caco queimado 576 kg/1000 m² de placa cerâmica produzida e cal fluorada 5,0 kg resíduo/1000 m² placa cerâmica produzida. A disposição inadequada dos resíduos sólidos tem o potencial de contaminar os solos e águas subterrâneas, especialmente se estiverem impregnados com produtos químicos tóxicos.

No caso da cerâmica de revestimentos, os principais problemas de emissões atmosféricas estão atrelados à emissão de material particulado e a emissão do gás fluoreto. Os processos de manufatura e as atividades de transporte rodoviário para o fornecimento de matéria-prima são os principais geradores dos problemas ambientais que afetam a qualidade do ar nas regiões dos *clusters* pesquisados. Segundo material da Cetesb (2015) a concentração média anual de poluentes atmosféricos registrada na região do *cluster* de Santa Gertrudes é significativamente elevada e ultrapassa o padrão de concentração média anual (20 μg/m³) estabelecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

A emissão de material particulado está relacionada ao manuseio e processamento da argila e dos insumos necessários para a conformação das placas cerâmicas. Nestas atividades ocorre o desprendimento de particulados sólidos de argila que ao serem dispersos na atmosfera causam significativo impacto na qualidade do ar. Nas unidades fabris, a principal fonte de emissão de material particulado está na fase de beneficiamento de argila. Já no processamento das placas cerâmicas, a emissão se concentra na etapa de prensagem e, esporadicamente, pode ocorrer na quebra das placas cerâmicas. De maneira análoga, os resultados da avaliação dos impactos ambientais realizada por Ibáñez-Forés, Bovea e Azapagic (2013) em vinte produtores cerâmicos espanhóis, destacam que tanto a preparação como a prensagem da massa cerâmica apresentam altos índices de poluição por emissão de particulados sólidos.

Fora dos limites das unidades fabris, a emissão de material particulado está associada ao transporte de argila da mineradora para o processamento nas unidades fabris, pois na movimentação do volume de argila por via rodoviária ocorre o desprendimento de particulados de argila da estrutura de carga dos caminhões. Os especialistas da CETESB destacam o transporte de argila como a principal fonte de emissão de particulado do setor, vide que esta emissão é potencializada pelo intenso transito das entregas necessárias para atender as demandas do *cluster* de Santa Gertrudes e pela existência de vias não pavimentadas. Estes apontamentos reforçam o argumento de Almeida et al. (2016) de que as atividades de transporte de matéria-prima têm o potencial de acarretar significantes impactos ambientais. O quadro 7 apresenta as principais fontes de geração de material particulado e as associa aos processos da manufatura das placas cerâmicas.

Quadro 7 - Principais fontes de geração de material particulado por processo da manufatura das placas cerâmicas

Processo industrial	**Fonte de geração**	**Fonte**
Transporte e armazenamento das matérias-primas	• Trânsito dos veículos de transporte • Transporte inadequado da argila em caminhões sem lonas ou coberturas • Descarga de caminhões e movimentação da argila e de demais constituintes da massa cerâmica por pá carregadeira • Armazenamento da argila fora de silos ou galpões fechados • Ação dos ventos	CETESB (2008); FUNDACENTRO (2010)
Transporte e alimentação das matérias primas	• Trânsito dos veículos de transporte • Movimentação da argila e de demais constituintes da massa cerâmica por pá carregadeira e caminhões • Adição das matérias-primas nas caixas de alimentação dos moinhos • Ação dos ventos	
Preparação da massa cerâmica	• Processamento das matérias-primas nos moinhos e peneiras • Processamento de granulação da argila (via seca) e atomização da barbotina (via úmida) • Movimentação da argila e de demais constituintes da massa cerâmica por esteiras abertas • Derramamentos de argila e secagem dos derramamentos da barbotina (via úmida) • Limpeza inadequada das áreas e equipamentos • Coleta e retorno de resíduos do processo (caco queimado e caco não queimado) por intermédio de pá e carrinhos de mão • Ação dos ventos	
Prensagem	• Alimentação das tremonhas das prensas • Operação de prensagem • Resíduo sólido da prensagem da massa cerâmica • Resíduo sólido de caco não queimado (quebra das placas cerâmicas) • Coleta e armazenamento dos resíduos sólidos de massa cerâmica e quebra de pisos em caçambas abertas • Acúmulo de resíduos da massa cerâmica nos pisos • Limpeza incorreta das áreas fabris e equipamentos	
Linha de esmaltação	• Quebras das placas cerâmicas e a coleta dos resíduos • Acúmulo no piso de resíduos das operações de acabamento realizadas ao longo da linha • Limpeza inadequada das áreas e equipamentos	

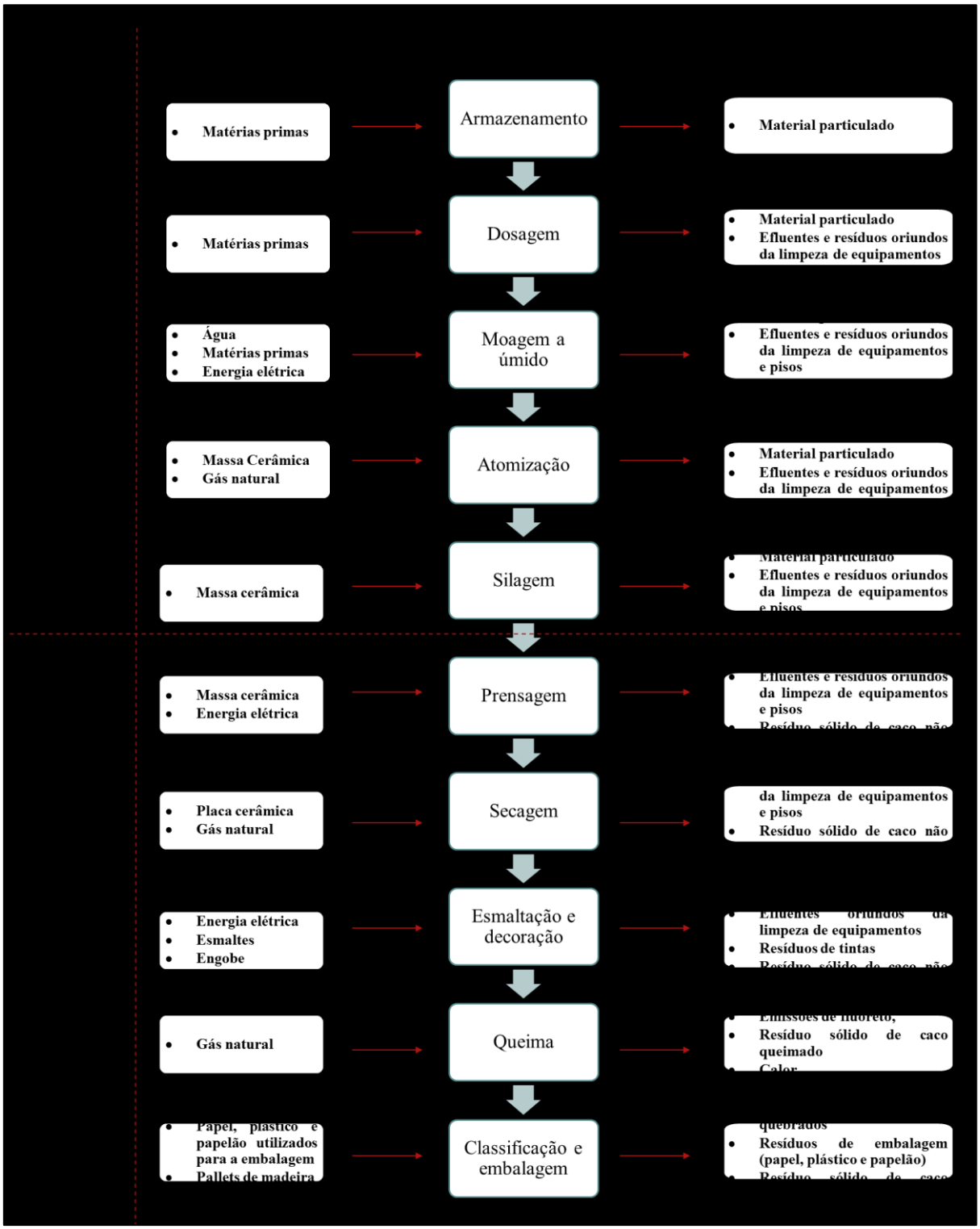
Fonte: Autor

A emissão gasosa do poluente fluoreto ocorre no processo cerâmico durante a etapa produtiva de queima, pois a argila utilizada contém flúor em sua composição e, quando esta substância é submetida à temperatura acima de 800°C ocorre a emissão gasosa do poluente fluoreto. Quando emitidos, os fluoretos podem provocar diversos impactos ambientais, como por exemplo, doenças respiratórias, corrosão de materiais, chuvas ácidas e efeitos fitotóxicos que podem influenciar a cadeia alimentar humana. Esta evidência vai ao encontro dos resultados de Ibáñez-Forés, Bovea e Azapagic (2013) que destacam as etapas produtivas de queima e secagem como cruciais para a geração de problemas ambientais. Segundo Bovea et al. (2010), a queima contribui para a geração de diversas categorias de impactos ambientais, como por exemplo, efeito estufa, esgotamento de recursos naturais, acidificação e eutrofização.

Com base nas informações expostas, nos dados fornecidos pelos entrevistados e nas observações realizadas em campo foi possível mapear, nas figuras 6 e 7, os principais impactos ambientais (recursos consumidos, poluentes emitidos, efluentes e resíduos gerados) dos processos atrelados a conformação das peças cerâmicas. De maneira geral os principais recursos consumidos são: energia elétrica, gás natural, argila, água de poço artesiano, esmaltes, fitas plásticas e papelão. Em relação as saídas dos processos produtivos podem ser destacados: os efluentes líquidos industriais; os poluentes atmosféricos (fluoreto e material particulado); e, os resíduos sólidos (restos de madeira, papelão, plástico, lodo, caco queimado e caco não queimado).

A figura 6 apresenta o mapeamento dos impactos ambientais do processo de fabricação por via úmida que é predominante no *cluster* de Criciúma e está em processo de expansão no *cluster* de Santa Gertrudes.

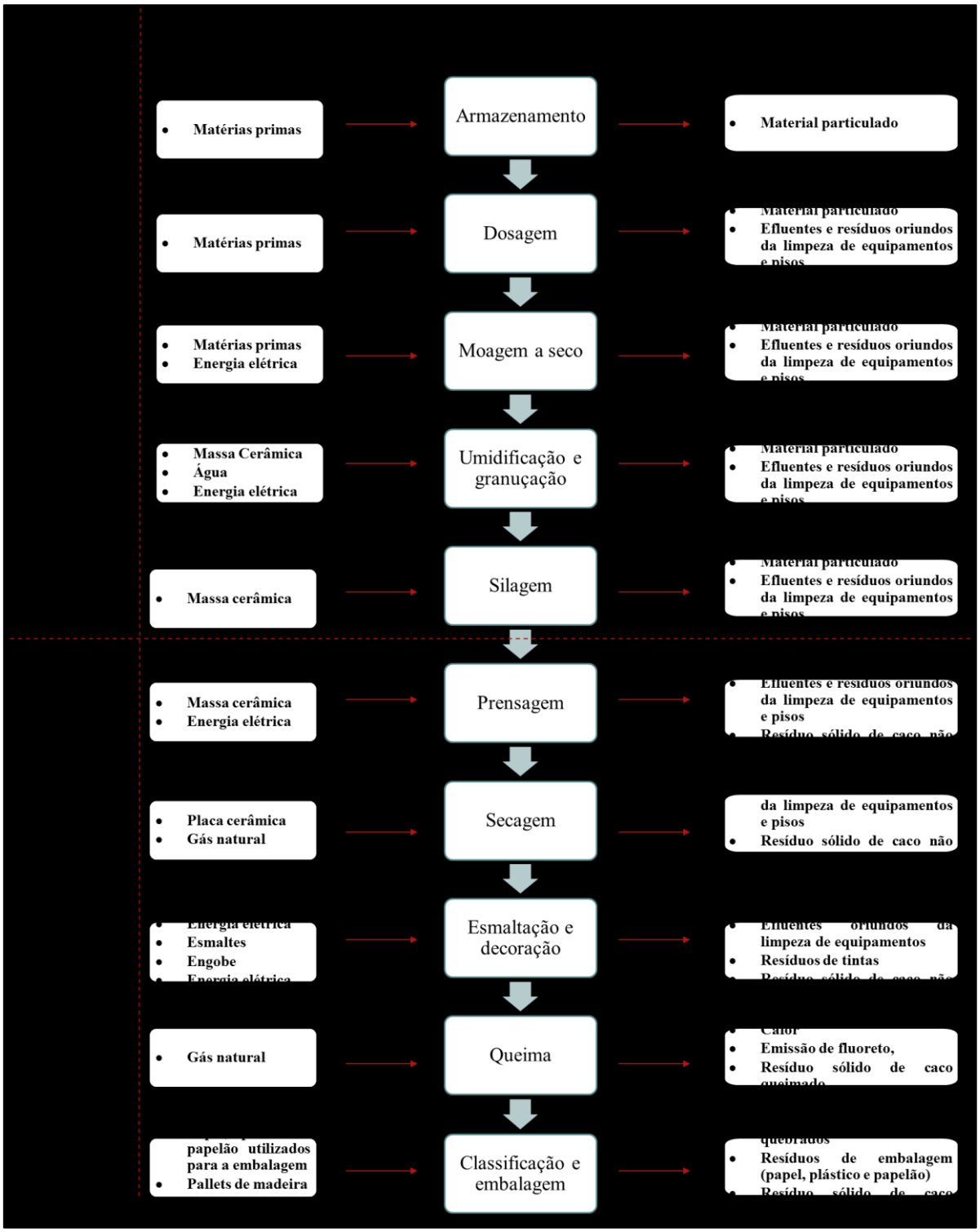
Figura 6 - Mapeamento dos impactos ambientais do processo de fabricação por via úmida



Fonte: autor "adaptado de'' CETESB, 2008, p.43

A figura 7 apresenta o mapeamento dos impactos ambientais do processo de fabricação por via seca predominante no *cluster* de Santa Gertrudes.

Figura 7 - Mapeamento dos impactos ambientais do processo de fabricação por via seca



Fonte: autor “adaptado de’’ CETESB, 2008, p.42

Quando comparado ao método de via seca (figura 7), o método de produção por via úmida (figura 6) tem maior impacto ambiental, isto decorre da maior quantidade de recursos, principalmente energia térmica e água, necessários para viabilizar as atividades de manufatura (MEZQUITA et al., 2017). Ainda de acordo com Mezquita et al. (2017) quando comparado ao

método de via úmida, a aplicação do método de produção por via seca pode viabilizar significantes reduções de impacto ambiental, podem ser destacadas: consumo de água (74%); consumo de energia térmica (78%); emissão de CO_2 (78%); e, consumo de energia elétrica (36%).

De maneira geral, o estudo de Almeida et al. (2016) relaciona os processos apresentados nas figuras 6 e 7 com a geração dos seguintes impactos ambientais: aquecimento global, emissão de material particulado, emissão de gases poluentes, uso de terra e esgotamento de água. Este mesmo estudo destaca que a análise dos impactos ambientais dos produtos cerâmicos é uma iniciativa crucial para melhorar a performance ambiental do setor.

4.2 PRÁTICAS DE ECOINOVAÇÃO DE PROCESSO

Esta seção descreve as práticas diretamente aplicadas nas atividades da manufatura e que são realizadas dentro dos limites dos produtores cerâmicos. Este levantamento contempla as iniciativas que melhoram a performance ambiental dos processos de produção em relação a: redução do consumo de recursos (materiais, água, energias e insumos); e, mitigação ou prevenção dos impactos ambientais associados aos efluentes líquidos, poluentes e resíduos sólidos gerados nas atividades de manufatura.

A recuperação da energia térmica residual gerada pelos gases que saem dos fornos monoqueima como alternativa de reuso no aquecimento dos equipamentos de secagem (aplicável a produção via seca ou via úmida) ou nos equipamentos de atomização (aplicável a produção via úmida) é atualmente implantada em todas as organizações consultadas nos *clusters* de Criciúma e Santa Gertrudes. Nesta prática, o ar quente que sai do sistema de resfriamento dos fornos é conduzido por tubulações instaladas até os equipamentos de secagem e de atomização onde a energia térmica residual é reaproveitada. Diferentemente dos estudos de, Almeida et al. (2016) e Ibáñez-Forés, Bovea e Azapagic (2013), que respectivamente abordam a possibilidade de aplicação destas iniciativas para reduzir os impactos ambientais de produtores portugueses e espanhóis, nos *clusters* brasileiros, o investimento neste tipo de ecoinovação é consolidado e tem sido intensificado nas últimas duas décadas. Esta instalação de tubulações para a reutilização dos gases industriais, viabiliza melhorias de ecoeficiência provenientes da redução do consumo de gás natural demandado para aquecer os equipamentos de secagem e atomização e da consequente queda na emissão do poluente fluoreto. Outro benefício associado é o decréscimo do custo mensal da compra de gás natural. O discurso do entrevistado da Org_A1 (Quadro 8), aponta que aplicação destas alternativas de ecoinovação

gera uma redução do consumo de energia no *cluster* de Santa Gertrudes. A economia de gás natural obtida pode variar entre os percentuais de 10% a 30%, estes dados são evidenciados também nas respostas dos entrevistados das Org_A1, Org_F1 e Org_G1 (Quadro 8). Vale ressaltar que a alternativa de reaproveitamento dos gases industriais nos queimadores da zona de pré-aquecimento dos fornos monoqueima, sugerida nos trabalhos de Ibáñez-Forés, Bovea e Azapagic (2013) e Almeida et al. (2016), não foi constatada nos *clusters* brasileiros.

Quadro 8 - Declarações dos entrevistados relacionadas ao reaproveitamento da energia térmica residual

Reaproveitamento da energia térmica resídual	
Org_A	[...] na região de Santa Gertrudes a principal fonte de redução de consumo de energia do segmento é a térmica oriunda do resfriamento do forno" [...]. (Org_A1)
Org_A	[...] a empresa reconhece a redução no consumo de gás natural numa estimativa de redução de 10% no volume em metro cúbico de gás natural demandado por tonelada produzida, quando comparado ao cenário preexistente sem reaproveitamento da energia térmica [...]. (Org_A1)
Org_F	[...] antes o consumo era de 1 m³ de gás natural por m² produzido, com a implantação do reaproveitamento o consumo de gás natural é de 0,83 m³ de gás natural por m² produzido, ou seja, uma redução aproximada de 30% no consumo de gás natural [...]. (Org_F1)
Org_G	[...] O percentual estimado da redução no consumo de gás natural é de 10% a 15% [...].(Org_G2)

Fonte: Autor

As declarações apresentadas no quadro 8 vão ao encontro da constatação apresentada nas pesquisas de Almeida et al. (2016) e Ibáñez-Forés, Bovea e Azapagic (2013) de que o impacto ambiental do processo de manufatura, principalmente dos processos de queima e secagem, pode ser reduzido com a reutilização da energia térmica residual.

A maioria das empresas do *cluster* de Santa Gertrudes utilizam algum tipo de tecnologia de fim de tubo para o controle e mitigação da emissão do poluente fluoreto gerado na etapa produtiva da queima. A principal ecoinovação utilizada no *cluster* de Santa Gertrudes desde o início dos anos 2000 é o sistema de filtro manga com aplicação de cal. Nesta tecnologia, os gases que saem do forno monoqueima percorrem uma tubulação até o filtro manga, dentro desta tubulação é realizada a adição de uma cal que reage com as partículas de fluoreto que se aderem a cal formando um resíduo sólido chamado cal fluorara, no filtro manga esta reação é acelerada. Ao chegar no filtro manga, a cal fluorada fica retida e é separada dos gases tratados que são encaminhados por tubulações até a saída da chaminé da unidade industrial. O resíduo de cal fluorada é retirado do filtro manga por ar comprimido e é acondicionado em bags. Outra alternativa utilizada desde 2000 na Org_D pertencente ao *cluster* de Santa Gertrudes é o lavador de gases. Este equipamento aplica uma cortina de água para remover o fluoreto dos gases

emitidos pelo forno. O fluxo de gases tratado é encaminhado por tubulações para emissão na chaminé das fábricas. Diferentemente do estudo de Bovea et al. (2010) que aborda a possibilidade de aplicação deste tipo de tecnologia para reduzir os impactos ambientais da indústria cerâmica da província espanhola de Castellón, nesta pesquisa foi possível verificar que somente no *cluster* de Santa Gertrudes a utilização de sistemas para o controle e mitigação da emissão de fluoreto é uma iniciativa consolidada. Isto decorre da necessidade de atendimento ao limite máximo de emissão (5 mg/Nm³ a 18% de O_2) fixado em regulamentação pública da CETESB (Portaria 11 da CETESB - DOE de 10/07/2003). A maioria das empresas do *cluster* de Santa Gertrudes reagiram a esta regulamentação e, somente a partir de 2003, realizaram a implantação destas alternativas de ecoinovação. Esta atitude reativa também é relacionada à incidência de elevados valores de investimento para instalação e dos custos de manutenção. Nas organizações visitadas no *cluster* de Criciúma estas ecoinovações não foram constatadas, tal fato pode ser decorrência da ausência da vigência de regulamentações públicas relacionadas à emissão de fluoretos.

Ambos os *clusters* de Santa Gertrudes e de Criciúma utilizam dois tipos de tecnologias de fim de tubo para controlar e mitigar a emissão de material particulado nas etapas de beneficiamento da argila e preparação da placa cerâmica. Uma alternativa é a instalação do lavador de gases para reter o material particulado emitido no equipamento de atomização, este equipamento aplica uma cortina de água para remover o material particulado do fluxo de gases emitidos pelo atomizador, o fluxo de gases tratado é encaminhado por tubulações para emissão na chaminé das empresas. Outra alternativa aplicada é o filtro manga como método de retenção do material particulado coletado pelo sistema de exaustão nas etapas produtivas de moagem, peneiramento, granulação, silagem, transporte de argila e prensagem. Nesta tecnologia, um sistema de ventilação exaustor coleta o material particulado emitido nas etapas produtivas e o encaminha para os filtros manga utilizados para reter o material particulado e garantir que o ar emitido na chaminé da fábrica atenda o limite de emissão de material particulado estabelecido na regulamentação pública. No *cluster* de Santa Gertrudes a implantação destas tecnologias está relacionada a adequação a exigências de regulamentações públicas, pode ser destacado o plano de redução de emissão de fontes estacionárias (PREFE) estabelecido pela CETESB que fixa o limite de emissão de material particulado em 30 mg/Nm³ na saída da chaminé. No *cluster* de Criciúma não existe uma regulamentação pública estabelecida, pois o estado de Santa Catarina não tem um parâmetro definido para a emissão de material particulado. Os padrões adotados são baseados nas regulamentações do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e do Instituto Ambiental do Paraná (IAP), mas os produtores cerâmicos não são cobrados por estes

parâmetros. Deste modo, as alternativas de ecoinovação citadas ajudam o *cluster* de Criciúma a antecipar-se às futuras legislações.

As evidências apresentadas, reforçam a constatação dos estudos de Almeida et al. (2016) e Ibáñez-Forés, Bovea e Azapagic (2013) de que a instalação de filtros manga pode levar a redução da emissão de material particulado e do gás poluente fluoreto nos produtores cerâmicos. Analogamente, o estudo de Breedveld et al. (2007), realizado na indústria cerâmica italiana, aponta o filtro manga como uma tecnologia ecoeficiente que pode gerar reduções significativas nas emissões de poluentes com um custo razoável de implantação. Por outro lado, Breedveld et al. (2007) destacam, o aumento no consumo de energia e o incremento nos custos de operação, como possíveis desvantagens da aplicação deste tipo de tecnologia de fim de tubo. A maioria dos especialistas dos *clusters* analisados, apontaram que a não instalação das tecnologias de mitigação de emissão de poluentes atmosféricos pode incorrer em sérios problemas com os órgãos regulamentadores, como por exemplo: elevadas multas; e, perda ou não obtenção da licença de operação. Assim sendo, a tomada de decisão sobre a aplicação deste tipo de ecoinovação exige dos gestores ambientais uma análise profunda do conjunto dos benefícios e desvantagens envolvidos.

De maneira similar aos produtores portugueses (ALMEIDA et al., 2016) e aos espanhóis do *cluster* de Valência (GABALDÓN-ESTEVAN; CRIADO; MONFORT, 2014), todas as organizações analisadas nos *clusters* de Santa Gertrudes e de Criciúma reaproveitam nos processos industriais o efluente líquido industrial tratado. Este reaproveitamento é uma consequência da instalação da estação de tratamento de efluentes líquidos industriais (ETE). Nesta ecoinovação, o efluente líquido industrial gerado principalmente na área de esmaltação, na área de preparação de esmaltes e na lavagem de pisos e equipamentos da linha de produção é conduzido por meio de tubulações para um tanque de tratamento. Neste tanque, um processo de decantação é aplicado para separar o resíduo sólido de lodo ou torta do efluente líquido industrial. Após o tratamento por decantação, o efluente líquido industrial tratado é por intermédio de tubulações transferido para um tanque pulmão onde fica armazenado e disponível para duas alternativas de ecoinovação de processo. A primeira é o reuso na umidificação da granulação, na fase de preparação da massa cerâmica e a segunda, na lavagem dos pisos e equipamentos da linha de produção. Estas ecoinovações são iniciativas de produção mais limpa que melhoram a ecoeficiência das organizações, pois reduzem o volume necessário de água extraída de poço artesiano para atender o consumo da linha de produção e previnem o descarte inadequado dos efluentes líquidos industriais nas redes fluviais. Outro benefício é a redução do custo de extração da água de poço artesiano. O entrevistado da Org_K1 (quadro 9), aponta que

a economia no consumo de água pode ser de aproximadamente 30%. A instalação da ETE é um requisito obrigatório exigido pelos órgãos públicos para autorização do funcionamento das unidades fabris. O argumento do entrevistado Org_K1 (quadro 9) destaca a licença de operação concedida pela CETESB no *cluster* de Santa Gertrudes e a entrevistada Org_L2 (quadro 9) aponta o atendimento a lei 14675 da Fundação do Meio Ambiente (FATMA) no *cluster* de Criciúma. O investimento nestas ecoinovações vem sendo consolidado nos *clusters* de Santa Gertrudes e Criciúma respectivamente, desde 1990 e 2000, para a atender as necessidades de racionalização do consumo da água proveniente de fonte externa, redução de custos operacionais e prevenção de impactos ambientais.

Quadro 9 - Declarações dos entrevistados sobre tratamento e reaproveitamento de efluentes líquidos industriais

Instalação de ETE e reaporoveitamento do efluente líquido industrial tratado	
Org_K	[...] sem a estação de tratamento o consumo de água extraída do poço artesiano teria um acréscimo de aproximadamente 30% [...]. (Org_K1)
Org_K	[...] a implantação é um condicionante para a obtenção da licença de operação estabelecida pela CETESB [...]. (Org_K1)
Org_L	[...] a implantação da ETE atende a legislação 357 do CONAMA e a 14675 da lei estadual da FATMA [...]. (Org_L2)

Fonte: Autor

As informações apresentadas reforçam o argumento de Almeida et al. (2016) de que o tratamento e o reuso do efluente líquido industrial resulta na redução do impacto ambiental denominado esgotamento do recurso natural água.

Os produtores dos *clusters* cerâmicos de Santa Gertrudes e Criciúma desenvolveram processos industriais para a dosagem dos resíduos sólidos da cal fluorada (gerada no filtro manga de mitigação da emissão de fluoreto) e do lodo (gerado na ETE) na composição da massa cerâmica conformada na moagem. Dois elementos do conceito dos 6R's, recuperar e reuso, podem ser aplicados no caso da cal fluorada, pois este resíduo sólido é recuperado (ou coletado) dos *bags,* onde normalmente fica armazenado, e é encaminhado para reuso na moagem. No caso do lodo ou torta, os elementos recuperar e reciclar do conceito dos 6R's são aplicáveis, pois o lodo que fica na parte inferior do tanque de tratamento da ETE é recuperado (ou coletado) por bombas e movimentado através de calhas para um filtro prensa onde é reciclado num tratamento de redução do teor de umidade e conformado no formato de uma placa que viabiliza a dosagem deste resíduo sólido na etapa de moagem. A evidência da reutilização do lodo no processamento da massa cerâmica nos produtores dos *clusters* brasileiros, contrapõe o

argumento do estudo de Wattanasiriwech, Saiton e Wattanasiriwech (2009) realizado na indústria tailandesa, de que o resíduo de lodo é extremante impuro para ser utilizado na produção de novas peças cerâmicas, sendo normalmente enviado para aterros. A implantação destas ecoinovações nos produtores cerâmicos vem sendo disseminada nas duas últimas décadas e garante que os resíduos tenham uma destinação adequada, evitando, assim, a destinação para aterros e permitindo a queda do custo de destinação com empresas terceirizadas.

Um foco das organizações dos *clusters* de Santa Gertrudes e Criciúma é mitigar os prejuízos dos desperdícios de matérias-primas gerados nos processos de produção. Podem ser destacadas as perdas de matérias-primas relacionadas ao material particulado retido nos filtros manga e a formação dos cacos não queimados ao longo do processamento cerâmico. Estes resíduos sólidos são uma mistura de matérias-primas que ainda não passaram pela queima e, em ambos os *clusters,* são largamente reaproveitados na composição da massa cerâmica. Dois elementos do conceito dos 6R's, recuperar e reuso, podem ser aplicados a este tipo de ecoinovação, vide que estes resíduos sólidos (material particulado e caco não queimado) são recuperados (ou coletados) ao longo da linha de produção e encaminhados para reuso na etapa de moagem. A incidência destas ecoinovações reforçam o argumento de Penteado, Carvalho e Lintz (2016) de que os resíduos gerados antes das etapas de queima e esmaltação usualmente consistem na mistura de sobras de argila e cacos não queimados que podem ser reutilizados no processo de produção. Outro alvo de mitigação dos desperdícios de matérias-primas na manufatura é o caco queimado gerado pela quebra das placas cerâmicas após o processo da queima. Neste caso, os elementos de recuperação e reciclagem do conceito dos 6R's são aplicáveis, pois o caco não queimado é recuperado (ou coletado) e encaminhado para um processo de reciclagem onde é britado ou moído e preparado para dosagem na etapa produtiva da moagem. A evidência deste tipo de ecoinovação, contrapõe o apontamento de Penteado, Carvalho e Lintz (2016) de que os resíduos gerados após as etapas de queima e esmaltagem são normalmente dispostos porque contém significativas quantidades de impurezas que não permitem o reuso no processo produtivo. Os retornos destes resíduos (material particulado, caco não queimado e caco queimado) para uso na etapa de moagem podem levar ao decréscimo do consumo de matérias-primas para a conformação da massa cerâmica. Isso decorre do argumento do Org_I1 de que o reaproveitamento de material particulado é essencial para evitar perdas elevadas de matéria-prima (quadro 10), da afirmação do entrevistado Org_G2 de que o caco queimado pode em uma linha específica de produtos constituir até 65% das matérias-primas utilizadas (quadro 10) e da declaração da entrevistada Org_L1 de que o reaproveitamento do caco não queimado leva a redução do consumo de matéria-prima virgem (quadro 10).

Quadro 10 - Declarações dos entrevistados sobre o reaproveitamento dos resíduos de matérias-primas provenientes de produtos previamente manufaturados

Reaproveitamento dos resíduos de matérias-primas provenientes de produtos previamente manufaturados	
Org_G	[...] o caco queimado da produção anterior ou da primeira produção da linha convencional, que não é de material reciclado, compõe o percentual de 65% da composição do produto composto de material reciclado [...]. (Org_G2)
Org_I	[...] sem o reaproveitamento do material particulado, a perda de matéria-prima seria muito maior [...]. (Org_I1)
Org_L	[...] este reaproveitamento do caco não queimado leva a redução do desperdício de matéria-prima e no consumo de matéria-prima virgem [...]. (Org_L2)

Fonte: Autor

Outra alternativa de ecoinovação utilizada por poucos produtores dos *clusters* de Santa Gertrudes e Criciúma para lidar com os resíduos sólidos de caco queimado é relacionada aos elementos de recuperação e remanufatura do conceito dos 6R's, pois, o caco queimado pode ser coletado ao longo da linha de produção e remanufaturado em operações de retífica para a obtenção de produtos como pastilhas de revestimentos e rodapés.

De modo geral, estas são alternativas de ecoinovação para o reaproveitamento dos resíduos sólidos de produtos manufaturados na produção de novos produtos que: previnem a destinação inadequada; evitam a incidência de custos de destinação externa; decrescem a área quadrada necessária para o armazenamento dos resíduos dentro das unidades fabris; e, reduzem os custos de armazenagem. A evidência da implantação destas ecoinovações vai ao encontro da constatação registrada no estudo de Penteado, Carvalho e Lintz (2016) de que para atender os requisitos da política nacional de resíduos sólidos, promulgada em 2010, os produtores brasileiros tendem a desenvolver pesquisas para encontrar alternativas de reaproveitamento dos resíduos sólidos cerâmicos na produção de novas peças cerâmicas.

A instalação do sistema de impressão HD, que tem a capacidade de conferir alta definição de imagem e textura ao *design* das placas cerâmicas, foi verificado na maior parte das organizações pesquisadas nos *clusters* de Criciúma e Santa Gertrudes. Nesta tecnologia limpa, as placas cerâmicas são conduzidas por roletes ou esteiras transportadoras e passam sob uma impressora equipada com bicos injetores que aplicam um solvente na forma de jato que conduz os pigmentos de decoração até a superfície das placas cerâmicas. Quando comparada à tecnologia utilizada anteriormente (impressão com equipamento de serigrafia), a impressora de alta definição melhora a ecoeficiência das organizações, pois possibilita uma redução no consumo de pigmento para a cobertura de área quadrada (m² de unidade de placa cerâmica produzida) e dos insumos de condução dos pigmentos. Esta constatação é evidenciada no

discurso do entrevistado da Org_J (quadro 11). No discurso do entrevistado Org_E1 (quadro 11) foi possível verificar que a tecnologia de impressão por serigrafia gera alguns resíduos (tambores e pastas) inerentes ao seu funcionamento e a substituição dos equipamentos de serigrafia por impressoras de alta definição, elimina a geração destes resíduos. Um benefício adicional da eliminação destes resíduos é a redução do volume de água necessário para limpar as áreas de produção, vide discurso da entrevistada da Org_L1 (quadro 11). Esta tecnologia de impressão em alta definição, desde 2010, vem sendo adotada em ambos os *clusters* cerâmicos pesquisados.

Quadro 11 - Declarações dos entrevistados sobre a instalação da impressora HD

Instalação de impressora HD	
Org_E	[...] a impressora HD reduz a quantidade de pigmentos necessários para a impressão e elimina os resíduos (tambores e pastas a serem descartados) gerados pela utilização do dispositivo de impressão por serigrafia [...]. (Org_E1)
Org_J	[...] a impressora HD com uma menor quantidade do insumo de condução de pigmento consegue aplicar uma quantidade maior de pigmento quando comparada com a alternativa anterior da serigrafia [...]. (Org_J1)
Org_L	[...] a empresa não consegue medir, mas existe a redução no consumo de tinta, veículo e água para limpar as áreas de produção. [...]. (Org_L2)

Fonte: Autor

Apenas uma empresa do *cluster* de Santa Gertrudes (Org_J) e a Org_N do *cluster* de Criciúma implantaram, na última década, um novo equipamento para impressão das embalagens. Na Org_J, a substituição do equipamento de impressão considerou a busca de melhorias ambientais e econômicas, isto decorre da melhoria da ecoeficiência, obtida com a significativa redução no consumo de tinta necessário para atender as necessidades de produção das peças cerâmicas. Esta constatação é baseada no discurso do entrevistado Org_J1 (quadro 12). Outra vantagem desta é a redução da incidência da geração de respingos durante a impressão das embalagens, isto decresce os riscos de contaminação do ambiente fabril e dos profissionais envolvidos.

Quadro 12 - Declarações dos entrevistados sobre a substituição do equipamento de impressão de embalagens

Substituição do equipamento de impressão de embalagens	
Org_J	[...] o equipamento foi instalado para atender a questionamentos ambientais, demandas de melhoria de processo e necessidade de redução de custos [...]. (Org_J1)
Org_J	[...] na alternativa de impressão anterior era consumido um galão de tinta por dia, a alternativa atual consome um galão de tinta a cada quinze dias [...]. (Org_J1)

Fonte: Autor

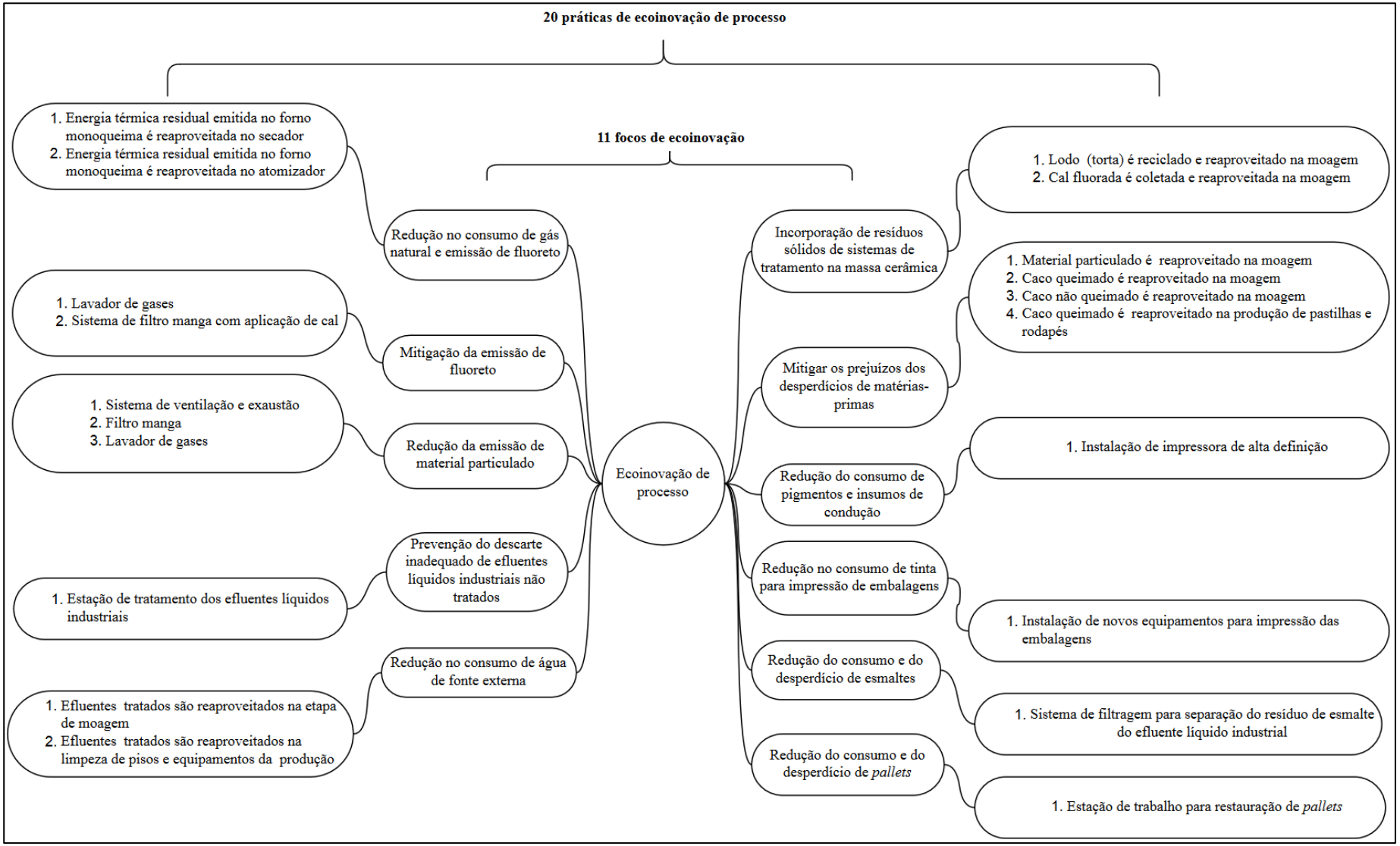
Estas duas ecoinovações (instalação de impressora HD e substituição da impressora de embalagens) reforçam o argumento de Garcia e Scur (2016) de que uma parcela das inovações em produtores cerâmicos ocorre devido à aquisição de novos maquinários.

Em ambos os *clusters* foi constatado que algumas empresas tem uma estação de trabalho, instalada dentro da unidade industrial, para reforma dos *pallets* danificados. Dois elementos da teoria dos 6R's, recuperar e restaurar, podem ser aplicados a esta ecoinovação. Vide que os *pallets* danificados são recuperados (ou coletados) ao longo do processo produtivo e encaminhados para estação de trabalho onde as suas características originais são restauradas, isto permite o reaproveitamento nas atividades de produção. No *cluster* de Criciúma esta é uma prática de ecoinovação recente e realizada desde 2015. Já no *cluster* de São Paulo a restauração interna de *pallets* ocorre desde 2007.

No *cluster* de Criciúma, a Org_L pretende, em 2018, reaproveitar o resíduo de esmalte gerado na manufatura, através de um sistema de filtragem aplicado para separar o resíduo de esmalte do efluente líquido industrial antes deste ser encaminhado para a ETE. O elemento remanufaturar do conceito dos 6R's é aplicável, pois o esmalte filtrado será misturado a outras substâncias para restaurá-lo às características originais e viabilizar a reutilização na decoração de novas placas cerâmicas. Na Org_N esta ecoinovação já e realizada nos últimos dez anos. O resultado esperado é reduzir o desperdício de esmalte.

A figura 8 apresenta o mapeamento das 20 práticas de ecoinovação de processo identificadas nas organizações dos *clusters* de Santa Gertrudes e Criciúma.

Figura 8 - Mapeamento das práticas de ecoinovação de processo



Fonte: Autor

O cenário da aplicação de inovações com benefícios ambientais nos processos industriais dos produtores cerâmicos brasileiros pode ser descrito em 11 focos de ecoinovação, vide figura 8. Dez focos de ecoinovação são aplicados em ambos os *clusters*, são eles: redução no consumo de gás natural e emissão de fluoreto; mitigação da emissão de fluoreto; redução da emissão de material particulado; prevenção do descarte inadequado de efluentes líquidos industriais não tratados; redução no consumo de água de fonte externa; incorporação de resíduos sólidos (cal fluorada e lodo) dos sistemas de tratamento na massa cerâmica; mitigar os prejuízos dos desperdícios de matérias-primas; redução do consumo e desperdício de *pallets*; redução do consumo de pigmentos e insumos de condução; e, redução no consumo de tinta para impressão de embalagens. A única peculiaridade verificada, foi o caso do foco na redução do consumo e do desperdício de esmaltes verificado apenas no *cluster* de Criciúma.

O quadro 13 apresenta as métricas utilizadas pelas organizações para realizar a gestão das ecoinovações de processo descritas nesta pesquisa. Não foram evidenciadas métricas para três focos de ecoinovação de processo: redução do consumo de pigmentos e insumos de condução; redução do consumo e desperdício de *pallets*; e, com foco na redução do consumo e do desperdício de esmaltes.

Quadro 13 - Mapeamento dos indicadores de ecoinovação de processo (continua)

Foco de ecoinovação	**Indicador**	**Classificação do indicador**
Redução no consumo de gás natural	Volume de consumo de gás natural por tonelada produzida (m^3/t)	Ecoeficiência
	Volume de consumo de gás natural por área quadrada produzida (m^3/m^2)	Ecoeficiência
	Volume de consumo de gás natural por placa cerâmica produzida (m^3/ unidade de placa cerâmica)	Ecoeficiência
	Volume mensal ou diário de consumo de gás natural (m^3/mês ou m^3/dia).	IDO
	Volume de consumo de gás natural por equipamento (m^3/equipamento)	IDO
Mitigação da emissão de fluoreto	Quantidade de emissão de fluoreto na chaminé de saída dos gases da fábrica (mg/Nm^3)	IDO
Redução da emissão de material particulado	Quantidade de material particulado emitido no bocal da saída da chaminé do produtor cerâmico ($\mu g/m^3$).	IDO

Fonte: Autor

Quadro 13 - Mapeamento dos indicadores de ecoinovação de processo (conclusão)

Foco de ecoinovação	**Indicador**	**Classificação do indicador**
Prevenção do descarte inadequado de efluentes líquidos industriais não tratados	Quantidade do lodo gerado por área quadrada de placa cerâmica produzida (Kg/m²)	Ecoeficiência
	Peso mensal do lodo gerado (kg ou t)	IDO
	Volume mensal de efluente líquido industrial tratado (m³)	IDO
	Percentual da eficiência de tratamento da estação de tratamento (%)	IDO
Redução no consumo de água de fonte externa	Volume de efluente líquido industrial tratado reaproveitado por área quadrada de placa cerâmica produzida (m³/m²)	IDO
	Volume de efluente líquido industrial tratado reaproveitado por tonelada produzida (m³/t)	IDO
	Volume mensal de água consumida de fonte externa (m³)	IDO
	Volume mensal de efluente líquido industrial tratado reaproveitado (m³)	IDO
Incorporação de resíduos sólidos de sistemas de tratamento na massa cerâmica	Quantidade do lodo dosado por área quadrada produzida (kg/m²)	IDO
	Quantidade do lodo dosado na etapa de moagem (kg)	IDO
	Quantidade de cal fluorada dosada na etapa de moagem (kg)	IDO
Mitigar os prejuízos dos desperdícios de matérias-primas	Quantidade do material particulado dosado na etapa de moagem (kg)	IDO
	Quantidade de caco não queimado dosado na etapa de moagem (kg)	IDO
	Quantidade de caco não queimado reaproveitado por área quadrada produzida (kg/m²)	IDO
	Quantidade do caco queimado reaproveitado por área quadrada produzida (kg/m²)	IDO
	Quantidade de caco queimado reaproveitado por área quadrada remanufaturada de pastilhas e rodapés (kg/m²)	IDO
Redução no consumo de tinta para impressão de embalagens	Quantidade consumida de galões de tinta	IDO

Fonte: Autor

O cenário dos *clusters* brasileiros aponta para o uso de dois tipos de indicadores de performance ambiental para a gestão das práticas de ecoinovação identificadas. Os indicadores de ecoeficiência de carga ambiental por unidade econômica produzida foram constatados

somente nas práticas de ecoinovação com foco na redução no consumo de gás natural e emissão de fluoreto ou com foco na prevenção do descarte inadequado de efluentes líquidos industriais não tratados. Também foi observada a utilização de indicadores de desempenho operacional (IDO) voltados para os seguintes focos de ecoinovação: redução no consumo de gás natural e missão de fluoreto; mitigação da emissão de fluoreto; redução da emissão de material particulado; prevenção do descarte inadequado de efluentes líquidos industriais não tratados; redução no consumo de água de fonte externa; incorporação de resíduos sólidos de sistemas de tratamento na massa cerâmica; mitigar os prejuízos dos desperdícios de matérias-primas; e, redução no consumo de tinta para impressão de embalagens. Este fato é um importante indício que evidencia que as métricas IDO normalmente atreladas aos sistemas de gestão ambiental também podem ser utilizadas pelos gestores empresariais para monitorar os resultados de uma ecoinovação de processo.

4.3 PRÁTICAS DE ECOINOVAÇÃO DE PRODUTO

Nesta seção são consideradas as iniciativas de aprimoramento de um produto já existente, estes aprimoramentos melhoram os atributos ambientais das peças cerâmicas. Também é descrito o desenvolvimento de novos produtos que tem melhores atributos ambientais quando comparados a geração anterior de placas cerâmicas.

Uma prática de *eco-design* relatada por todas as organizações pesquisadas nos *clusters* de Santa Gertrudes e Criciúma é o desenvolvimento de formulações da massa cerâmica que podem comportar a incorporação dos resíduos sólidos gerados na conformação das placas cerâmicas, na estação de tratamento de efluentes líquidos industriais e nos filtros para mitigação da emissão do poluente fluoreto. Um exemplo verificado em algumas organizações de ambos os *clusters*, é a incorporação dos resíduos de caco queimado que representam a principal perda dos produtores cerâmicos, pois são produtos acabados que consumiram recursos (ex.: matérias-primas, água, energia e insumos) e, por apresentarem defeitos, não puderam ser vendidos. Também vale destacar que, desde1990*,* a incorporação dos cacos não queimados é realizada nos *clusters* de Santa Gertrudes e Criciúma. A Org_G do *cluster* de Santa Gertrudes oferece ao mercado uma linha de produtos denominada “linha reciclagem” com o apelo ambiental relacionado à incorporação de resíduos sólidos, pois a embalagem do produto acabado disponibiliza a informação de que aquelas placas cerâmicas são compostas por 65% de material reaproveitado. No caso da Org_L do *cluster* de Criciúma, o percentual na linha de produtos chamada “eco revestimento” pode chegar a 60% de massa reaproveitada. Já na Org_N do

cluster catarinense a coleção de produtos "Eco tecnologia" tem 100% da massa cerâmica composta por matérias-primas reaproveitadas. Para a Org_G a oferta deste tipo de produto tem o potencial de ser um elemento de diferenciação perante aos concorrentes que não oferecem ao mercado uma linha de produtos voltada para a sustentabilidade, porém o êxito de diferenciação é condicionado a um processo de melhoria na conscientização ambiental do mercado com consumidores que fomentem a demanda por produtos com atributos de benefícios ambientais. Fato observado pelo entrevistado Org_G2 (quadro 14) sobre a oferta ao mercado de produtos com apelo ambiental. Estas constatações vão ao encontro do argumento de Gabaldón-Estevan, Criado e Monfort (2014) de que a perspectiva do desenvolvimento de organizações com melhores atributos ambientais pode resultar em um melhor posicionamento em mercados maduros onde a conscientização ambiental é consolidada. Outro exemplo, é que as empresas de ambos os *clusters* desenvolveram formulações de massa cerâmica que integram o resíduo sólido de lodo gerado na ETE. Uma particularidade do *cluster* de Santa Gertrudes é que a cal fluorada gerada no sistema de filtro manga com aplicação de cal também é, em algumas empresas, integrada na composição da massa cerâmica. Este tipo de ecoinovação é respectivamente adotada no *cluster* de Santa Gertrudes e no *cluster* de Criciúma desde os anos de 1997 e 2012.

Quadro 14 - Declarações relacionadas a incorporação de resíduos sólidos na massa cerâmica

Incorporação de resíduos sólidos a formulação da massa cerâmica	
Org_G	[...] os resíduos da produção anterior de uma pastilha são utilizados para a produção de um produto da linha reciclagem com características similares ao produto da produção anterior [...] um dos êxitos a serem alcançados com o produto é uma abordagem diferenciada com o mercado [...] este é um produto inovador, cujo crescimento de demanda está sujeito a conscientização dos consumidores na busca de produtos com uma abordagem sustentável [...]. (Org_G2)

Fonte: Autor

Uma particularidade verificada no *cluster* de Santa Gertrudes é que a Org_E pretende, em 2018, incorporar um aditivo de resina na formulação da massa cerâmica. Os testes já realizados na Org_E apontam que a adição desta resina tem o potencial de aumentar a resistência mecânica da peça cerâmica e, consequentemente, decrescer os desperdícios de produção, principalmente, a quantidade gerada dos resíduos de caco não queimado e caco queimado. Esta constatação foi extraída do entrevistado Org_E1 (quadro 15). Esta iniciativa de *eco-design* vinculada à redução da geração dos resíduos sólidos mostra que a Org_E adotará uma estratégia similar à estratégia evidenciada por Gabaldón-Estevan, Criado e Monfort (2014) na indústria cerâmica espanhola que é focada no desenvolvimento de novas formulações que

possam reduzir a demanda das matérias-primas necessárias para a manufatura das placas cerâmicas.

Quadro 15 - Declarações do entrevistado sobre a adição de resina na composição da massa cerâmica

Adição de resina a composição da massa cerâmica	
Org_E	[...] a adição da resina aumentará a resistência mecânica da placa cerâmica e diminuirá os desperdícios de caco não queimado e caco queimado na produção [...] objetivo é reduzir o desperdício para menos de 0,5% da produção após a implantação, a perda atual é entre 1,6% e 1,7% [...]. (Org_E1)

Fonte: Autor

A maioria das organizações dos *clusters* de Santa Gertrudes e Criciúma desenvolveram uma nova geração de placas cerâmicas que apresentam menor dimensão de espessura quando comparada à geração anterior. O desenvolvimento desta solução de *eco-design* não compromete a qualidade do produto acabado e viabiliza a redução do consumo dos recursos (ex.: água, energia, matéria-prima e insumos) necessários para o processo de fabricação e permite o decréscimo nos custos de compra destes recursos, vide argumentação do entrevistado Org_F1 (quadro 16). Com base nas ponderações apresentadas pelo entrevistado da Org_A (quadro 16) foi possível identificar que a aplicação desta ecoinovação leva ao decréscimo na emissão de fluoreto. Isto decorre da redução no volume de argila que passa pela etapa de queima, ou seja, uma menor quantidade do flúor presente na argila será submetida a temperaturas superiores a 800ºC e um menor volume de poluente por placa cerâmica queimada será emitido. Também vale destacar a redução na emissão dos gases poluentes (ex.: CO_2) emitidos pelo transporte rodoviário, pois quando comparada à geração antiga de produtos, a nova geração demanda uma quantidade menor no número de entregas de materiais e insumos. Para a Org_A outro benefício considerado é a redução no consumo e no custo de compra de embalagens, já que quando comparada à geração anterior, os novos produtos com espessura reduzida permitem um aumento do número de peças cerâmicas que podem ser alocadas por embalagem, vide a declaração do entrevistado Org_A1 (quadro 16).

Uma possibilidade de ganho econômico foi verificada na Org_F que, ao atingir as reduções de custos citadas acima, manteve o mesmo preço de venda. Este fato foi descrito pelo entrevistado Org_F1 (quadro 16). De fato, a redução de espessura evidenciada nos produtores brasileiros é uma tendência mundial e o desenvolvimento de novas placas com menores espessuras tem o potencial de reduzir em aproximadamente 50% o consumo de matérias-primas e decrescer a demanda de outros recursos (energia e água) necessários para as atividades de

manufatura, embalagem, transporte e armazenagem (GABALDÓN-ESTEVAN; CRIADO; MONFORT, 2014).

Quadro 16 - Declarações dos entrevistados sobre a redução da espessura da placa cerâmica

Redução da espessura da placa cerâmica	
Org_A	[...] quando comparado a outras opções de produto, é possível colocar uma quantidade maior de peças dentro da embalagem [...]. (Org_A1)
Org_A	[...] se queima menos material tem menos emissão de fluoreto, o filtro manga teoricamente vai trabalhar menos, ou seja, gera uma economia de manutenção e economia de custo [...]. (Org_A2).
Org_F	[...] antes a espessura do produto acabado da empresa era de 8 mm, atualmente a espessura é de 7 mm [...] com o resultado na redução do consumo de argila, água, energia elétrica, energia térmica e sem perder as características técnicas [...] a redução de consumo de matéria-prima e insumos é potencializada pela grande quantidade de placas cerâmicas produzidas na empresa [...]. (Org_F1)
Org_F	[...] a redução foi implantada e o preço do produto acabado foi mantido, o que resultou num ganho econômico para a empresa [...] antigamente uma caixa de revestimentos pesava 30 kg e atualmente pesa 28,5 kg [...] (Org_F1)

Fonte: Autor

No *cluster* de Criciúma as organizações têm concentrado esforços nas iniciativas de *eco-design* voltadas para o desenvolvimento de produtos cuja aplicação nas edificações gere melhorias de performance ambiental. Por exemplo, as Org_L e Org_M tem o plano de lançar no mercado brasileiro uma placa cerâmica cuja superfície é equipada com um circuito integrado à células fotovoltaicas para captação dos raios solares e geração de energia elétrica oriunda de uma fonte limpa para suprir parte da demanda de consumo elétrico de uma edificação.

Um produto ofertado desde 2015 pela Org_L é a fachada ventilada que consiste em placas cerâmicas que, através de um sistema de encaixes, são fixadas a uma estrutura de alumínio ancorada por parafusos na superfície de uma edificação. A distância formada entre a superfície do edifício e a face inferior da placa cerâmica, forma uma câmara de ar que permite o fluxo vertical do ar, ou seja, o ar frio entra pela parte inferior da extensão da edificação, passa por uma troca térmica ao percorrer verticalmente a superfície do edifício e sai aquecido pela parte superior do edifício. De acordo com o material institucional da Org_L, esta ventilação contínua no sentido vertical permite o resfriamento da estrutura predial e tem a capacidade de reduzir aproximadamente entre 30% e 50% a energia demandada para o resfriamento artificial da edificação.

A Org_L, desde 2017, oferta a seus clientes o produto chamado piso elevado para áreas externas, esta ecoinovação de produto consiste em uma estrutura de painéis de polipropileno

(de matéria-prima reciclada) que eleva o piso de um ambiente em relação ao contrapiso, isto possibilita a criação de um espaço para a instalação de tubulações. As placas cerâmicas são instaladas através de encaixes sobre esta estrutura de polipropileno. Esta solução permite a capitação da água da chuva, este recurso hídrico atravessa o espaçamento existente entre as placas cerâmicas, é capitado pelas tubulações e armazenado para utilização nas atividades das organizações.

A Org_M, desde 2002, oferece ao mercado uma linha de produtos que podem ser instalados nas edificações através do sistema de assentamento junta seca, esta ecoinovação ocorre quando a face inferior das placas de revestimento são assentadas com argamassa sobre as superfícies da edificação e as laterais são colocadas encostadas umas nas outras sem espaçamento entre as peças, isto remete ao efeito visual de placa única (sem emendas). A ausência de espaçamento entre as placas cerâmicas na linha de produtos com sistema de assentamento por junta seca, elimina a necessidade da aplicação dos insumos de rejunte tradicionalmente utilizados na instalação das placas cerâmicas utilizadas na construção civil brasileira, isto gera o benefício ambiental de não empregar recursos naturais para a produção destes insumos de rejunte.

No *cluster* de Santa Gertrudes poucas organizações pretendem atribuir a seus produtos um rótulo ecológico. O desenvolvimento dos programas de rotulagem no *cluster* paulista está baseado em parcerias com instituições ligadas ao setor de revestimentos cerâmicos. Na Org_A existe a possibilidade de estabelecer uma parceria com a CETESB. O intuito é desenvolver um rótulo ambiental que mostre aos clientes que o produto adquirido atende a todos os requisitos das regulamentações públicas estabelecidas pela CETESB (vide quadro 17). A Org_J buscará desenvolver um programa de rotulagem ecológica em conjunto com associações da indústria de revestimentos cerâmicos (ASPACER e ANFACER) e a decisão de implantação somente será realizada após a conclusão dos estudos da viabilidade mercadológica no mercado brasileiro, (vide quadro 17). Para a Org_C a perspectiva é desenvolver internamente um rótulo ecológico próprio. No caso da Org_K existe uma estratégia de desenvolvimento em parceria com quatro instituições do setor cerâmico (ASPACER, ANFACER, CCB e CETESB) para, em 2022, atribuir um rótulo ecológico a um de seus produtos. Esta é uma importante iniciativa que ajudará a empresa a atender as futuras demandas dos clientes, inclusive os requisitos relacionados a obtenção da certificação ISO 14001. Estes fatos foram extraídos da entrevista realizada com o especialista Org_K1 (quadro 17).

O cenário do *cluster* de Criciúma é diferente. Desde 2009, a Org_L tem uma linha de produto certificada com o rótulo ecológico chamado BRTÜV que é creditado anualmente pela

Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro (CGCRE), (ver quadro 17). Os critérios de avaliação utilizados pela CGCRE para atribuir o rótulo ecológico BRTÜV englobam o registro da relação de fornecedores de matérias-primas, a conformidade das licenças necessárias para a operação dos fornecedores, o atendimento à condicionantes legais para o funcionamento das unidades industriais (ex.: alvará, licença ambiental e requisitos do CONAMA), a quantidade consumida das matérias-primas utilizadas para manufaturar o produto certificado e a quantidade de resíduos reutilizados no produto certificado. A Org_N dispõe de produtos certificados com os rótulos *Floor Score* e *Indoor Advantage Gold*, estes rótulos são atribuídos pela *U.S. Green Building* (USGBC) e são essenciais para vender as peças cerâmicas aos clientes interessados em adequar as suas edificações as diretrizes de empreendimentos sustentáveis estabelecidas na certificação *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED).

Quadro 17 - Declarações dos entrevistados sobre a aplicação do programa de rotulagem ecológica

Aplicação de programa de rotulagem ecológica	
Org_A	[...] talvez exista a possibilidade de desenvolver com a CETESB um rótulo ecológico que diga que o produto está de acordo com os requisitos estabelecidos pela CETESB [...]. (Org_A2)
Org_J	[...] a empresa buscará aplicar um selo verde aos seus produtos, quando a Aspacer e a Anfacer concluírem o estudo de aplicabilidade no setor brasileiro da cerâmica de revestimentos [...] o estudo deverá apontar os benefícios envolvidos no selo [...]. (Org_J1)
Org_K	[...] os clientes vão requerer a certificação da ISO 14001 e esta iniciativa englobará a implantação de um rótulo ecológico [...]. (Org_K1)
Org_L	[...] uma linha de produto tem o reaproveitamento de resíduos sólidos e é rotulada pelo órgão certificador que visita as unidades industriais uma vez ao ano, verifica toda a parte de documentação e verifica a quantidade de resíduos que estamos reaproveitando [...]. (Org_L1)

Fonte: Autor

Todas as organizações pesquisadas nos *clusters* de Santa Gertrudes e Criciúma embalam os produtos acabados com embalagem fechada nas laterais e com abertura no centro, nas faces frontal (exposição do aspecto visual do produto) e traseira (exposição da superfície onde é aplicada a argamassa). Esta prática de *eco-design* possibilita a utilização de uma embalagem que demanda menor quantidade de papelão para a sua confecção. Segundo o entrevistado Org_C1, o percentual de economia pode chegar a 40% (quadro 18). Outros benefícios são reduções no custo de compra de embalagens e na quantidade do resíduo de papelão gerado. Na Org_D, o desenvolvimento desta ecoinovação é resultado da interação da empresa com as empresas fornecedoras de embalagens, vide o apontamento do entrevistado Org_D1 (quadro 18). O desenvolvimento desta embalagem ecológica com melhores atributos ambientais vem

sendo adotada nos *clusters* de Santa Gertrudes e Criciúma respectivamente desde os anos de 1998 e 2005.

Quadro 18 - Declarações relacionadas a embalagem com abertura nas faces frontal e traseira

Desenvolvimento de embalagem com abertura nas faces frontal e traseira	
Org_C	[...] uma iniciativa foi a redução da quantidade de papel utilizado para a confecção da embalagem. Antes a embalagem era totalmente fechada, agora ela tem aberturas onde as faces superior e inferior da placa cerâmica aparecem [...] existe uma economia em cada caixa de 40% no papelão consumido [...] (Org_C1)
Org_D	[...] a equipe de qualidade teve a iniciativa de requisitar ao fornecedor o desenvolvimento desta inovação [...]. (Org_D1)

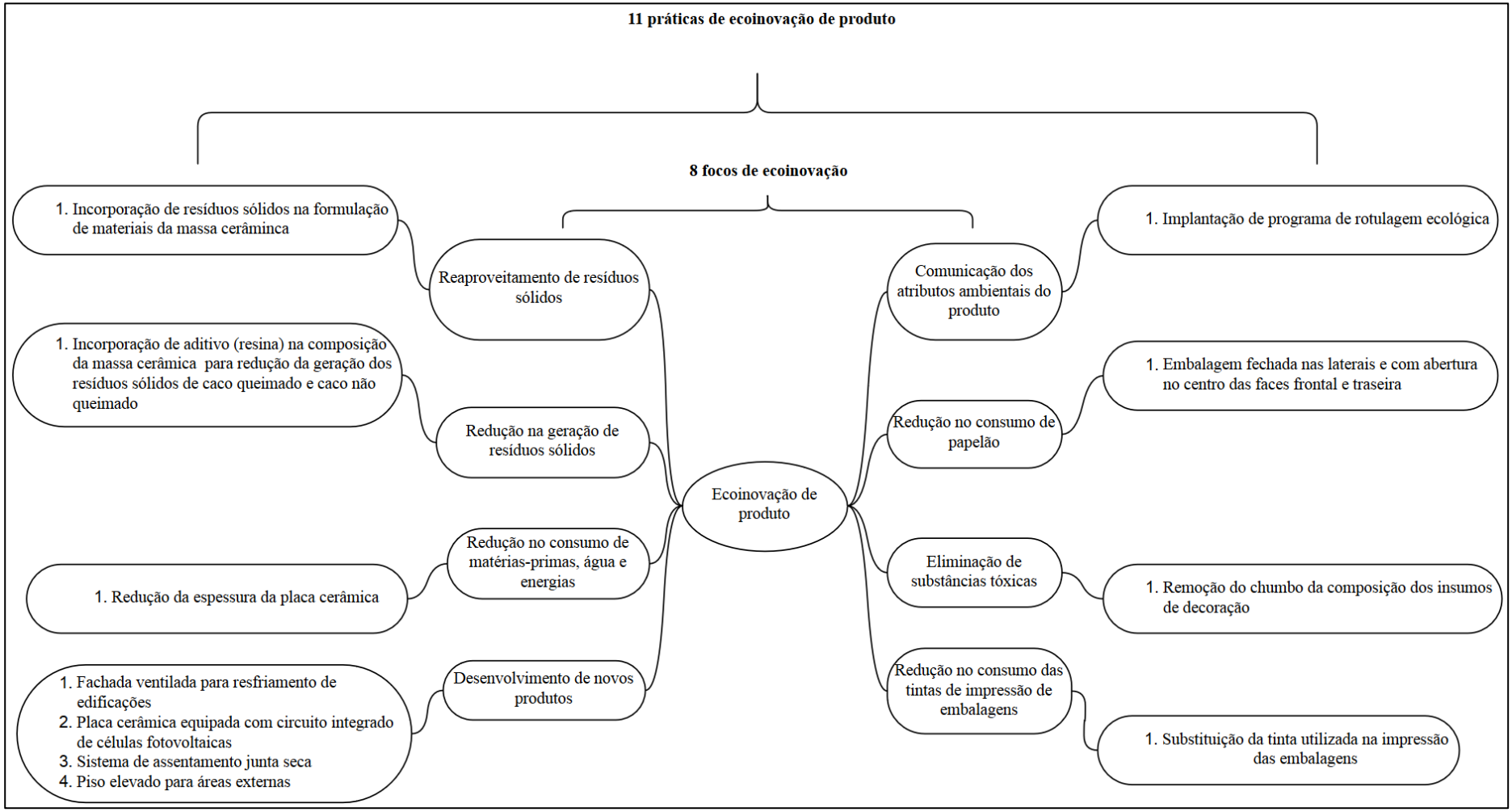
Fonte: Autor

De acordo com uma empresa fornecedora de esmaltes, desde a década de 90, a maioria dos produtores brasileiros não utilizam esmaltes cuja formulação contenha chumbo. Esta é uma iniciativa de gestão sustentável de materiais que também foi realizada no *cluster* de Castellon que, de acordo com Gabaldón-Estevan, Criado e Monfort (2014) tem progredido na substituição da maior parte dos elementos perigosos ao meio ambiente presentes nos produtos acabados.

Apenas a Org_J de Santa Gertrudes e a Org_N do *cluster* de Criciúma, na última década, realizaram a troca do fornecedor da tinta utilizada para a impressão das embalagens que envolvem o produto acabado. Esta iniciativa possibilitou reduções no consumo de tinta e no custo de compra de tinta.

A figura 9 mostra o mapeamento das 11 práticas de ecoinovação de produto verificadas nas organizações dos *clusters* cerâmicos de Santa Gertrudes e Criciúma.

Figura 9 – Mapeamento das práticas de ecoinovação de produto



Fonte: Autor

O panorama do desenvolvimento de inovações que agregam atributos ambientais aos produtos pode ser retratado em oito focos de ecoinovação. Ambos os *clusters* aplicam cinco focos de ecoinovação: reaproveitamento de resíduos sólidos; redução no consumo de matérias-primas, água e energias; redução no consumo de papelão; redução no consumo das tintas para impressão de embalagens; e, eliminação de substâncias tóxicas. Estes focos verificados nos dois *clusters* mostram uma uniformidade no modo que os produtores brasileiros mobilizam suas equipes de *design* para desenvolver ecoinovações que reduzam o consumo de recursos naturais e eliminem o uso de substâncias prejudiciais ao meio ambiente. Esta mobilização pode dar início à criação de uma base de dados que viabilizará a comunicação do perfil ambiental das peças cerâmicas oferecidas aos consumidores. Também foram identificados focos que destacam peculiaridades de cada *cluster*. Este é o caso do foco de redução na geração de resíduos sólidos verificado somente no *cluster* de Santa Gertrudes. Isto mostra que as organizações deste *cluster* empregam os seus esforços adicionais no *design* de melhorias no produto para alcançar redução de custos operacionais. Também pode ser destacado os focos no desenvolvimento de novos produtos e comunicação dos atributos ambientais do produto, que mostram que o *cluster* de Criciúma tem uma atenção especial para ofertar ao mercado peças cerâmicas que melhoram a performance ambiental das edificações.

O quadro 19 apresenta as métricas utilizadas pelas organizações para mensurar as ecoinovações de produto. Não foram relatados indicadores para dois focos de ecoinovação. Pode ser destacada a ausência de métricas voltadas para o foco de comunicação dos atributos ambientais dos produtos, esta evidência mostra que, apesar de utilizar indicadores de performance ambiental para gestão da manufatura e dos esforços organizacionais direcionados à sustentabilidade, os produtores cerâmicos, até o momento, não encontraram a melhor maneira de atribuir estas informações quantitativas à rótulos ecológicos. Outro foco que não foi registrada a existência de indicadores é o de eliminação de sustâncias tóxicas.

Quadro 19 - Mapeamento dos indicadores de ecoinovação de produto

Foco de ecoinovação	**Indicador**	**Classificação do indicador**
Reaproveitamento de resíduos sólidos	Quantidade de caco queimado incorporado na formulação da massa cerâmica (kg)	Avaliação do ciclo de vida
	Quantidade de caco não queimado incorporado na formulação da massa cerâmica (kg)	Avaliação do ciclo de vida
	Quantidade de cal fluorada incorporada na formulação da massa cerâmica (kg)	Avaliação do ciclo de vida
	Quantidade de lodo incorporado na formulação da massa cerâmica (kg)	Avaliação do ciclo de vida
	Percentual de caco queimado presente na formulação da massa cerâmica	Avaliação do ciclo de vida
Redução na geração de resíduos sólidos	Quantidade de caco queimado gerado por área quadrada produzida (kg)	Ecoeficiência
	Quantidade de caco não queimado gerado por área quadrada produzida (kg)	Ecoeficiência
Redução no consumo de matérias-primas, água e energias	Dimensão da espessura da placa cerâmica (mm)	Avaliação do ciclo de vida
	Consumo de gás natural por área quadrada produzida (m^3/m^2)	Ecoeficiência
	Emissão de fluoreto (mg/Nm^3)	Avaliação do ciclo de vida
	Cobertura do número de placas cerâmicas por embalagem (peças cerâmicas/embalagem)	Avaliação do ciclo de vida
Desenvolvimento de novos produtos com atributos ambientais	Consumo de energia térmica da edificação (BTU)	Avaliação do ciclo de vida
	Consumo de energia elétrica da edificação (KWh)	Avaliação do ciclo de vida
	Consumo do insumo de rejunte na manutenção das placas cerâmicas instaladas na edificação (kg)	Avaliação do ciclo de vida
Redução no consumo de papelão	Consumo de papelão (kg)	Avaliação do ciclo de vida
Redução no consumo das tintas de impressão de embalagens	Número de galões de tinta consumidos (unidade/período de tempo)	Avaliação do ciclo de vida

Fonte: Autor

O panorama dos *clusters* brasileiros aponta para o uso de dois tipos de indicadores de performance ambiental para a gestão das práticas de ecoinovação identificadas. Um destaque é

a utilização dos indicadores de ecoeficiência de carga ambiental por unidade econômica produzida, existentes no foco de redução na geração de resíduos sólidos e no foco de redução no consumo de matérias-primas, água e energias. Estas evidências demonstram que as métricas de ecoeficiência, normalmente atreladas à performance ambiental da manufatura também podem ser consideradas no desenvolvimento das ecoinovações de produto. Outro destaque são os indicadores que podem ser atrelados à abordagem da avaliação do ciclo de vida que são utilizados para quantificar os impactos ambientais das peças cerâmicas nas etapas do seu ciclo de vida. Vale ressaltar que as informações quantitativas que descrevem as características de performance ambiental das peças cerâmicas relacionadas a etapa de manufatura são agrupadas nos seguintes focos: reaproveitamento de resíduos sólidos; redução no consumo de matérias-primas, água e energias; redução no consumo de papelão; e, redução no consumo das tintas de impressão de embalagens. Também vale apontar os indicadores listados no foco de desenvolvimento de novos produtos com atributos ambientais, estas métricas descrevem características de desempenho ambiental diretamente relacionadas a etapa de uso das placas cerâmicas. A incidência de indicadores concentrados somente nas etapas de manufatura e uso do produto mostra que os produtores dos *clusters* analisados não realizam toda a avaliação do ciclo de vida de seus produtos, ou seja, a implantação desta prática é parcial.

4.4 PRÁTICAS DE ECOINOVAÇÃO ORGANIZACIONAL

As ecoinovações descritas nesta seção contemplam a introdução de novos ou aprimorados métodos organizacionais, iniciativas de reorganização das rotinas de gestão, ações de adequação da infraestrutura predial, e, programas de interação com agentes externos. Estas são práticas que ajudam os produtores cerâmicos a lidar com as questões ambientais e consequentemente melhoram o perfil ambiental das empresas.

Nos *clusters* de Santa Gertrudes e Criciúma algumas das organizações pesquisadas estabelecem soluções de logística reversa que englobam a parceria com organizações externas (ex.: olaria) que possam reutilizar em suas atividades os resíduos sólidos gerados na produção dos revestimentos cerâmicos. Nas Org_F e Org_J de Santa Gertrudes foi evidenciado, por exemplo, que a cal fluorada gerada no sistema de controle da emissão do poluente fluoreto é, desde o início dos anos 2000, coletada e enviada para empresas de olaria que reutilizam o resíduo como matéria-prima na manufatura de tijolos. Segundo o entrevistado Org_J1 (quadro 20), a quantidade de cal fluorada encaminhada mensalmente pode chegar a 4000 kg. De maneira similar, ocorre desde 2001, na Org_F do *cluster* paulista e nas Org_L e Org_N do *cluster*

catarinense, o encaminhamento do resíduo sólido de lodo para a manufatura de tijolos, vide comentários dos especialistas Org_F1 e Org_L2 (quadro 20). Outra opção adotada pelas Org_L e Org_N é a destinação do lodo para a produção de cimento em companhia parceira (quadro 20). Apenas a Org_F do *cluster* paulista iniciou, em 2001, o encaminhamento do resíduo de caco não queimado para empresa de artesanato. Não foi constatada nas organizações consultadas a prática sugerida no trabalho de Wattanasiriwech, Saiton e Wattanasiriwech (2009) que consiste no encaminhamento do lodo para reutilização em empresas produtoras de materiais de pavimentação de vias. Nas Org_E e Org_F do *cluster* de Santa Gertrudes o caco queimado é, desde o início dos anos 2000, coletado e encaminhado para empresas parceiras que reutilizam o resíduo na produção de artesanato. Outra opção para o caco queimado é o encaminhamento para empresa produtora de concreto, isto ocorre desde 1995 na Org_A do *cluster* paulista. A pesquisa de Elçi (2016), aponta o reaproveitamento dos resíduos das peças cerâmicas como matéria-prima na indústria de concreto, como a melhor prática que pode ser adotada na indústria turca para evitar os problemas da destinação inadequada destes resíduos. Também vale destacar a participação de alguns produtores cerâmicos em programas de retorno de resíduos realizados pelos fornecedores contratados. Um exemplo, é o caso da Org_J do *cluster* paulista onde as empresas que fornecem os insumos de fitas plásticas e embalagens, mensalmente recolhem os resíduos de plástico e papelão gerados nas atividades da produção cerâmica, estes resíduos são reutilizados para a produção de novas fitas plásticas e novas embalagens. Para a Org_J a combinação de um preço competitivo com a responsabilidade ambiental de coleta e reutilização dos resíduos oriundos dos insumos fornecidos, foi um importante elemento para a contratação dos fornecedores de fitas plásticas e papelão respectivamente, nos anos de 2014 e 2016, vide a argumentação do especialista Org_J1 (quadro 20). O retorno das fitas plásticas também foi verificado na Org_N do *cluster* catarinense.

Outro exemplo adotado em algumas organizações do *cluster* de Santa Gertrudes e do *cluster* de Criciúma é que os *pallets* danificados nas atividades fabris são separados e coletados pela companhia fornecedora que fica responsável pela restauração desses *pallets*.

Uma peculiaridade do *cluster* catarinense é que, desde 2012, a gestão da Org_L, tomou a decisão de estabelecer uma parceria com a empresa fornecedora de tintas, que consiste no retorno de todas as embalagens das tintas utilizadas para suprir as impressoras HD, segundo o discurso da entrevistada Org_L1 (quadro 20). O objetivo é evitar o descarte inadequado da embalagem que contém em seu interior resíduos de pigmentos de alto potencial de agressão ao meio ambiente.

Nos *clusters* analisados foi possível verificar que quando esgotadas as opções de reutilização dos resíduos sólidos na manufatura de companhias terceiras, desde o final da década de 1980, alguns produtores cerâmicos realizam parcerias com empresas de pavimentação. Por exemplo, o caco queimado é encaminhado para instituições externas que usam o resíduo na pavimentação de vias onde ocorre o transito dos caminhões transportadores de argila. Podem ser destacadas as vias públicas de acesso as portarias das unidades fabris ou as vias internas de empreendimentos privados (ex.: mineradora e construtora). Este tipo de solução melhora as condições de tráfego das vias, decresce a quantidade de material particulado que se desprende da argila armazenada nas áreas de carga dos caminhões e contribui para a redução da concentração de material particulado na atmosfera dos *clusters* paulista e catarinense.

A evidência das ecoinovações apresentadas permite a constatação de que uma parcela dos produtores cerâmicos prioriza em sua tomada de decisão, o encaminhamento dos resíduos sólidos para reaproveitamento em instituições externas, ao invés de enviá-los para aterros industriais. Este fato contribui para contrapor o cenário descrito no estudo de Penteado, Carvalho e Lintz (2016) de que a maioria dos resíduos sólidos gerados pela indústria ceramista ao redor do mundo são dispostos em aterros, representando uma significativa perda de recursos.

Quadro 20 - Declarações sobre o reaproveitamento de resíduos sólidos por empresas externas

Reaproveitamento de resíduos sólidos por empresas externas	
Org_J	[...] atualmente, são vendidos 4000 kg de cal fluorada por mês [...]. (Org_J1)
Org_F	[...] as tortas sólidas com umidade em torno de 30% são doadas para uma empresa terceira que as reutilizam como matéria-prima na produção de elementos vazados, como tijolos de 6 e 8 furos [...]. (Org_F1)
Org_J	[...] a atual empresa fornecedora traz um benefício ambiental com o mesmo preço das empresas fornecedoras que não praticam a reutilização [...]. (Org_J1)
Org_L	[...] o resíduo sólido de torta gerado na ETE do polimento do porcelanato é encaminhado para reuso na produção de cimento [...] o lodo que não pode ser armazenado nas dependências das unidades industriais é encaminhado para olaria que o reutiliza na produção de tijolos [...]. (Org_L1)
Org_L	[...] nós conseguimos fazer uma logística reversa com os fornecedores das tintas para as impressoras digitais, eles nos fornecem as tintas e após o uso as embalagens das tintas são retornadas para o fornecedor [...]. (Org_L2)

Fonte: Autor

Outra iniciativa de logística reversa verificada em algumas das organizações é a tomada de decisão voltada para a contratação de empresas especializadas na destinação final

ambientalmente adequada dos resíduos da manufatura das placas cerâmicas. Em ambos os *clusters* de Santa Gertrudes e Criciúma a maioria dos produtores aplica este tipo de iniciativa para os seguintes resíduos: restos de madeira (*pallets*), plástico, papelão e resíduos contaminados (ex.: óleo, lâmpadas e estopa). Somente em algumas empresas do *cluster* paulista foi identificada a contratação de empresas para fazer a destinação final adequada dos resíduos de cal fluorada, lodo e caco queimado.

Nos últimos vinte anos, a implantação destas ecoinovações de logística reversa, pautadas na coleta e redistribuição dos resíduos sólidos do processamento cerâmico para empresas externas de reaproveitamento ou destinação final ambientalmente adequada, pode gerar os seguintes benefícios para os produtores cerâmicos: prevenção da destinação inadequada; desobstrução dos espações internos das unidades fabris e redução nos custos de armazenamento; não incidência de custos de tratamento para reaproveitamento interno; manutenção das áreas fabris em condições adequadas de uso; oportunidade de ganhos econômicos na possível venda dos resíduos para reaproveitamento; e, atendimento a regulamentação pública da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Ainda em relação à integração com agentes externos, os *clusters* cerâmicos contam com parcerias com lojas de varejo e empresas de construção civil em programas de retorno de produtos acabados. Existem dois cenários para o retorno, o mais comum deles é o retorno dos produtos com defeito. O outro adotado apenas pela Org_A do *cluster* paulista é o retorno de coleções fora de linha ou não vendidas nos varejistas. Nos dois cenários, os produtos retornados passam por um processo de reclassificação de qualidade e são encaminhados para revenda. Esta é uma tomada de decisão relacionada a logística reversa que previne o descarte inadequado do produto, reduz a perda de receita que poderia ser gerada por produtos não vendidos e evita a perda de credibilidade da marca.

Também foi evidenciada a tomada de decisão direcionada a adoção de ecoinovações organizacionais que tem como resultado a redução no consumo de energia elétrica. Um exemplo é a instalação de placas solares realizada, em 2017, na Org_K do *cluster* paulista. Estas placas fotovoltaicas são utilizadas para converter os raios solares na quantidade de energia elétrica necessária para suportar o funcionamento do ambulatório da empresa e o sistema de iluminação do pátio para estacionamento dos caminhões utilizados na expedição dos produtos acabados. Ainda em relação ao consumo de energia elétrica, todas as organizações aplicam programas para a substituição de lâmpadas comuns por lâmpadas do tipo LED. Diferentemente, da indústria portuguesa analisada por Almeida et al. (2016), nesta pesquisa foi possível verificar que, nos produtores brasileiros, a atualização dos sistemas de iluminação é uma iniciativa

consolidada com evidência de implantação nas últimas duas décadas. Um benefício desta ecoinovação é a redução no número de lâmpadas necessárias para atender a demanda de iluminação por metro quadrado, vide os apontamentos do entrevistado Org_J1 (quadro 21). Outra vantagem é que, quando comparada aos sistemas anteriores de iluminação, as lâmpadas do tipo LED têm melhor durabilidade, isto reduz o número de trocas de lâmpadas e o consumo de novas lâmpadas, vide Org_K1 (quadro 21). As constatações apresentadas, corroboram com o argumento do estudo de Almeida et al. (2016) de que a atualização dos sistemas de iluminação das fábricas pode reduzir o consumo de energia elétrica. Os autores apontaram uma estimativa de redução de 10%. Outra possibilidade, verificada nas Org_E e Org_K do *cluster* de Santa Gertrudes e na Org_N do *cluster* de Criciúma, é o advento de edificações projetadas com tetos que permitem o uso de luz natural para suprir as demandas de iluminação da área fabril durante o dia. Segundo o discurso do especialista Org_E1 (quadro 21), isto viabiliza o desligamento das lâmpadas com a consequente redução no consumo de energia elétrica.

Quadro 21 - Declarações sobre ecoinovações focadas na redução do consumo de energia elétrica

Redução do consumo de energia elétrica	
Org_J	[...] a intensidade luminosa das lâmpadas LED é maior do que a das lâmpadas incandescentes, a troca traz uma redução na quantidade de lâmpadas necessárias para cobrir uma mesma área quadrada [...] a lâmpada LED tem maior capacidade de iluminação quando comparada com a alternativa anterior, duas lâmpadas do tipo LED podem substituir a área iluminada por quatro lâmpadas do tipo anterior [...]. (Org_J1)
Org_K	[...] as lâmpadas LED têm um baixo índice de trocas e a vida útil é muito maior quando comparada a alternativa anterior [...]. (Org_K1)
Org_E	[...] A empresa desliga quase todas as luzes da planta durante o dia para redução do consumo e do custo de energia elétrica [...]. (Org_E1)

Fonte: Autor

Também foi constatada na maioria das companhias dos *clusters* de Santa Gertrudes e Criciúma a tomada de decisão relacionada a adoção de ecoinovações organizacionais focadas na redução da emissão de material particulado na atmosfera. Pode ser destacada a aplicação de lona para a cobertura da área de carga dos caminhões, o intuito é mitigar a emissão de material particulado que se desprende da argila durante as atividades de transporte por via rodoviária. Em todas as empresas analisadas existem procedimentos para barrar a entrada de caminhões sem cobertura de lona. A implantação desta ecoinovação é atrelada ao atendimento de regulamentações públicas. No *cluster* de Santa Gertrudes, desde 2014, a estrutura de carga dos caminhões é sempre coberta com ou sem carregamento de argila (exigência do PREFE), já no

cluster de Criciúma a estrutura de carga é coberta apenas quando o caminhão estiver carregado com argila (exigência de regulamentação de tráfego rodoviário).

Também pode ser destacado o desenvolvimento de programas de aplicação de cobertura asfáltica em vias não pavimentadas nas unidades industriais, os intuitos são mitigar a emissão de material particulado que ocorre no transporte da argila e a reduzir a perda de matéria-prima durante o transporte. Outra ecoinovação é a umidificação das vias onde circulam os caminhões de transporte de argila, isto ocorre nas vias internas das empresas e na via pública de acesso à portaria de recebimento de argila. Apesar de reconhecer o potencial de mitigar o desprendimento do material particulado acumulado nas superfícies das vias de transporte de argila, os especialistas consultados esperam que esta ação de umidificação contribua para decrescer os índices de concentração de material particulado na atmosfera de cada *cluster*. A Cetesb (2015) destaca que a região do *cluster* de Santa Gertrudes detém uma das maiores concentrações de poluentes atmosféricos do estado de São Paulo. O estudo de Ibáñez-Forés, Bovea e Azapagic (2013) aborda a possibilidade de aplicação da umidificação de vias para reduzir os impactos ambientais de produtores espanhóis, porém nesta pesquisa foi possível verificar que esta iniciativa já é adotada, desde 2012, em significativa parte dos produtores cerâmicos analisados em ambos os *clusters*.

Em ambos os *clusters*, verificou-se a instalação de galpão fechado para o armazenamento das matérias-primas nas unidades industriais com o objetivo de reduzir a emissão atmosférica do material particulado que se desprende das matérias-primas armazenadas. Somente no *cluster* de Santa Gertrudes, esta ação é uma exigência da regulamentação do PREFE. De maneira similar no *cluster* de *Castellon* também existe uma legislação que requer que a armazenagem das matérias-primas que desprendem particulados sólidos seja realizada em instalações fechadas (GABALDÓN-ESTEVAN; CRIADO; MONFORT, 2014). Diferentemente do estudo de Ibáñez-Forés, Bovea e Azapagic (2013), esta pesquisa constatou que a instalação do galpão fechado foi realizada na inauguração das fábricas como uma forma de não expor as matérias-primas às intempéries do clima e mantê-las em condições adequadas para abastecer a linha de produção. Um ponto a melhorar é o fato da abertura para a descarga da argila nos galpões de armazenamento não ser provida com sistema para retenção do material particulado emitido nas atividades de abastecimento.

De maneira geral, a combinação destas ecoinovações tem o potencial de contribuir para o decréscimo dos problemas ambientais relacionados à concentração de material particulado na atmosfera da região dos *clusters* analisados nesta pesquisa.

Outro tópico de ecoinovação organizacional observado em poucas empresas dos *clusters* analisados é a aplicação de treinamentos ambientais. Algumas organizações relataram que desenvolvem treinamentos ambientais formais periodicamente aplicados junto com programas de treinamentos organizacionais. Alguns exemplos podem ser ressaltados no *cluster* paulista. A Org_E pauta o treinamento na redução da geração de resíduos sólidos e no descarte adequado destes resíduos. A Org_F desenvolveu um treinamento que aborda os tópicos de coleta seletiva, reciclagem, destinação de resíduos, procedimentos para lidar com resíduos contaminados e atitudes para evitar desperdícios.

Já no *cluster* catarinense, o treinamento institucional aplicado na Org_L contempla os seguintes assuntos: gestão de resíduos; consumo de água na indústria; geração de efluentes; extração de matérias-primas; e, índices de consumo residencial. Foi possível verificar que um tópico comum em todos os treinamentos relatados pelas organizações é a gestão de resíduos sólidos. Para a Org_E o intuito da integração deste tópico nos treinamentos ambientais é alcançar a redução na quantidade de resíduos sólidos gerados e consequentemente diminuir os custos envolvidos no acondicionamento e destinação adequada destes resíduos, vide argumentação do entrevistado Org_E1 (quadro 22). Algumas empresas consultadas pretendem implantar treinamentos formais de cunho ambiental. Vale destacar o caso da Org_K do *cluster* de Santa Gertrudes, onde o estabelecimento destes treinamentos é considerado um importante passo no plano de adaptação da empresa para a futura implantação do sistema de gestão ambiental, vide o trecho extraído da entrevista realizada com o especialista Org_K1 (quadro 22). Esta evidencia reforça o argumento de Teixeira et al. (2012) de que o estabelecimento de um treinamento ambiental pode ser influenciado pela adoção da norma ISO 14000. Uma peculiaridade verificada em ambos os *clusters* é que algumas empresas abordam esporadicamente os tópicos ambientais nos eventos de integração de novos funcionários, em palestras sobre o conceito dos 5's e na semana interna de prevenção de acidentes (SIPAT). Isto é um indício que mesmo de maneira pontual, a temática ambiental vem sendo tratada nos treinamentos destas organizações. De maneira geral, é possível constatar que a integração, formal ou informal, dos tópicos de sustentabilidade nos treinamentos organizacionais resulta na melhoria gradual da conscientização ambiental.

Quadro 22 - Declarações dos entrevistados sobre a aplicação de treinamentos ambientais

Aplicação de treinamentos ambientais	
Org_E	[...] o intuito é reduzir a quantidade de resíduos gerados e, consequentemente, reduzir os custos de acondicionamento e destinação, outro benefício é a redução do desperdício do tempo dos profissionais que é dedicado ao transporte e armazenagem dos resíduos [...]. (Org_E1)
Org_K	[...] o programa de treinamentos ajudará na adequação da empresa para implantar a ISO 14001 [...]. (Org_K1)

Fonte: Autor

Outra ecoinovação organizacional consiste na designação de profissionais para lidar com as questões ambientais. O cenário visto na maioria das empresas é a mobilização de profissionais que acumulam a responsabilidade por lidar com as questões ambientais nos contextos interno e externo a empresa. Outro cenário, são as exceções verificadas nas Org_H e Org_I do *cluster* de Santa Gertrudes e nas Org_L e Org_N do *cluster* de Criciúma, cada uma destas empresas conta com um profissional exclusivamente dedicado a lidar com as questões ambientais. De maneira geral, os profissionais têm como responsabilidade monitorar os resultados de consumo de água, geração de resíduos sólidos, geração de efluentes líquidos industriais e emissão de poluentes atmosféricos (ex.: material particulado e fluoreto). O intuito deste monitoramento é informar aos *stakeholders* o desempenho ambiental da organização. Outra responsabilidade assumida por estes profissionais é suportar as empresas na mobilização das estruturas organizacionais para o atendimento das demandas ambientais vigentes ou na adaptação a futuros requerimentos (ex.: regulamentações públicas e requisitos de exportação). Esta designação de profissionais com responsabilidades ambientais pode ser relacionada a diretriz de 5.3 (Papéis, responsabilidades e autoridades organizacionais) da ISO 14001:2015.

A implantação de comitê ambiental que une profissionais de distintas áreas da empresa para discutir as questões ambientais foi evidenciada em poucas empresas de ambos os *clusters*. Normalmente, este comitê é composto por gerentes dos departamentos que se reúnem semanalmente para debater os tópicos como: redução da geração de resíduos; decréscimo do custo de destinação de resíduos; alternativas para a geração de receita a partir dos resíduos que não foram reaproveitados nas atividades de produção; decréscimo no desperdício de recursos, desenvolvimento de soluções que resultem na prevenção ou mitigação dos impactos ambientais da empresa e atendimento a demandas ambientais (atuais e futuras). Esta mobilização de profissionais pertencentes a diferentes áreas permite que as organizações desenvolvam, de maneira estruturada e integrada, ecoinovações (processo, produto e organizacional) que resultem na melhoria do desempenho ambiental. Estas reuniões pautadas em tópicos ambientais podem ser relacionadas a diretriz 9.3 (Análise crítica pela direção) da ISO 14001:2015.

Em relação a implantação de sistemas de gestão ambiental, somente duas empresas do *cluster* de Santa Gertrudes (Org_A e Org_G) e as Org_L e Org_N do *cluster* de Criciúma declararam ter implantado parcialmente um SGA baseado nas diretrizes da ISO 14001. Vale ressaltar que a maioria das organizações do *cluster* de Santa Gertrudes têm nas metas de médio prazo, a decisão de implantar um SGA baseado na ISO 14001. Para a Org_K do *cluster* paulista, a perspectiva de implantação é motivada pela necessidade de adaptação a futuras demandas do mercado consumidor, vide declaração do entrevistado Org_K1 (quadro 23). O consenso no *cluster* paulista é que o estabelecimento de sistemas de gestão ambiental certificados pela ISO, pode ajudar as empresas da região a futuramente aumentar as vendas. Esta constatação corrobora com o argumento apresentado por Zobel (2013) de que o estabelecimento de sistemas de gestão ambiental, pode ser considerado um dos elementos mais importantes para a sustentabilidade corporativa, apresentado nas últimas décadas. Em relação a ISO 14001 o consenso no *cluster* catarinense é oposto. Na verdade, os profissionais consultados relataram que a obtenção da certificação ISO 14001 não leva ao ganho significativo de clientes. Por exemplo, a Org_L foi o primeiro produtor brasileiro a ser certificado, em 2001, com a ISO 14001. Todavia, o resultado negativo na conquista de novos clientes fez com que os gestores da organização suspendessem o processo de renovação da certificação, como pode ser observado por Org_L1 (quadro 23). Na Org_M, a busca da certificação ISO 14001 não está no plano de investimentos dos próximos anos, segundo argumento do presidente desta empresa (quando 23), as certificações ISO são custosas e não agregam valor aos produtos comercializados.

Quadro 23 - Declarações dos entrevistados sobre a implantação de sistemas de gestão ambiental

Implantação de sistemas de gestão ambiental	
Org_K	[...] hoje a empresa está passando por uma série de readequações que são requisitos de clientes potencias, e, portanto, existe a possibilidade que os clientes demandarão a implantação [...]. (Org_K1)
Org_L	[...] a empresa, em 2001, foi o primeiro produtor cerâmico brasileiro a ser certificado com a ISO 14001, mas o resultado de conquista de clientes foi insignificante e a empresa não renovou a certificação devido ao custo [...]. (Org_L1)
Org_M	[...] o custo da ISO é elevado e não agrega valor [...]. (Org_M1)

Fonte: Autor

Três organizações do *cluster* de Santa Gertrudes (Org_A, Org_G e Org_K) e a Org_L dos *cluster* de Criciúma integram as questões ambientais nas suas políticas institucionais. Na

Org_A, a “Política da qualidade e ambiental” destaca em seu conteúdo a utilização consciente dos recursos naturais. A Org_K dispõe do documento denominado “Política do sistema de gestão integrado” que promove a prevenção da poluição ambiental. Já a Org_G tem estabelecido o documento “Política da qualidade ambiental” o qual aborda os tópicos de melhoria do desempenho ambiental, o atendimento a legislação ambiental e a prevenção da poluição associada ao processo cerâmico. O conteúdo da “Política de qualidade” adotada na Org_L contempla o respeito às legislações e a busca de soluções que compatibilizem a atividade industrial com a preservação do meio ambiente. Os documentos citados vão ao encontro de diretrizes da ISO 14001:2015 para o desenvolvimento de uma política ambiental que deve criar uma base para o delineamento dos objetivos ambientais da empresa, expor o comprometimento com a proteção ambiental, incluir o compromisso de atendimento as regulamentações públicas e englobar a busca da melhoria do desempenho ambiental da organização.

Outro elemento abordado na ISO 14001:2015 é a aplicação de auditorias ambientais nas unidades industriais. No *cluster* de Santa Gertrudes esta iniciativa é realizada, deste 2012 somente na Org_G, segundo o especialista Org_G1 (quadro 24). O resultado é estabelecer um plano anual de melhorais ambientais com base nos apontamentos da auditoria independente contratada. Já a Org_L do *cluster* catarinense é auditada por diferentes *stakeholders*, podem ser destacados os clientes varejistas nacionais e internacionais (ex.: *The Home Depot* e *Leroy Merlin*), vide declaração da entrevistada Org_L1 (quadro 24). A Org_L também é auditada pela Coordenação Geral de Acreditação do Inmetro (CGCRE) no processo de certificação do rótulo ecológico BRTÜV. O mesmo cenário vale para a Org_N que é auditada pela *U.S. Green Building* (USGBC) no processo de atribuição dos rótulos ecológicos *Floor Score* e *Indoor Advantage Gold*.

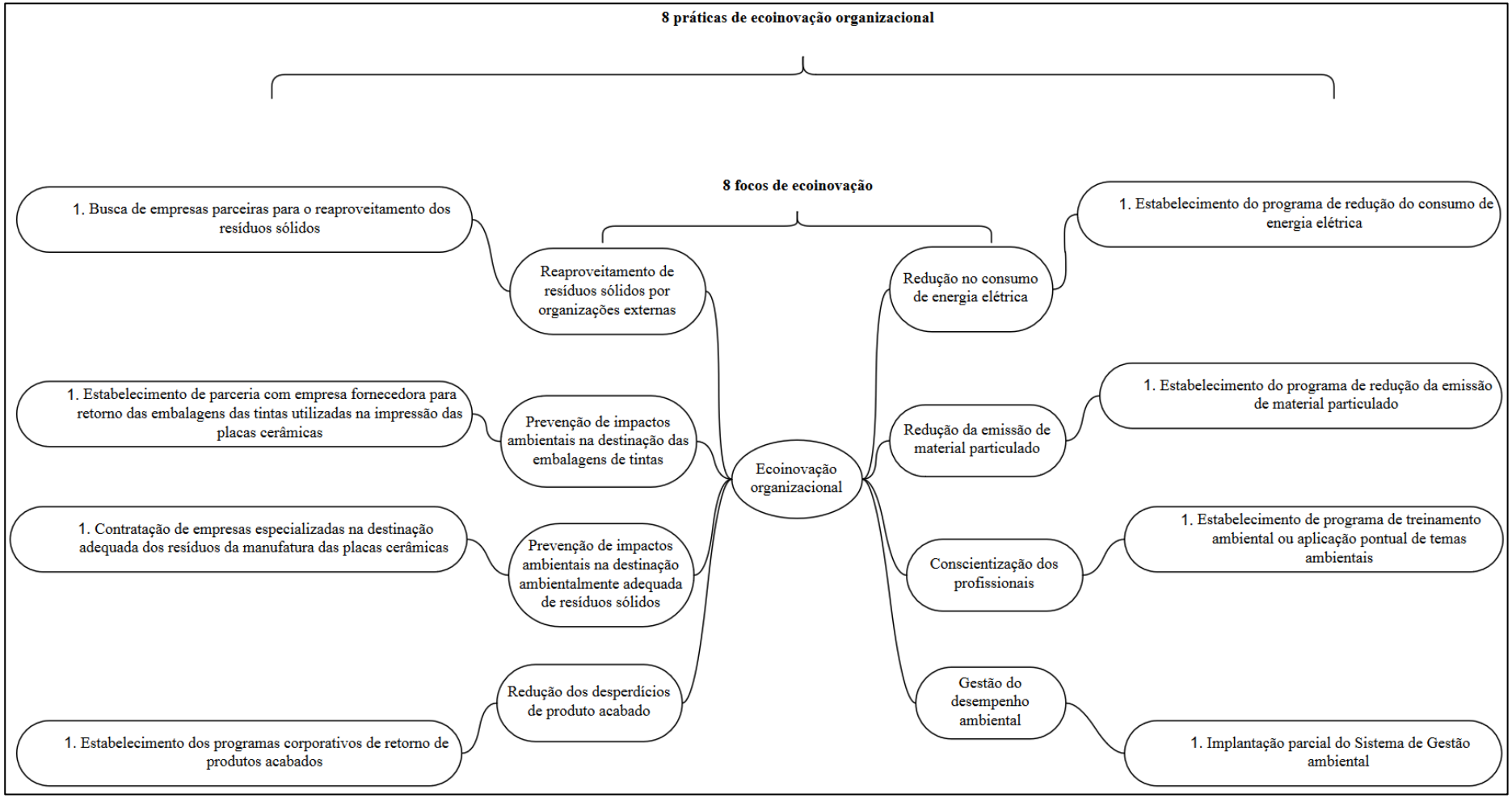
Quadro 24 - Declarações dos entrevistados sobre a aplicação de auditorias ambientais

Implantação de sistemas de gestão ambiental	
Org_G	[...] a empresa faz anualmente uma auditoria ambiental com empresa externa contratada, sem compromisso com organismo certificador, os auditores fazem um diagnóstico da questão ambiental da empresa para o apontamento do que pode ser melhorado nas questões ambientais. A empresa pede que os auditores tenham total isenção para os fins de verificar o que foi cumprido em relação ao plano de melhorias ambientais elaborado na auditoria anterior [...]. (Org_G1)
Org_L	[...] atualmente somos auditados por clientes como *The Home Depot* e *Leroy Merlin* que visitam as unidades e auditam por três dias a área ambiental [...]. (Org_L1)

Fonte: Autor

A figura 10 mostra o mapeamento das 8 práticas de ecoinovação organizacional verificadas nas organizações dos *clusters* cerâmicos de Santa Gertrudes e Criciúma.

Figura 10 - Mapeamento das práticas de ecoinovação organizacional



Fonte: Autor

O cenário do desenvolvimento de ecoinovações organizacionais nos cluster analisados, pode ser descrito em 8 focos de ecoinovação. Ambos os *clusters* aplicam 7 focos de ecoinovação: reaproveitamento de resíduos sólidos por organizações externas; prevenção de impactos ambientais na destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos; redução dos desperdícios de produto acabado; redução no consumo de energia elétrica; redução da emissão de material particulado; conscientização dos profissionais; e, gestão do desempenho ambiental. Esta compatibilidade de focos de ecoinovação, mostra que os produtores de ambos os *clusters* mobilizam, de maneira similar, as suas estruturas organizacionais (ex.: profissionais, equipes interdisciplinares, documentação, métodos de gestão e infraestrutura predial) na direção da sustentabilidade. A única peculiaridade foi registada no *cluster* de Criciúma onde há prevenção de impactos ambientais na destinação das embalagens de tintas.

O quadro 25 apresenta as métricas utilizadas pelas empresas para mensurar os esforços organizacionais na direção da sustentabilidade. Não foram evidenciadas métricas para o acompanhamento do foco na prevenção de impactos ambientais na destinação das embalagens de tintas.

Quadro 25 - Mapeamento dos indicadores de ecoinovação organizacional (continuação)

Foco de ecoinovação	**Indicador**	**Classificação do indicador**
Reaproveitamento de resíduos sólidos por organizações externas	Quantidade mensal por resíduo sólido encaminhado para reaproveitamento externo (kg) – Aplicável aos resíduos de cal fluorada, lodo, caco queimado, caco não queimado, plástico, papelão e madeira.	IDO
Prevenção de impactos ambientais na destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos	Quantidade mensal por resíduo encaminhado para destinação final com empresa especializada (kg/mês) – Aplicável aos resíduos cal fluorada, lodo, caco queimado, madeira, papelão, plástico e materiais contaminados.	IDO
Redução dos desperdícios de produto acabado	Área quadrada retornada (m²)	IDO
Redução no consumo de energia elétrica	Consumo de energia elétrica por período (kW/mês ou kW/dia)	IDO
	Consumo de energia elétrica por área quadrada de placa cerâmica produzia (kW/m²)	Ecoeficiência
Redução da emissão de material particulado	Quantidade de material particulado suspenso na atmosfera da região do *cluster* (mg/m³)	IDG
Conscientização dos profissionais	Quantidade de funcionários participantes com registro de assinatura na lista de presença do treinamento	IDG
Gestão do desempenho ambiental	Volume de água consumida de fonte externa para suprir a manufatura (m³)	IDO
	Volume de efluente líquido industrial produzido (m³)	IDO
	Volume de efluente líquido industrial tratado consumido (m³)	IDO
	Volume de efluente líquido industrial tratado consumido por área quadrada produzida (m³/m²)	Ecoeficiência
	Quantidade mensal por resíduo sólido gerado na manufatura (kg) – Aplicável aos resíduos cal fluorada, lodo, caco queimado, caco não queimado, madeira, papelão, plástico e materiais contaminados.	IDO
	Quantidade de resíduo sólido gerado por área quadrada produzida (kg/m²) – Aplicável aos resíduos cal fluorada, lodo, caco queimado, caco não queimado, madeira, papelão, plástico e materiais contaminados.	Ecoeficiência
	Quantidade de emissão de fluoreto na chaminé de saída dos gases da fábrica (mg/Nm³)	IDO

Fonte: Autor

Quadro 25 - Mapeamento dos indicadores de ecoinovação organizacional (conclusão)

Foco de ecoinovação	**Indicador**	**Classificação do indicador**
Gestão do desempenho ambiental	Quantidade de material particulado emitido no bocal da saída da chaminé do produtor cerâmico (mg/m³).	IDO
	Quantidade de revisões da política ambiental por período de tempo	IDG
	Nota da auditoria externa recebida pelo produtor cerâmico (%)	IDG

Fonte: Autor

O cenário dos *clusters* brasileiros aponta para o uso de três tipos de indicadores de performance ambiental utilizados nas empresas para acompanhar os esforços organizacionais na direção da sustentabilidade. O primeiro fato a destacar é que todas as empresas consultadas utilizam métricas que podem ser agrupadas nas duas categorias de indicadores de desempenho ambiental estabelecidas na ISO 14031 e abordados no estudo de Campos et al. (2015): os indicadores de desempenho gerencial (IDG); e, os indicadores de desempenho operacional (IDO). Isto mostra que, apesar de não serem certificados, os produtores cerâmicos de ambos os *clusters* monitoram a maioria das ecoinovações organizacionais com métricas que podem ser atreladas à sistemas de gestão ambiental baseados nas diretrizes da certificação ISO 14001:2015. Os indicadores de desempenho operacional (IDO) estão concentrados em cinco focos de ecoinovação: reaproveitamento de resíduos sólidos por organizações externas; prevenção de impactos ambientais na destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos; redução dos desperdícios de produto acabado, gestão do desempenho ambiental, redução no consumo de energia elétrica. Já os indicadores de desempenho gerencial (IDG) são utilizados nos produtores cerâmicos para acompanhar os seguintes focos de ecoinovação: redução da emissão de material particulado; conscientização dos profissionais; e, gestão do desempenho ambiental.

Também é válido destacar a utilização dos indicadores de ecoeficiência de carga ambiental por unidade econômica produzida constatados em dois focos de ecoinovação: redução no consumo de energia elétrica e gestão do desempenho ambiental. Este fato, permite constatar que as métricas de ecoeficiência, normalmente atreladas à performance ambiental da manufatura, também podem ser utilizadas pelos gestores empresariais para acompanhar os resultados das ecoinovações organizacionais.

4.5 CATEGORIZAÇÃO DAS MUDANÇAS GERADAS PELAS ECOINOVAÇÕES IDENTIFICADAS NOS *CLUSTERS* CERÂMICOS

O quadro 26 descreve, por tipo de ecoinovação, a categoria de ecoinovação de cada prática ambiental, se é de cunho incremental ou radical. Vale ressaltar aqui que se utilizou os conceitos de radical e incremental apresentados nos estudos de Carrillo-hermosilla, Río e Könnölä (2010), Triguero, Moreno e Davia (2013), Klewitz e Hansen (2014) e Roscoe, Cousins e Laming, (2016).

Quadro 26 - Categoria de mudança gerada por foco de ecoinovação (continua)

Tipo de ecoinovação	**Foco de ecoinovação**	**Categoria de ecoinovação**
Processo	Redução no consumo de gás natural e emissão de fluoreto	Incremental
	Mitigação da emissão de fluoreto	
	Redução da emissão de material particulado	
	Prevenção do descarte inadequado de efluentes líquidos industriais não tratados	
	Redução no consumo de água de fonte externa	
	Incorporação de resíduos sólidos de sistemas de tratamento na massa cerâmica	
	Mitigar os prejuízos dos desperdícios de matérias-primas	
	Redução no consumo de tinta para impressão de embalagens	
	Redução do consumo e do desperdício de esmaltes	
	Redução do consumo e do desperdício de *pallets*	
	Redução do consumo de pigmentos e insumos de condução	Radical
Produto	Reaproveitamento de resíduos sólidos	Incremental
	Redução na geração de resíduos sólidos	
	Redução no consumo de matérias-primas, água e energias	
	Comunicação dos atributos ambientais do produto	
	Redução no consumo de papelão	
	Eliminação de substâncias tóxicas	
	Redução no consumo das tintas de impressão de embalagens	
	Desenvolvimento de novos produtos	Radical

Fonte: Autor

Quadro 26 – Categoria de mudança gerada por foco de ecoinovação (conclusão)

Tipo de ecoinovação	**Foco de ecoinovação**	**Categoria de ecoinovação**
Organizacional	Reaproveitamento de resíduos sólidos por organizações externas	Incremental
	Prevenção de impactos ambientais na destinação das embalagens de tintas	
	Prevenção de impactos ambientais na destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos	
	Redução dos desperdícios de produto acabado	
	Redução no consumo de energia elétrica	
	Redução da emissão de material particulado	Incremental
	Conscientização dos profissionais	
	Gestão do desempenho ambiental	

Fonte: Autor

A primeira similaridade compartilhada por ambos os *clusters é* que a maioria das ecoinovações de processo são de categoria incremental, pois são mudanças que, quando implantadas, melhoram a performance ambiental da manufatura, mas não substituem integralmente ou transformam os processos preexistentes. Um destaque são as soluções que, dependendo da estratégia de cada organização, são aplicadas como uma ação de reação ou antecipação à regulamentações púbicas. São os casos das práticas agrupadas nos seguintes focos de ecoinovação: mitigação da emissão de fluoreto; redução da emissão de material particulado; prevenção do descarte inadequado de efluentes líquidos industriais não tratados; incorporação de resíduos sólidos de sistemas de tratamento na massa cerâmica; e, redução dos desperdícios de matérias-primas.

Outra parcela das ecoinovações de processo com cunho incremental consiste na implantação de tecnologias que reduzem o consumo de recursos (ex.: matérias-primas, água e insumos) da manufatura. Estas práticas pertencem aos seguintes focos de ecoinovação: redução no consumo de gás natural e emissão de fluoreto; redução no consumo de água de fonte externa; redução no consumo de tinta para impressão de embalagens; redução do consumo e do desperdício de *pallets*; e, redução do consumo e do desperdício de esmaltes. Estas práticas de ecoinovação são normalmente aplicadas proativamente para reduzir custos de operação. Também vale ressaltar as ecoinovações incrementais pertencentes ao foco de incorporação de resíduos sólidos de sistemas de tratamento na massa cerâmica. A segunda similaridade encontrada nos *clusters,* é que a única ecoinovação categorizada como radical é a instalação da impressora de alta definição, pertencente ao foco de ecoinovação redução do consumo de pigmentos e insumos de condução. Isto ocorre porque a instalação da impressora HD substituiu

integralmente a tecnologia utilizada previamente de impressão por serigrafia e transformou o mercado, pois viabilizou um processo de impressão que atribui novas características de imagem e textura ao *design* das peças cerâmicas oferecidas aos consumidores. Assim sendo, foi possível verificar que a maioria das ecoinovações de processo, em ambos os *clusters,* são de cunho incremental. Isto é um indício que as organizações pesquisadas ainda não incorporaram às suas estratégias de negócios a mobilização de esforços para desenvolver ecoinovações de processo com impacto radical.

Já em relação a ecoinovação de produto, algumas similaridades foram constatadas. A primeira similaridade é que ambos os *clusters* implantaram soluções que podem ser categorizadas como incremental, pois são ecoinovações que não substituem os produtos preexistentes, mas quando aplicadas melhoram alguns dos atributos ambientais das peças cerâmicas. Podem ser destacadas as ecoinovações de produto que tem como resultado a redução do consumo de recursos para a conformação das peças cerâmicas e o decréscimo dos custos operacionais das organizações. Estas ecoinovações podem ser vistas nos seguintes fócos de ecoinovação: reaproveitamento de resíduos sólidos; redução na geração de resíduos sólidos; redução no consumo de matérias-primas, água e energias; redução no consumo de papelão; e, redução no consumo das tintas de impressão de embalagens. Outra similaridade de ecoinovação de produto incremental verificada nos dois *clusters* foi a remoção do chumbo da composição dos insumos de decoração. Esta solução é centrada no foco de ecoinovação eliminação de substâncias tóxicas.

Algumas peculiaridades permitem a constatação de que, quando comparado ao *cluster* de Santa Gertrudes, o *cluster* de Criciúma alcançou melhores avanços no desenvolvimento de ecoinovações de produto. Somente no *cluster* catarinense foi verificada a ecoinovação incremental de implantação do programa de rotulagem ecológica. Apesar de não gerar um efeito de substituir um produto preexistente, os produtores cerâmicos que possuem a rotulagem com foco na comunicação dos atributos ambientais do produto, tem a possibilidade de alcançar sucesso sob a forma de diferenciação sob o ponto de vista da sustentabilidade, em mercados maduros.

O principal destaque que reforça os avanços do *cluster* catarinense são as ecoinovações radicais pertencentes ao foco no desenvolvimento de novos produtos. Estas ecoinovações de produto são radicais, pois substituem os produtos preexistentes por produtos inteiramente novos que melhoram o desempenho ambiental das edificações onde são instalados. Portanto, o panorama verificado mostra que o conjunto de ecoinovações de cunho incremental é um ponto em comum entre os *clusters* analisados e que o advento de ecoinovações de produto com cunho

radical, atualmente, é, existente somente no *cluster* de Criciúma. De modo geral, a aplicação destas ecoinovações de produto nas edificações, pode permitir que os produtores cerâmicos contribuam para o atendimento da tendência internacional, ressaltada no estudo de Teng e Wu (2014), que é a crescente demanda pelo desenvolvimento dos projetos de construções sustentáveis.

É importante ressaltar também a significativa similaridade de ambos os *clusters* em relação às ecoinovações organizacionais. Nos dois casos são de categoria incremental. Esta conclusão é baseada em três evidências: (1) a aplicação de uma ecoinovação não substitui ou exclui a necessidade da implantação das outras ecoinovações organizacionais identificadas nesta pesquisa; (2) dentro de cada foco de ecoinovação organizacional apresentado neste estudo, as ecoinovações são complementares e não excludentes entre si; e, (3) as ecoinovações verificadas melhoram a performance ambiental das empresas, mas nenhuma delas tem o efeito de transformar radicalmente a organização, o segmento industrial e o mercado.

Podem ser destacadas as soluções que englobam a interação dos produtores cerâmicos com agentes externos, estas ecoinovações são encontradas nos seguintes focos de ecoinovação: reaproveitamento de resíduos sólidos por organizações externas; prevenção de impactos ambientais na destinação das embalagens de tintas; prevenção de impactos ambientais na destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos; e, redução dos desperdícios de produto acabado.

Também podem ser ressaltadas práticas que ocorrem dentro dos limites das unidades industriais. Um destaque são as ecoinovações que melhoram a performance ambiental das edificações dos produtores cerâmicos, pertencentes aos seguintes focos de ecoinovação: redução no consumo de energia elétrica; e, redução da emissão de material particulado. Outro destaque são as práticas relacionadas à capacitação de profissionais e a melhoria do perfil ambiental das empresas. Estas ecoinovações respectivamente, dizem respeito à dois focos de ecoinovação: conscientização dos profissionais e gestão do desempenho ambiental. Portanto, independentemente da aplicação ser dentro ou fora dos limites dos produtores cerâmicos, as ecoinovações organizacionais implantadas nos dois *clusters* são, em sua totalidade, de cunho incremental. Isto é um indício que nos *clusters* de Santa Gertrudes e Criciúma, o desenvolvimento de ecoinovações organizacionais com efeito radical, é, atualmente, inexplorado.

4.6 CRUZAMENTO DOS FOCOS DE ECOINOVAÇÃO COM OS TIPOS DE ECOINOVAÇÃO ESTABELECIDOS NA LITERATURA

Vide no quadro 27, o cruzamento dos focos de ecoinovação verificados nos *clusters,* com os tipos de ecoinovação (processo, produto e inovação organizacional) descritos por Cheng, Yang e Sheu (2014).

Quadro 27 - Cruzamento dos focos de ecoinovação com os tipos de ecoinovação

	Tipos de ecoinovação		
Foco de ecoinovação identificados nos clusters	**Processo**	**Produto**	**Organizacional**
Redução no consumo de gás natural e emissão de fluoreto	X		
Mitigação da emissão de fluoreto	X		
Redução da emissão de material particulado	X		X
Prevenção do descarte inadequado de efluentes líquidos industriais não tratados	X		
Redução no consumo de água de fonte externa	X		
Incorporação de resíduos sólidos de sistemas de tratamento na massa cerâmica	X		
Mitigar os prejuízos dos desperdícios de matérias-primas	X		
Redução no consumo de tinta para impressão de embalagens	X	X	
Redução do consumo e do desperdício de esmaltes	X		
Redução do consumo e do desperdício de *pallets*	X		
Redução do consumo de pigmentos e insumos de condução	X		
Reaproveitamento de resíduos sólidos		X	
Redução na geração de resíduos sólidos		X	
Redução no consumo de matérias-primas, água e energias		X	
Comunicação dos atributos ambientais do produto		X	
Redução no consumo de papelão		X	
Eliminação de substâncias tóxicas		X	
Desenvolvimento de novos produtos		X	
Reaproveitamento de resíduos sólidos por organizações externas			X
Prevenção de impactos ambientais na destinação das embalagens de tintas			X
Prevenção de impactos ambientais na destinação ambientalmente adequada de resíduos sólidos			X
Redução dos desperdícios de produto acabado			X
Redução no consumo de energia elétrica			X

Fonte: Autor

Quadro 27 - Cruzamento dos focos de ecoinovação com os tipos de ecoinovação

	Tipos de ecoinovação		
Foco de ecoinovação identificados nos clusters	**Processo**	**Produto**	**Organizacional**
Conscientização dos profissionais			X
Gestão do desempenho ambiental			X

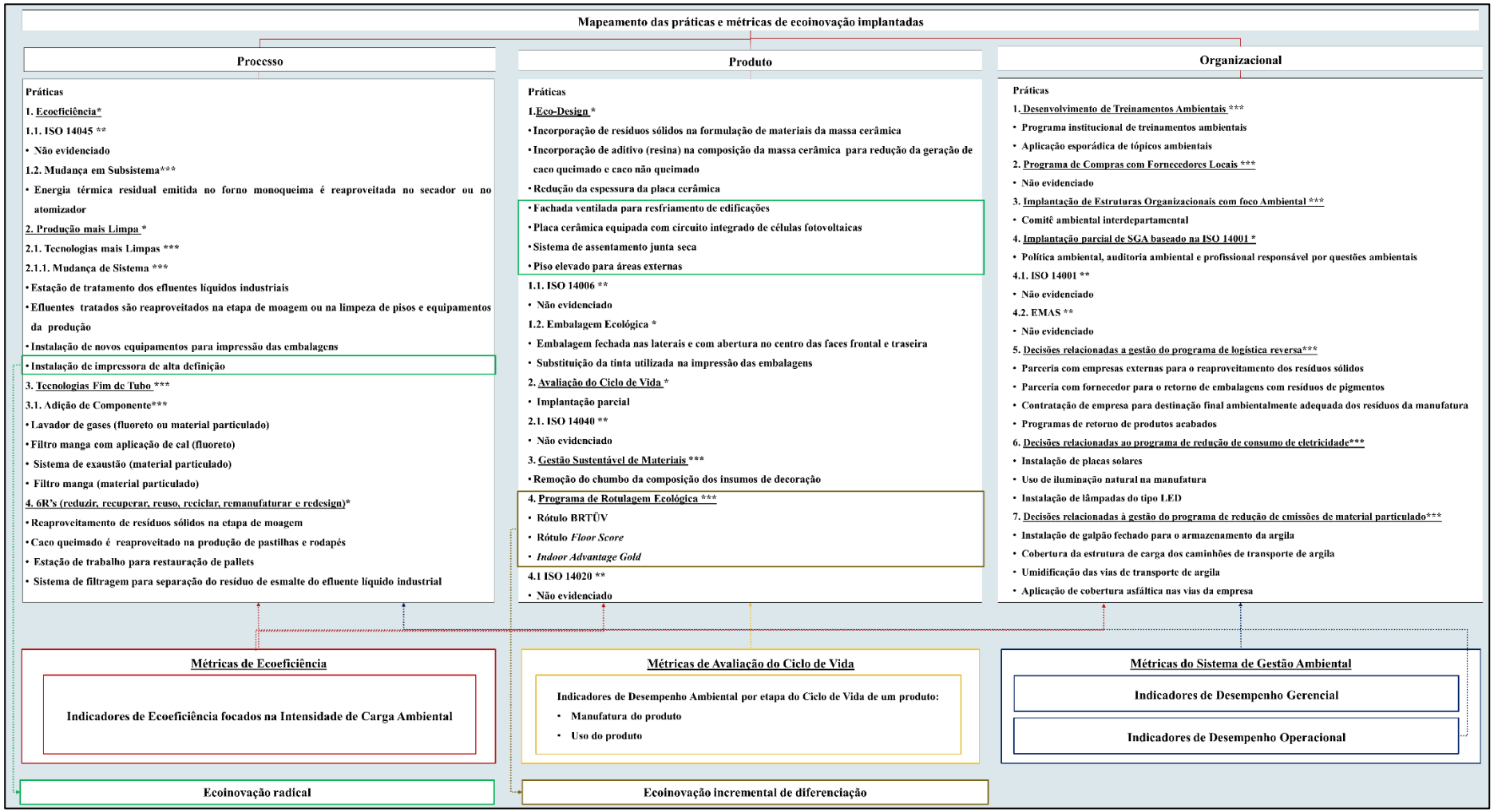
Fonte: Autor

Foi verificado que a maioria dos focos identificados são relacionados a apenas um dos tipos de ecoinovação descritos por Cheng, Yang e Sheu (2014). Apenas dois focos de ecoinovação podem ser considerados exceções. Pode-se destacar o foco de redução da emissão de material particulado que foi verificado tanto em ecoinovações de processo como em ecoinovações organizacionais. Outro destaque é o foco de redução no consumo de tinta para impressão de embalagens verificado nas ecoinovações de processo e organizacional.

4.7 APLICAÇÃO DO MODELO TEÓRICO

Algumas considerações podem ser realizadas com base na análise da Figura 11 que representa a aplicação do modelo teórico proposto nesta pesquisa. Esta análise permite o delineamento do panorama da implantação da ecoinovação nos fabricantes brasileiros de revestimentos cerâmicos, com base em informações coletadas com especialistas dos *clusters* cerâmicos de Santa Gertrudes e Criciúma.

Figura 11 – Modelo teórico aplicado a análise da implantação da ecoinovação



Fonte: Autor

Iniciando a análise da figura 11 a partir do grupo de práticas de ecoinovação de processo, é possível constatar que as principais práticas aplicadas são: produção mais limpa, ecoeficiência, tecnologia de fim de tubo e 6R's.

Já as práticas de ecoinovação de produto constatadas nas organizações são: *eco-design*; avaliação do ciclo de vida; gestão sustentável de materiais; e, programa de rotulagem ecológica. A incidência destas práticas mostra que os produtores dos *clusters* analisados compartilham a perspectiva exposta no estudo de Rodrigues, Pigosso e McAloone (2016) de que o desenvolvimento de produtos com melhor desempenho ambiental é um importante componente do compromisso das empresas com o desenvolvimento sustentável. Vale salientar que os especialistas consultados não relataram que desenvolvem as práticas de ecoinovação de produto com base nas normas: ISO 14006:2011 (Sistemas da gestão ambiental — Diretrizes para incorporar o *ecodesign*); ISO 14040:2009 (Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura); e, ISO 14020:2002 (Rótulos e declarações ambientais - princípios gerais). Isto pode decorrer do fato destacado por Singh, Brueckner e Padhy (2015), de que os custos da aplicação e certificação das normas ISO, são amplamente reconhecidos como barreiras de implantação dentro das organizações. Outro fato que pode influenciar a decisão dos gestores empresariais de não adotar estas normas é a falta de perspectiva que estas normas possam agregar valor ao produto.

Em relação às práticas de ecoinovação organizacional, destacam-se o desenvolvimento de treinamentos ambientais; implantação de estruturas organizacionais com foco ambiental; implantação parcial de SGA baseado na ISO 14001; logística reversa; programa de redução de consumo elétrico; e, programa de redução da emissão de material particulado. A prática do estabelecimento do programa de compras com fornecedores locais não foi evidenciada em nenhum dos fabricantes consultados. Uma possibilidade para a ausência destes programas é que, na maioria dos casos, os fornecedores tendem a instalar suas unidades de negócio em locais próximos aos *clusters* analisados. Poucos entrevistados sinalizaram que adquirem matérias-primas ou insumos de fornecedores com localização afastada dos *clusters*.

A incidência da ampla gama das práticas de ecoinovação apresentadas nesta pesquisa, reforça o argumento de Silvestre e Neto (2014) de que as metodologias e conceitos de sustentabilidade evoluíram significativamente nas últimas décadas.

A aplicação do modelo teórico também viabilizou a identificação das principais métricas utilizadas pelos produtores cerâmicos para mensurar e realizar a gestão das práticas de ecoinovação.

Uma primeira conclusão é que algumas métricas podem ser utilizadas para mensurar mais de um tipo de ecoinovação. Um exemplo é o conjunto das métricas de ecoeficiência, vide que a Figura 11, indica que as organizações consultadas utilizam os indicadores de ecoeficiência focados na intensidade de carga ambiental para mesurar algumas das práticas de ecoinovação de processo, de produto e organizacional. Isto é um indício que as métricas de ecoeficiência normalmente relacionadas à mensuração da performance ambiental da manufatura, também podem ser utilizadas para acompanhar os resultados das ecoinovações de produto e organizacional. Esta constatação reforça o argumento dos estudos de Levidow et al. (2016) e Angelis-Dimakis, Alexandratou e Balzarini (2016) de que os indicadores de ecoeficiência podem ser atrelados ao monitoramento de uma ecoinovação. Dentro do conjunto das métricas de ecoeficiência também podem ser destacados os indicadores de ecoeficiência focados na produtividade (ARAMPATZIS et al., 2016; WANG et al., 2016). Uma peculiaridade encontrada em ambos os *clusters* é que estes indicadores não são utilizados pelos produtores cerâmicos analisados para mensurar nenhuma das ecoinovações identificadas. Apesar de utilizar alguns indicadores do conjunto de métricas de ecoeficiência, os especialistas consultados não seguem as diretrizes da ISO 14045 (Gestão ambiental — Avaliação da ecoeficiência de sistemas de produto — Princípios, requisitos e orientações).

Outro exemplo, extraído da análise da figura 11, é relacionado ao conjunto das métricas do sistema de gestão ambiental. É possível verificar que os indicadores de desempenho operacional podem ser utilizados para mensurar os resultados, tanto de ecoinovações de processo, como de ecoinovações organizacionais. Dentro do conjunto das métricas do SGA também podem ser destacados os indicadores de desempenho gerencial. A figura 11 indica que estes indicadores são utilizados pelos produtores analisados, somente para mensurar as ecoinovações organizacionais. É importante ressaltar que, apesar de utilizar indicadores que podem ser atrelados a um sistema de gestão ambiental, os produtores cerâmicos não seguem as diretrizes da ISO 14031:2015 (Gestão ambiental — Avaliação de desempenho ambiental — Diretrizes). Isto pode estar relacionado as seguintes barreiras destacadas por Oliveira, Serra e Salgado (2010) que dificultam a implantação das diversas normas relacionadas a ISO 14001 no Brasil: os profissionais das empresas são resistentes a aplicação das auditorias (internas e externas) exigiras pela ISO; o crescente custo que as empresas tem para manter o SGA baseado nas diretrizes da ISO 14001; e, as constantes mudanças nas regulamentações brasileiras que dificultam a atualização das empresas em relação aos requisitos da certificação.

Já no conjunto das métricas de avaliação do ciclo de vida, os especialistas consultados relataram a utilização destas métricas somente para mensurar os resultados das práticas de

ecoinovação de produto. Conforme a Figura 11, os indicadores utilizados nos produtores cerâmicos são concentrados em apenas duas etapas do ciclo de vida: manufatura do produto e uso do produto. Este indício mostra que os produtores ainda não consideram, no desenvolvimento de produtos, os indicadores de desempenho ambiental relacionados às seguintes etapas do ciclo de vida das peças cerâmicas: extração de matéria-prima; produção de material; fim de vida; e, transporte. Um fato que pode explicar a concentração de indicadores na etapa de manufatura, é que significativa parte das regulamentações públicas aplicadas aos produtores cerâmicos são relacionadas a requerimentos focados na melhoria da performance ambiental dos processos de produção. Já a incidência dos indicadores voltados a etapa de uso pode ser relacionada ao fato que estes indicadores ajudam os produtores cerâmicos a mostrar aos consumidores as melhorias que a aplicação das peças cerâmicas podem gerar na performance ambiental das edificações.

Outra constatação da aplicação do modelo teórico é que a maioria das práticas de ecoinovação implantadas nos processos, produtos e métodos organizacionais são de cunho incremental. Significativa parte destas ecoinovações foram implantadas por três motivos: reação ou antecipação a requisitos de legislações ambientais ou demandas do mercado; evitar a incidência de multas; e, busca da diminuição de custos operacionais. De maneira geral, as práticas identificadas podem ser enquadradas nas subcategorias de inovação incremental, reativa ou de antecipatória, estabelecidas no estudo de Klewitz e Hansen (2014). Uma exceção é a implantação do rótulo ecológico que pode ser um fator de diferenciação para consumidores que consideram a responsabilidade ambiental como critério para a decisão de compra. Assim, esta prática pode ser classificada na subcategoria de ecoinovação incremental de diferenciação, definida por Klewitz e Hansen (2014).

Também percebeu-se a incidência de poucas ecoinovações radicas, o uso da impressora HD como ecoinovação de processo e as ecoinovações de produto encontradas na fachada ventilada para resfriamento de edificações, na placa cerâmica equipada com circuito integrado de células fotovoltaicas, no sistema de assentamento junta seca e no piso elevado para áreas externas. Portanto, percebe-se que produtores brasileiros focam seus esforços na implantação de ecoinovações de cunho incremental e que a mobilização de esforços para o desenvolvimento de ecoinovações radicais não é totalmente explorada nos produtores cerâmicos, sobretudo no *cluster* de Santa Gertrudes. De fato, isso corrobora com os estudos prévios (SCUR; GARCIA, 2015; SCUR; GARCIA; ARAUJO, 2015; GARCIA; SCUR, 2016) que identificaram o papel que cada cluster assumiu ao longo de sua existência. Por exemplo, o *cluster* de Santa Gertrudes tem como foco a produtividade e o baixo custo dos produtos finais, logo, os processos

produtivos são modernos e as tecnologias de processo são as mais atuais. Já o *cluster* de Criciúma sempre optou por atuar em nichos de mercado de alto valor agregado, em que os produtos são diferenciados e requerem constantes inovações.

Para se ter uma ideia, o colorífício atua de forma totalmente diferente em ambos os *clusters*. Em Santa Gertrudes, ele oferece o pacote completo de *design* de novos produtos, desde o desenho, a arte, as matérias-primas, como por exemplo, as tintas para impressora HD e também o serviço de acompanhamento da produção até o produto entrar em linha. Em Criciúma, dificilmente o colorifício atua como laboratório de desenvolvimento. O *design* ainda é interno e ele apenas fornece as tintas, fritas e esmaltes. Desta forma, a maneira com que os *clusters* atuam no mercado difere entre eles e essa característica também é percebida nas práticas ambientais.

5. CONCLUSÃO

A aplicação do modelo teórico, na análise das informações coletadas nas organizações consultadas, viabilizou a obtenção de diversos resultados que contribuem para a melhoria do conhecimento do modo como a ecoinovação é implantada nos fabricantes brasileiros de revestimentos cerâmicos.

As práticas mais comuns implantadas em processo são: produção mais limpa, ecoeficiência, tecnologia de fim de tubo e 6R's. Em relação a ecoinovação de produto as práticas com maior índice de implantação são: *eco-design*; avaliação do ciclo de vida; gestão sustentável de materiais; e, programa de rotulagem ecológica. No caso da ecoinovação organizacional as práticas comumente implantadas são: desenvolvimento de treinamentos ambientais; implantação de estruturas organizacionais com foco ambiental; implantação parcial de SGA baseado na ISO 14001; logística reversa; programa de redução de consumo elétrico; e, programa de redução da emissão de material particulado.

Também foram identificadas as métricas de ecoinovação utilizadas pelos fabricantes para mesurar os resultados das ecoinovações identificadas. Foi verificada que as métricas de ecoeficiência são aplicadas para mensurar as ecoinovações de processo, produto e organizacional. As métricas que podem ser atreladas a avaliação do ciclo de vida são utilizadas pelos produtores cerâmicos para mensurar as ecoinovações de produto. Já as métricas do sistema de gestão ambiental podem ser aplicadas para aferir os resultados das práticas de ecoinovação de processo e organizacional.

A maioria das ecoinovações implantadas são de cunho incremental. Poucas ecoinovações radicais foram identificadas. Importante ressaltar a ecoinovação de processo radical, impressora de alta definição, verificada nos produtores dos *clusters* de Santa Gertrudes e Santa Catarina. Também vale destacar as ecoinovações de produto de cunho radical que foram verificadas somente no *cluster* de Criciúma: fachada ventilada para resfriamento de edificações; placa cerâmica equipada com circuito integrado de células fotovoltaicas; sistema de assentamento junta seca; e, piso elevado para áreas externas.

Uma limitação desta pesquisa é que apesar de viabilizar importantes conclusões qualitativas que contribuem para o amadurecimento da teoria sobre ecoinovação, a aplicação da metodologia do estudo de caso gera resultados de difícil generalização para outros segmentos industriais. Isto ocorre porque os resultados descritos nesta pesquisa representam a análise aprofundada da realidade específica dos produtores brasileiros de placas cerâmicas. Outro limitante foi a dificuldade de acesso as informações quantitativas, pois a maioria dos produtores

cerâmicos consultados relataram que estes dados são confidenciais e que não podem ser divulgados para agentes externos as organizações.

Futuras pesquisas podem ser pautadas na quantificação da melhoria que cada ecoinovação identificada pode gerar nos resultados da performance ambiental dos produtores cerâmicos. Estudos quantitativos também podem ser realizados para quantificar os benefícios ambientais que cada prática identificada tem sobre as etapas do ciclo de vida das peças cerâmicas. Importante salientar que uma expansão desta pesquisa, pode ser baseada na análise da implantação da ecoinovação na cadeia de suprimentos da indústria de revestimentos cerâmicos. Outra perspectiva futura é aplicar o modelo teórico proposto na análise da implantação das práticas de ecoinovação em industrias de outros segmentos (ex.: automotiva). Também vale ressaltar que estudos futuros podem ser realizados, para verificar a aplicabilidade do modelo teórico proposto na análise das relações, das varáveis e das condições de implantação da ecoinovação em empresas prestadoras de serviço (ex.: fornecedores de refeições).

Em relação às implicações gerenciais, espera-se que os resultados deste estudo forneçam informações que suportem a tomada de decisões dos gestores empresariais quanto à implementação de práticas de ecoinovação em suas unidades de negócios. Isto ocorre porque esta pesquisa relaciona e descreve uma gama de práticas de ecoinovação que podem ser consultadas pelos gestores empresariais, avaliadas e aplicadas nos processos, produtos e iniciativas organizacionais dos produtores cerâmicos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. L.; Nunes A. B. A... Proposta de indicadores para avaliação de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental e de Segurança e Saúde no Trabalho de Empresas do ramo de engenharia consultiva. **Gestão & Produção**, v. 21, n 4, p. 810-820, out./dez. 2014. Disponível em < http://dx.doi.org/10.1590/0104-530X649> Acesso em: 19 jan. 2017.

ALMEIDA. Maria Isabel, et.al. Environmental profile of ceramic tiles and their potential for improvement. **Journal of Cleaner Production**, v.131, p.583-593, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clepro.2016.04.131>. Acesso em: 27. Nov. 2017.

ANFACER. **Relatório de atividades 2014 / 2016**. Disponível em <http://www.exporevestir.com.br/transf/Relat%C3%B3rio%20de%20Atividades%202014-2016.pdf> Acesso em: 27 jun. 2016.

ANGELIS-DIMAKIS, A.; ALEXANDRATOU, A.; BALZARINI, A.. Value chain upgrading in a textile dyeing industry. **Journal of Cleaner Production,** v. 138, p.237-247, Dec. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.137>. Acesso em: 13 jan. 2017.

ARAMPATZIS, G. et al. A web-based Toolbox to support the systemic eco-efficiency assessment in water use systems. **Journal of Cleaner Production,** v. 138, p.181-194, Dec. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.065>. Acesso em: 10 jan. 2017.

ARENA, Marika; AZZONE, Giovanni; CONTE, Antonio. A streamlined LCA framework to support early decision making in vehicle development. **Journal of Cleaner Production,** v. 41, p.105-113, Feb. 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.031>. Acesso em: 13 jan. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Introdução à ABNT NBR ISO 14001:2015**. 2015. Disponível em: http://www.abnt.org.br/publicacoes2/category/146-abnt-nbr-iso-14001>. Acesso em: 18. jan. 2017.

_____. **NBR ISO 14006:2011:** Sistemas da gestão ambiental — Diretrizes para incorporar o ecodesign. Brasil, dez. 2014.

_____. **NBR ISO 14040:2009:** Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Brasil, jul. 2014.

BANU, Elena; PARASCHIV, Dorel; DOROBANTU, Roxana Voicu. Achieving eco-innovation through strategic alliances: study case of Renault strategic alliances. **The Romanian Economic Journal**, v. 15, n. 46, p. 291, Dec. 2012. Disponível em <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.304.3115&rep=rep1&type=pdf> Acesso em: 24 fev. 2016.

BARDIN L.. **Ánálise de conteúdo**. SP: Edições 70, 2011.

BENVENISTE, G. et al. Análise do Ciclo de Vida Setorial de Placas Cerâmicas. **Cerâmica Industrial**, v. 17, n. 1, p. 7-13, jan./fev. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/cerind.2014.001>. Acesso em: 14 dez. 2017.

BILGE, Pinar et al. A novel manufacturing architecture for sustainable value creation. **Cirp Annals - Manufacturing Technology,** v. 65, n. 1, p.455-458, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.04.114>. Acesso em: 07 jan. 2017.

BNDES. **Panorama do setor de revestimentos cerâmicos no Brasil**. 2013. Disponível em <https://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/setorial/Informe_26.pdf> Acesso em: 27 jun. 2016.

BOVEA, María D. et al. Environmental performance of ceramic tiles: Improvement proposals. **Materials & Design**, v. 31, n. 1, p.35-41, jan. 2010. boveDisponível em: <10.1016/j.matdes.2009.07.021>. Acesso em: 09 out. 2017

BOSSLE, Marilia Bonzanini et al.. The drivers for adoption of eco-innovation. **Journal of Cleaner Production**, v. 113, n. 1, p. 861–872, Feb. 2016. Disponível em < http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.11.033> Acesso em: 15 ago. 2016.

BRATT, Cecilia et al. Assessment of eco-labelling criteria development from a strategic sustainability perspective. **Journal of Cleaner Production,** v. 19, n. 14, p.1631-1638, Sep. 2011. Disponível em: <10.1016/j.jclepro.2011.05.012>. Acesso em: 28 out. 2016.

BREEDVELD. Leo, et.al. Eco-efficiency of fabric filters in the Italian ceramic tile industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, p. 86-93, 2007. Disponível em: <doi: 10.1016/j.jclepro.2005.08.015> Acesso em: 26. nov.2017.

BÜYÜKÖZKAN, Gülçin; ÇIFÇI, Gizem. A novel hybrid MCDM approach based on fuzzy DEMATEL, fuzzy ANP and fuzzy TOPSIS to evaluate green suppliers. **Expert Systems with Applications**, v. 39, n. 3, p. 3000–3011, Feb. 2012. Disponível em < http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2011.08.162> Acesso em: 22 nov. 2016.

CAMPOS, Lucila M.s. et al. Environmental performance indicators: a study on ISO 14001 certified companies. **Journal of Cleaner Production,** v. 99, p.286-296, July. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.019>. Acesso em: 19 jan. 2017.

CAMPOS, Lucila Maria de Souza; MELO, Daiane Aparecida de. Indicadores de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA): uma pesquisa teórica. **Produção,** v. 18, n. 3, p.540-555, dez. 2008. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132008000300010>. Acesso em: 17 jan. 2017.

CARLSON, Anna; PALMER, Charles. A qualitative meta-synthesis of the benefits of eco-labeling in developing countries. **Ecological Economics,** v. 127, p.129-145, July. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2016.03.020>. Acesso em: 31 out. 2016.

CARRILLO-HERMOSILLA, Javier; RÍO, Pablo del; KÖNNÖLÄ, Totti. Diversity of eco-innovations: Reflections from selected case studies. **Journal of cleaner production**, v. 18, n. 10-11, p.1073-1083, July. Disponível em: <doi:10.1016/j.jclepro.2010.02.014>. Acesso em: 10 abr. 2016.

CERDAN, Carlos et al. Proposal for new quantitative eco-design indicators: a first case study. **Journal of Cleaner Production,** v. 17, n. 18, p.1638-1643, Dec. 2009. Disponível em: <10.1016/j.jclepro.2009.07.010>. Acesso em: 19 jan. 2017.

CETESB. **Guia técnico ambiental da indústria de cerâmica branca e de revestimento – série P+L**. 2008. Disponível em <http://www.redeaplmineral.org.br/biblioteca/ceramica-de-revestimento/ceramica.pdf/view > Acesso em: 15 dez. 2016.

_____. **Qualidade do ar no estado de São Paulo 2015**. Disponível em: <http://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2017/08/Cetesb_Saude_FINAL_4_WEB.pdf>. Acesso em: 28. Nov.2017

CHANG, Danni; LEE, C.K.M.; CHEN, Chun-Hsien. Review of life cycle assessment towards sustainable product development, **Journal of Cleaner Production**, v. 83, n. 15, p. 48–60, Nov. 2014. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.050> Acesso em: 11 ago. 2016.

CHEN, Lizhu et al. A process-level water conservation and pollution control performance evaluation tool of cleaner production technology in textile industry. **Journal Of Cleaner Production,** v. 143, p.1137-1143, Feb. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.006>. Acesso em: 26 jan. 2017.

CHENG, Colin; SHIU, Eric. Validation of a proposed instrument for measuring eco-innovation:An implementation perspective. **Technovation**, v. 32, p. 329-344, n. 6, Mar. 2012. Disponível em < doi: 10.1016/j.technovation.2012.02.001> Acesso em: 20 jun. 2016.

CHENG, Colin; YANG, Chen-lung; SHEU, Chwen. The link between eco-innovation and business performance: a Taiwanese industry context. **Journal of Cleaner Production**, v. 64, p. 81-90, Feb. 2014. Disponível em <doi: 10.1016/j.jclepro.2013.09.050> Acesso em: 27 jun. 2016.

CHRISTOFOLETTI, Sergio Ricardo et al. Impactos Positivos e Negativos da Atividade Minerária no APL de Santa Gertrudes - SP. **Cerâmica Industrial**, v. 17, n. 4, p. 33-38, Jul./Ago. 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4322/cerind.2014.022>. Acesso em: 15 dez. 2016

COMOGLIO, Claudio; BOTTA, Serena. The use of indicators and the role of environmental management systems for environmental performances improvement: a survey on ISO 14001 certified companies in the automotive sector. **Journal of Cleaner Production,** v. 20, n. 1, p.92-102, Jan. 2012. Disponível em: <10.1016/j.jclepro.2011.08.022>. Acesso em: 17 jan. 2017.

COSTA-JÚNIOR, Antônio; PASINI, Kristian; ANDRADE, Célio. Clean Development Mechanism in Brazil: an instrument for technology transfer and the promotion of cleaner technologies?. **Journal of Cleaner Production,** v. 46, p.67-73, May 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.044>. Acesso em: 17 dez. 2016.

CPRH. **O setor ceramista e o meio ambiente: guia prático para o licenciamento ambiental. 2010. Disponível** em <http://www.cprh.pe.gov.br/ARQUIVOS_ANEXO/cartilha%20caramistas;0419;20101123.pZf> Acesso em: 14 dez. 2016.

DEMIREL, Pelin; KESIDOU, Effie. Stimulating different types of eco-innovation in the UK: Government policies and firm motivations. **Ecological Economics**, v. 70, n. 8, p. 1546-1557, June. 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.03.019>. Acesso em: 16 dez. 2016.

DÍAZ-GARCÍA, Cristina; GONZÁLEZ-MORENO, Ángela; SÁEZ-MARTÍNEZ, Francisco. Eco-innovation: insights from a literature review. **Innovation: Management, Policy & Practice**, v. 17, p. 6-23, Apr. 2015. Disponível em < DOI:10.1080/14479338.2015.1011060> Acesso em: 02 abr. 2016.

DIMAKIS, A. A.; ARAMPATZIS, G.; ASSIMACOPOULOS, D. Systemic eco-efficiency assessment of meso-level water use systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 138, p. 195–207, Dec. 2016 . Disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.136> Acesso em: 12 jan . 2016.

EISENHARDT, K. M.. Building Theories from Case Study Research. **The Academy of Management Review**, v. 14, p.532-550, Oct. 1989. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/258557>. Acesso em: 17 fev. 2017.

ELÇI. Hakan. Utilisation of crushed floor and wall tile wastes as aggregate in concrete production. **Journal of Cleaner Production**, v.112, p.742-752, 2016. Disponível em: < http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.003.> Acesso em: 28.Nov.2017.

EUROPEAN COMMISSION (EC). **Resource Efficiency Indicators**. Disponível em: < http://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/IR4_en.pdf>. 2013. Acesso em: 12. jan. 2017.

_____. **Set of promising resource efficiency indicators that can be used in daily operations in the process industries for further screening**. 2014. Disponível em:

<http://www.more-nmp.eu/wp-content/uploads/2014/05/MORE_D1.1_Set-of-promising-resource-efficiency-indicators.pdf>. Acesso em: 12. jan. 2017.

FAULKNER, William; BADURDEEN, Fazleena. Sustainable Value Stream Mapping (Sus-VSM): methodology to visualize and assess manufacturing sustainability performance. **Journal of Cleaner Production,** v. 85, p.8-18, Dez. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.05.042>. Acesso em: 05 jan. 2017.

FERNÁNDEZ-VIÑÉ, María Blanca; GÓMEZ-NAVARRO, Tomás; CAPUZ-RIZO, Salvador F.. Eco-efficiency in the SMEs of Venezuela. Current status and future perspectives. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 8, p.736-746, May 2010. Disponível em: <doi:10.1016/j.jclepro.2009.12.005>. Acesso em: 01 mar. 2017.

FIESP. **A indústria mineral paulista**: Síntese setorial do mercado consumidor. 1. Ed. São Paulo: Fiesp, 2017.

FRONDEL, Manuel; HORBACH, Jens; RENNINGS, Klaus. End-of-pipe or cleaner production? An empirical comparison of environmental innovation decisions across OECD countries. **Business Strategy and The Environment,** v. 16, n. 8, p.571-584, 2007. Disponível em: <DOI: 10.1002/bse.496>. Acesso em: 17 dez. 2016.

FUNDACENTRO. **Manual de controle de poeira no setor de revestimentos cerâmicos**: Programa Nacional de Eliminação da Silicose – PNES. 1. Ed. São Paulo: Fundacentro – Aspacer, 2010.

GABALDÓN-ESTEVAN, D.; CRIADO, E.; MONFORT, E.. The green factor in European manufacturing: a case study of the Spanish ceramic tile industry. Journal Of Cleaner Production, v. 70, p.242-250, May 2014. Disponível em: <dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.018>. Acesso em: 27 nov. 2017.

GALEAZZO, A.; KLASSEN, Robert D. Organizational context and the implementation of environmental and social practices: what are the linkages to manufacturing strategy?. **Journal of Cleaner Production**, v. 108, p. 158–168, Dec. 2015. Disponível em < http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.053> Acesso em: 24 jan. 2017.

GARCIA, Renato de Castro; SCUR, Gabriela . Experiences of cluster evolution in the Brazilian ceramic tile industry: the accumulation of capabilities among local producers in a developing country. In: Fiorenza Belussi; Jose Luis Hervás-Oliver. (Org.). Unfolding Cluster Evolution. 1ed.New York: Routledge Taylor & Francis Group, 2016, v. 01, p. 252-266.

GAVRONSKI, I. Resources and Capabilities for Sustainable Operations Strategy. **Journal of Operations and Supply Chain Management**, v. 1, p. 1-20, Dec. 2012. Disponível em < http://dx.doi.org/10.12660/joscmv1n1p1-20 > Acesso em: 9 set. 2016.

GAUTHIER, Jeffrey; WOOLDRIDGE, Bill. Influences on Sustainable Innovation Adoption: Evidence from Leadership in Energy and Environmental Design. **Business Strategy And The Environment**, v. 21, n. 2, p.98-110, May 2011. Acesso em: 01 ago. 2017.

GLAVIč, Peter; LUKMAN, Rebeka. Review of sustainability terms and their definitions. **Journal Of Cleaner Production,** v. 15, n. 18, p.1875-1885, Dec. 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2006.12.006>. Acesso em: 14 set. 2016.

GOVINDAN, K. et al. Investigation of the influential strength of factors on adoption of green supply chain management practices: An Indian mining scenario. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 107, p. 185-194, Feb. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.05.022>. Acesso em: 03 jun. 2016.

HENRIQUES, João; CATARINO, Justina. Sustainable Value and Cleaner Production – research and application in 19 Portuguese SME. **Journal of Cleaner Production,** v. 96, p.379-386, June. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.02.030>. Acesso em: 23 nov. 2016.

HORBACH, Jens. 2014. **Determinants of Eco/innovation from a European/wide Perspective – an Analysis based on the Community Innovation Survey (CIS)**. Disponível em < http://www.sustainability-seeds.org/papers/RePec/srt/wpaper/0714.pdf> Acesso em: 27 fev. 2016.

IBÁÑEZ-FORÉS, V.; BOVEA, M.d.; AZAPAGIC, A.. Assessing the sustainability of Best Available Techniques (BAT): methodology and application in the ceramic tiles industry. Journal Of Cleaner Production, v. 51, p.162-176, July. 2013. Disponível em: <dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.01.020>. Acesso em: 21 nov. 2017.

JABBOUR, Charbel José Chiappetta et al. Green teams: understanding their roles in the environmental management of companies located in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 46, p.58-66, May 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.018>. Acesso em: 10 fev. 2017.

JACOMOSSI et al. Fatores determinantes da ecoinovação: um estudo de caso a partir de uma indústria gráfica brasileira. **Gestão & Regionalidade**, v. 32, n. 94, p. 861–872, jan-abr. 2016. Disponível em <10.13037/gr.vol32n94.3134> Acesso em: 13 dez. 2016.

JACQUEMIN, Leslie; PONTALIER, Pierre-yves; SABLAYROLLES, Caroline. Life cycle assessment (LCA) applied to the process industry: a review. **The International Journal of Life Cycle Assessment,** v. 17, n. 8, p.1028-1041, 3 may 2012. Disponível em: <10.1007/s11367-012-0432-9>. Acesso em: 13 set. 2016.

JAYAL, A.d. et al. Sustainable manufacturing: Modeling and optimization challenges at the product, process and system levels. **Cirp Journal Of Manufacturing Science And Technology,** v. 2, n. 3, p.144-152, Jan. 2010. Disponível em: <doi:10.1016/j.cirpj.2010.03.006>. Acesso em: 19 jan. 2017.

JIMÉNEZ-GUERRERO, José Felipe; GÁZQUEZ-ABAD, Juan Carlos; CEBALLOS-SANTAMARÍA, Guillermo. Innovation in eco-packaging in private labels. **Innovation,** v. 17, n. 1, p.81-90, 2 Jan. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/14479338.2015.1011055>. Acesso em: 28 out. 2016.

KEMP, R.; PEARSON, P.. 2007. **Final report of the MEI project measuring eco innovation**. Disponível em <http://www.oecd.org/env/consumption-innovation/43960830.pdf> Acesso em: 10 abril. 2016.

KLEMES, Jiří Jaromír; VARBANOV, Petar Sabev; HUISINGH, Donald. Recent cleaner production advances in process monitoring and optimisation. **Journal of Cleaner Production,** v. 34, p.1-8, Oct. 2012. Disponível em: <doi:10.1016/j.jclepro.2012.04.026>. Acesso em: 13 set. 2016.

KLEWITZ, Johanna; HANSEN, Erik G.. Sustainability-oriented innovation of SMEs: a systematic review. **Journal of Cleaner Production**, v. 65, p. 57–75, Feb. 2014. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.017 > Acesso em: 10 nov. 2016.

KOPLIN, Julia; SEURING, Stefan; MESTERHARM, Michael. Incorporating sustainability into supply management in the automotive industry e the case of the Volkswagen AG. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 11-12, p. 1053–1062, Sep. 2007. Disponível em <doi:10.1016/j.jclepro.2006.05.024> Acesso em: 13 mai. 2016.

LAOSIRIHONGTHONG, Tritos; ADEBANJO, Dotun; TAN, Keah Choon. Green supply chain management practices and performance. **Industrial Management & Data Systems,** v. 113, n. 8, p.1088-1109, 23 Aug. 2013. Disponível em: <DOI 10.1108/IMDS-04-2013-0164>. Acesso em: 28 out. 2016.

LEVIDOW, Les et al. Process eco-innovation: assessing meso-level eco-efficiency in industrial water-service systems. **Journal of Cleaner Production,** v. 110, p. 54-65, Jan. 2016. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.086. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.086>. Acesso em: 10 jan. 2017.

LEWANDOWSKA, Anna et al. LCA as an element in environmental management systems—comparison of conditions in selected organisations in Poland, Sweden and Germany – Part 1. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 2, p.472-480, 10 Aug. 2012. Disponível em: <doi:10.1007/s11367-012-0480-1>. Acesso em: 16 fev. 2017.

LEWANDOWSKA, Anna et al. LCA as an element in environmental management systems—comparison of conditions in selected organisations in Poland, Sweden and Germany – Part 2. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 2, p.481-489, 10 Aug. 2012. Disponível em: <doi:10.1007/s11367-012-0481-0>. Acesso em: 14 fev. 2017.

LI, Yuanhao; VELD, Klaas van 't. Green, greener, greenest: Eco-label gradation and competition. **Journal of Environmental Economics And Management,** v. 72, p.164-176,

July. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jeem.2015.05.003>. Acesso em: 28 out. 2016.

LINDAHL, Pia et al. Strategic sustainability considerations in materials management. **Journal of Cleaner Production,** v. 64, p.98-103, Fev. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.07.015>. Acesso em: 28 out. 2016.

LOZANO, Rodrigo. Towards better embedding sustainability into companies' systems: an analysis of voluntary corporate initiatives. **Journal of Cleaner Production,** v. 25, p.14-26, Apr. 2012. Disponível em: <doi:10.1016/j.jclepro.2011.11.060>. Acesso em: 09 set. 2016.

MARCAL, Luciana Maichaki et al. FUNDAMENTOS DA ANÁLISE DO CICLO DE VIDA. In: XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, 33., 2013, Salvador. **Encontro.** Salvador: Abrepo, 2013. p. 1 - 12. Disponível em: <www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_WIC_185_055_22686.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2017.

MEZQUITA. A, et.al. How to reduce energy and water consumption in the preparation of raw materials for ceramic tile manufacturing: Dry versus wet route. **Journal of Cleaner Production**, v. 168 p.1566-1570, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.04.082.> Acesso em 26. Nov.2017.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. Produção, v. 17, n. 1, p.216-229, abr. 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132007000100015>. Acesso em: 21 maio 2016.

MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick.. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 226 p.

MONTES, Mary Laura Delgado; MIRANDA, Mariana Maia de. INDICADORES DE ECO-EFICIÊNCIA: APLICAÇÃO À INDÚSTRIA DE AÇO NO BRASIL. In: XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUCAO, 21., 2011, São Paulo. **Encontro.** Belo Horizonte: Abepro, 2011. p. 1 - 3. Disponível em: <www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STO_143_903_18672.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2017.

MÜLLER, Karin et al. Eco-efficiency as a sustainability measure for kiwifruit production in New Zealand. **Journal of Cleaner Production,** v. 106, p.333-342, Nov. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.049>. Acesso em: 10 jan. 2017.

NGUYEN, Quynh Anh; HENS, Luc. Environmental performance of the cement industry in Vietnam: the influence of ISO 14001 certification. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p.362-378, June. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.032>. Acesso em: 08 fev. 2017

OLIVEIRA, Otávio José de; SERRA, José Roberto; SALGADO, Manoel Henrique. Does ISO 14001 work in Brazil? **Journal Of Cleaner Production**, v. 18, n. 18, p.1797-1806, Dec. 2010. Disponível em: <10.1016/j.jclepro.2010.08.004>. Acesso em: 27 nov. 2017.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Eco-Innovation in Industry: Enabling Green Growth**. 2009. Disponível em: <www.oecd.org/sti/ind/44424374.pdf>. Acesso em: 6. jan. 2017.

PASSETTI, Emilio; TENUCCI, Andrea. Eco-efficiency measurement and the influence of organisational factors: evidence from large Italian companies. **Journal of Cleaner Production,** v. 122, p.228-239, May 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.035>. Acesso em: 10 jan. 2017.

PENTEADO, Carmenlucia Santos Giordano; CARVALHO, Eduardo Viviani de; LINTZ, Rosa Cristina Cecche. Reusing ceramic tile polishing waste in paving block manufacturing. **Journal Of Cleaner Production**, v. 112, p.514-520, Jan. 2016. Disponível em: <dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.142>. Acesso em: 26 nov. 2016.

POUDELET, Victor et al. A process-based approach to operationalize life cycle assessment through the development of an eco-design decision-support system. **Journal of Cleaner Production,** v. 33, p.192-201, Sep. 2012. Disponível em: <doi:10.1016/j.jclepro.2012.04.005>. Acesso em: 05 jan. 2016.

PRIETO-SANDOVAL, Vanessa et al. ECO-labels as a multidimensional research topic: Trends and opportunities. **Journal of Cleaner Production,** v. 135, p.806-818, Nov. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.167>. Acesso em: 19 jan. 2017.

RAVI, V.. Analysis of interactions among barriers of eco-efficiency in electronics packaging industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 101, p.16-25, Aug. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.002>. Acesso em: 01 fev. 2017.

RODRIGUES. Vinícius.P, et.al. Process-related key performance indicators for measuring sustainability performance of eco-design implementation into product development. **Journal of Cleaner Production**, v. 139, p. 416-428, 2016. Disponível em:< http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro. 2016.08.046> Acesso em: 29. Nov.2017.

ROSCOE, Samuel; COUSINS, Paul D.; LAMMING, Richard C. Developing eco-innovations: a three-stage typology of supply networks. **Journal of Cleaner Production**, v. 112, n. 3, p. 1946-1959, July. 2015. Disponível em <doi:10.1016/j.jclepro.2015.06.125> Acesso em: 26 fev. 2016.

SANTOLARIA, Maria et al. Eco-design in innovation driven companies: perception, predictions and the main drivers of integration. The Spanish example. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, n. 12, p.1315-1323, Aug. 2011. Disponível em: <doi:10.1016/j.jclepro.2011.03.009>. Acesso em: 21 fev. 2017.

SCUR, Gabriela; GARCIA, Renato de Castro ; ARAUJO, V . University-Firm Interaction in the Brazilian Ceramic Industry: Patterns, Formats and Implications. **Interceram**, v. 64, p. 258-265, 2015. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Gabriela_Scur/publication/283290031_Interceram/links/5630c59108aedf2d42beea9a/Interceram.pdf> Acesso em: 28. nov. 2017.

SCUR, Gabriela; GARCIA, Renato de Castro. Elementos para a análise das formas de geração e difusão de conhecimento em âmbito local e da importância da proximidade geográfica. **Ensaios FEE (Impresso)**, v. 36, p. 569-592, 2015. Disponível em: < https://revistas.fee.tche.br/index.php/ensaios/article/view/2963> Acesso em: 28. nov. 2017.

SEBRAE. **Idéias de negócios sustentáveis, Indústria de cerâmica**. 2012. Disponível em: < http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/DAE283F41BE5021E83257A330051237B/$File/NT0004771E.pdf>. Acesso em: 16. dez. 2016.

SECCHI, Michela et al. Assessing eco-innovations in green chemistry: Life Cycle Assessment (LCA) of a cosmetic product with a bio-based ingredient. **Journal of Cleaner Production,** v. 129, p.269-281, Aug. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.073>. Acesso em: 04 jan. 2017.

SEVERO, Eliana Andréa et al. Cleaner production, environmental sustainability and organizational performance: an empirical study in the Brazilian Metal-Mechanic industry. **Journal of Cleaner Production,** v. 96, p.118-125, June. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.06.027>. Acesso em: 23 nov. 2016.

SILVESTRE. Bruno S, et.al. Are cleaner production innovations the solution for small mining operations in poor regions: The case of Padua in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 84, p.809-817, 2014. Disponível em:< http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.097 > Acesso em: 28. Nov. 2017.

SINGH. Mitrabinda, et.al. Environmental management system ISO 14001: effective waste minimisation in small and medium enterprises in India. **Journal of Cleaner Production**, v.102, p.285-301, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.028> Acesso em: 29. Nov. 2017.

SORRENTINO, Eugenia Polizzi di; WOELBERT, Eva; SALA, Serenella. Consumers and their behavior: state of the art in behavioral science supporting use phase modeling in LCA and ecodesign. **The International Journal of Life Cycle Assessment,** v. 21, n. 2, p.237-251, 7 Jan. 2016. Disponível em: <10.1007/s11367-015-1016-2>. Acesso em: 04 jan. 2017.

SPROEDT, A. et al. A simulation-based decision support for eco-efficiency improvements in production systems. **Journal of Cleaner Production,** v. 105, p.389-405, Oct. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.082>. Acesso em: 10 jan. 2017.

STANCHEV, Peyo; RIBAROVA, Irina. Complexity, assumptions and solutions for eco-efficiency assessment of urban water systems. **Journal of Cleaner Production,** v. 138,

p.229-236, Dec. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.113>. Acesso em: 12 jan. 2017.

STUART, I et al. Effective case research in operations management: a process perspective. Journal of Operations Management, v. 20, n. 5, p.419-433, Sep. 2002. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00022-0>. Acesso em: 03 maio 2016.

TEIXEIRA. Adriano Alves, et.al. Relationship between green management and environmental training in companies located in Brazil: A theoretical framework and case studies. **Int.J. Production Economics**, v.140, p. 318-329, 2012. Disponível em: <doi:10.1016/j.ijpe.2012.01.009> Acesso em: 28. nov. 2017.

TENG. Jiaying, et.al. Eco-footprint-based life-cycle eco-efficiency assessment of building projects. **Ecological Indicators**, v.39, p.160-168, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.12.018 > Acesso em: 27. nov. 2017.

TOUBOULIC, Ana; CHICKSAND, Daniel; WALKER, Helen. Managing Imbalanced Supply Chain Relationships for Sustainability: A Power Perspective. **DECISION SCIENCES**, v. 45, n. 5, p. 577–619, Aug. 2014. Disponível em <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/deci.12087/abstract> Acesso em: 13 maio. 2016.

TRIGUERO, Angela; MORENO-MONDÉJAR, Lourdes; DAVIA, María A. Drivers of different types of eco-innovation in European SMEs. **Ecological Economics**, v. 92, p. 25–33, Aug. 2013. Disponível em <doi:10.1016/j.ecolecon.2013.04.009> Acesso em: 04 jul. 2016.

UNITED NATIONS - ECONOMIC AND SOCIAL COMMISSION FOR ASIA AND THE PACIFIC (UN-ESCAP). **Eco-efficiency Indicators: Measuring Resource-use Efficiency and the Impact of Economic Activities on the Environment**. 2009. Disponível em: < https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/785eco.pdf >. Acesso em: 12. jan. 2017.

UNITED NATIONS (UN). **A Manual for the Preparers and Users of Eco-efficiency Indicators**. 2003. Disponível em: <http://unctad.org/en/docs/iteipc20037_en.pdf>. Acesso em: 12. jan. 2017.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **How to Establish and Operate a Cleaner Production Centre**. 2006. Disponível em: < http://www.unep.fr/scp/publications/details.asp?id=WEB/0072/PA>. Acesso em: 16. dez. 2016.

UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION (UNIDO). **Enterprise-Level Indicators for Resource Productivity and Pollution Intensity**. 2010. Disponível em: < https://open.unido.org/api/documents/4800899/download/Enterprise-Level%20Indicators%20for%20Resource%20Productivity%20and%20Pollution%20Intensity%20-%20A%20Primer%20for%20Small%20and%20Medium-Sized%20Enterprises>. Acesso em: 12. jan. 2017.

VOSS, Chris; TSIKRIKTSIS, Nikos; FROHLICH, Mark. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n 2, p. 195–219, Mar. 2002. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1108/01443570210414329> Acesso em: 16 abr. 2016.

VUKADINOVIć, Bojana et al. Correlation between eco-efficiency measures and resource and impact decoupling for thermal power plants in Serbia. **Journal Of Cleaner Production,** v. 138, p.264-274, Dec. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.05.060>. Acesso em: 12 jan. 2016.

WANG, Wei et al. A Material Flow Analysis (MFA)-based potential analysis of eco-efficiency indicators of China's cement and cement-based materials industry. **Journal of Cleaner Production,** v. 112, p.787-796, Jan. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.103>. Acesso em: 11 jan. 2017.

WATTANASIRIWECH, D.; SAITON, A.; WATTANASIRIWECH, S.. Paving blocks from ceramic tile production waste. **Journal of Cleaner production,** v. 17, n. 18, p.1663-1668, Dez. 2009. Disponível em: <10.1016/j.jclepro.2009.08.008>. Acesso em: 22 nov. 2017.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). **Eco-efficiency Learning Module**. 2006. Disponível em: < http://wbcsdpublications.org/project/eco-efficiency-learning-module/>. Acesso em: 12. jan. 2017.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). **Cleaner Production and Eco-efficiency**. 1998. Disponível em: <http://www.gcpcenvis.nic.in/PDF/eco%20effiency%20and%20CP.pdf>. Acesso em: 27. nov. 2017.

YEH, Wei-chang; CHUANG, Mei-chi. Using multi-objective genetic algorithm for partner selection in green supply chain problems. **Expert Systems with Applications,** v. 38, n. 4, p. 4244-4253, Apr. 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2010.09.091>. Acesso em: 21 nov. 2016.

YENIPAZARLI, Arda. The economics of eco-labeling: Standards, costs and prices. **International Journal of Production Economics,** v. 170, p.275-286, Dec. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.09.032>. Acesso em: 28 out. 2016

YIN, Robert K.. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 212 p.

YÜKSEL, Hilmi. An empirical evaluation of cleaner production practices in Turkey. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 1, p.50-57, Jan. 2008. Disponível em: <doi:10.1016/j.jclepro.2007.10.003>. Acesso em: 16 fev. 2017.

ZENG, S.x. et al. Impact of cleaner production on business performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 10-11, p.975-983, July. 2010. Disponível em: <doi:10.1016/j.jclepro.2010.02.019>. Acesso em: 01 mar. 2017.

ZHANG, Bing; YANG, Shuchong; BI, Jun. Enterprises' willingness to adopt/develop cleaner production technologies: an empirical study in Changshu, China. **Journal of Cleaner Production,** v. 40, p.62-70, Feb. 2013. Disponível em: <doi:10.1016/j.jclepro.2010.12.009>. Acesso em: 16 dez. 2016.

ZHANG, Weiqian; WANG, Weiqiang; WANG, Shoubing. Environmental performance evaluation of implementing EMS (ISO 14001) in the coating industry: case study of a Shanghai coating firm. **Journal of Cleaner Production,** v. 64, p.205-217, Feb. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.08.028>. Acesso em: 17 jan. 2017.

ZHANG, X. et al. On improving the product sustainability of metallic automotive components by using the total life-cycle approach and the 6R methodology. In: 11TH GLOBAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE MANUFACTURING - INNOVATIVE SOLUTIONS, 11., 2013, Berlin. **Conference.** Berlin: Universitätsverlag Der Tu Berlin, 2013. p. 194 - 199. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14279/depositonce-4714>. Acesso em: 17 jan. 2017.

ZOBEL. Thomas, et.al. ISO 14001 certification in manufacturing firms: a tool for those in need or an indication of greenness?.**Journal of Cleaner Production**, v. 43, p.37-44, 2013. Disponível em: <http:// dx.doi.org/10. 1016/j.jclepro. 2012.12.014> Acesso em: 28. Nov. 2017.

APÊNDICE A – CONJUNTO DE INDICADORES DE ECOEFICIÊNCIA

Quadro 28 - Indicadores de ecoeficiência (continua)

Equação de ecoeficiência	Indicador	Exemplos	Autores (as)
Carga ambiental / unidade de atividade econômica gerada	Intensidade de consumo de água / unidade de atividade econômica gerada	m³/$, l/$	UN (2003); WBCSD (2006); UN-ESCAP (2009); EC (2013); Arampatzis et al. (2016)
	Intensidade de consumo de energia / unidade de atividade econômica gerada	J/$, kWh/$, MJ/$, m3/$, kg/$, t consumida/MWh	UN (2003); WBCSD (2006); UN-ESCAP (2009); EC (2013); Arampatzis et al. (2016); Vukadinović et al. (2016)
	Intensidade de entrada de material direto / unidade de atividade econômica gerada	t consumida/$; t consumida/MWh	WBCSD (2006); UN-ESCAP (2009); EC (2013); Vukadinović et al. (2016)
	Intensidade do uso de terra / unidade de atividade econômica gerada	Km²/$	UN-ESCAP (2009); EC (2013)
	Intensidade do consumo de combustível / unidade de atividade econômica gerada	J/$, MJ/$, m3/$, l/$	UN (2003); UN-ESCAP (2009)
	Intensidade da emissão de poluentes hídricos / unidade de atividade econômica gerada	t/$, Kg/$	UN (2003); WBCSD (2006); UN-ESCAP (2009)
	Intensidade da emissão de gases de efeito estufa / unidade de atividade econômica gerada	t CO_2/$, t CO_2/MWh	UN (2003), WBCSD (2006); UN-ESCAP (2009); EC (2013); EC (2014); Vukadinović et al. (2016)
	Intensidade da geração de resíduos sólidos / unidade de atividade econômica gerada	t/$, t/MWh	UN (2003); UN-ESCAP (2009); Vukadinović et al. (2016)
	Intensidade do uso de substâncias que diminuem a camada de Ozônio (CFC-11) / unidade de atividade econômica gerada	t consumida/$	UN (2003)

Quadro 28 - Indicadores de ecoeficiência (continuação)

Valor agregado do produto / impacto ambiental do produto	Valor agregado / consumo de água potável*	t produzida/m³, $/m³	WBCSD (2006); Montes e Miranda (2011); Arampatzis et al. (2016); Dimakis, Arampatzis e Assimacopoulos (2016); Stanchev e Ribarova (2016); Angelis-Dimakis, Alexandratou e Balzarini (2016)
	Valor agregado / consumo de combustível fóssil*	$/MJ, $/m³	Arampatzis et al. (2016); Dimakis, Arampatzis e Assimacopoulos (2016); Stanchev e Ribarova (2016)
	Valor agregado / consumo de minerais*	$/Kg Fe	Dimakis, Arampatzis e Assimacopoulos (2016); Stanchev e Ribarova (2016)
	Valor agregado / entrada de material direto	t produzida/t consumida, $/t consumida	WBCSD (2006); Montes e Miranda (2011); Wang et al. (2016)
	Valor agregado / consumo de energia	t produzida/J, $/J	WBCSD (2006); Montes e Miranda (2011)
	Valor agregado / emissão de gases de efeito estufa	t produzida/tCO2, $/tCO2	WBCSD (2006); Montes e Miranda (2011); Dimakis, Arampatzis e Assimacopoulos (2016); Stanchev e Ribarova (2016); Wang et al. (2016); Angelis-Dimakis, Alexandratou e Balzarini (2016)

Quadro 28 - Indicadores de ecoeficiência (conclusão)

Valor agregado do produto / impacto ambiental do produto	Valor agregado / formação de ozônio fotoquímico	m³produzido/KgC2H4, $/KgC2H4	Arampatzis et al. (2016); Dimakis, Arampatzis e Assimacopoulos (2016); Stanchev e Ribarova (2016); Angelis-Dimakis, Alexandratou e Balzarini (2016)
	Valor agregado / emissão de poluentes hídricos	t produzida/t poluente, $/t poluente	WBCSD (2006)
	Valor agregado / geração de resíduos sólidos	t produzida/t resíduo, $/t resíduo	WBCSD (2006)
	Valor agregado / acidificação	m³ produzido/kgPO4³-, $/kgPO4³-	Arampatzis et al. (2016); Dimakis, Arampatzis e Assimacopoulos (2016); Stanchev e Ribarova (2016); Angelis-Dimakis, Alexandratou e Balzarini (2016)
	Valor agregado / eutrofização	m³ produzido/kg SO²-, $/kgSO²-	Arampatzis et al. (2016); Dimakis, Arampatzis e Assimacopoulos (2016); Stanchev e Ribarova (2016); Angelis-Dimakis, Alexandratou e Balzarini (2016)
	Valor agregado / esgotamento da camada de ozônio estratosférico*	$/kgCFC-11	Dimakis, Arampatzis e Assimacopoulos (2016); Stanchev e Ribarova (2016)
Observação: *atrelado ao esgotamento de recurso finito			

Fonte: Autor

APÊNDICE B – INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL DO SGA BASEADO E CERTIFICADO NA NORMA ISO 14001

Quadro 29 - Indicadores de desempenho ambiental atrelados ao SGA baseado e certificado na norma ISO 14001 (continua)

Seção da norma ISO 14001:2004 *	Seção da norma ISO 14001:2015 *	Indicador	Como avaliar	Classificação do indicador	Autores (as)
4.2 Política Ambiental	**5.2 Política ambiental**	Presença de Política ambiental	Verificar existência de política ambiental	IDG	Nguyen e Hens (2015)
		Índice de metas atingidas do SGA (anual)	(Quantidade de metas atingidas/quantidade de metas estabelecidas no período estudado) x 100	IDG	Almeida e Nunes (2014)
4.3 Planejamento *4.3.1 Aspectos ambientais*	**6 Planejamento** *6.1.2 Aspectos ambientais*	Quantidade de energia utilizada por ano ou por unidade de produto	Total de energia utilizada por ano ou por unidade de produto	IDO	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Quantidade de resíduos para disposição	Total de resíduos dispostos mensalmente	IDO	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Quantidade de resíduos armazenados no local	Total de resíduos armazenados no local mensalmente	IDO	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Ruído mensurado em determinado local	Total de ruído mensurado por local	IDO	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015); Nguyen e Hens (2015)

Fonte: Autor

Quadro 29 - Indicadores de desempenho ambiental atrelados ao SGA baseado e certificado na norma ISO 14001 (continuação)

4.3 Planejamento *4.3.1 Aspectos ambientais*	**6 Planejamento** *6.1.2 Aspectos ambientais*	Reciclagem de resíduos	Total de resíduos reciclados mensalmente	IDO	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Consumo de matéria-prima	Total de matéria-prima utilizada mensalmente	IDO	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Geração de resíduos sólidos	Total de resíduos sólidos gerados mensalmente	IDO	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Especificidades físicas e químicas dos efluentes	Verificar conformidade com a legislação	IDO	Campos et al. (2015)
		Quantidade de energia elétrica adquirida	Quantidade total de energia elétrica adquirida por mês	IDO	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Consumo de energia elétrica	Quantidade mensal de energia elétrica consumida por funcionário	IDO	Almeida e Nunes (2014)
4.3 Planejamento *4.3.2 Requisitos legais e outros*	**6 Planejamento** *6.1.3 Requisitos legais e outros requisitos*	Cumprimento da Legislação	(Total de itens exigidos pela legislação / número total de vezes que a legislação não foi seguida) x 100	IDG	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Número de reclamações reportadas e relacionadas ao meio ambiente	Total de reclamações comunicadas à empresa em relação ao meio ambiente	IDG	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Número de não conformidades legais registadas	Total de não conformidades legais registradas por ano (ex.: multas, arquivamentos, contaminações, etc)	IDG	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015); Nguyen e Hens (2015)

Fonte: Autor

Quadro 29 - Indicadores de desempenho ambiental atrelados ao SGA baseado e certificado na norma ISO 14001 (continuação)

4.3 Planejamento *4.3.2 Requisitos legais e outros*	**6 Planejamento** *6.1.3 Requisitos legais e outros requisitos*	Parâmetros legais atrelados à descarga de efluentes e exigidos pela legislação	Total de parâmetros legais (ex.: coliformes fecais, coliformes totais, etc.)	IDG	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Número de acidentes ocorridos ao longo da história da empresa	Total de acidentes de funcionários em todo o histórico da empresa	IDG	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Índice de Custos totais com o SGA / Nº de funcionários	Custos totais com o SGA / Número médio de funcionários dentro do período considerado	IDG	Almeida e Nunes (2014)
4.3 Planejamento *4.3.3 Objetivos, metas e programa (s)*	**6 Planejamento** *6.2 Objetivos ambientais e planejamento para alcançá-los* *6.2.1 Objetivos ambientais* *6.2.2 Planejamento de ações para alcançar os objetivos ambientais*	Índice de objetivos atingidos do SGA (anual)	(Quantidade de objetivos atingidos / Quantidade de objetivos estabelecidos no período estudado) x 100	IDG	Almeida e Nunes (2014)

Fonte: Autor

Quadro 29 - Indicadores de desempenho ambiental atrelados ao SGA baseado e certificado na norma ISO 14001 (continuação)

4.4 Implementação e operação *4.4.1 Recursos, funções, responsabilidades e autoridades*	**7 Apoio** *7.1 Recursos*	Custos com os programas de reciclagem / Nº de Funcionários	Custos com os programas de reciclagem / Número médio de funcionários dentro do período considerado	IDG	Almeida e Nunes (2014)
		Índice de Custos totais com o SGA / Nº de Funcionários	Custos totais com o SGA / Número médio de funcionários dentro do período considerado	IDG	Almeida e Nunes (2014)
		Índice de treinamentos ambientais	(Horas de treinamento / funcionário) / ano	IDG	Almeida e Nunes (2014)
4.4 Implementação e operação *4.4.2 Competência, treinamento e conscientização*	**7 Apoio** *7.2 Competência* *7.3 Conscientização*	Investimento em atividades para conscientização ambiental	Total de investimentos destinados a atividades de conscientização ambiental	IDG	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Percentual de segurança ocupacional	(Número de acidentes de trabalho / total de trabalhadores) x 100	IDG	Campos et al. (2015)
		Percentual de satisfação dos funcionários	Resultado geral da pesquisa de satisfação dos funcionários	IDG	Campos et al. (2015)
		Índice do nível educacional dos funcionários	{(5 x nº total de doutores) + (3 x n° total de mestres) + (2 x total de especialistas) + (1 x total de graduados)} / Total de funcionários	IDG	Campos et al. (2015)
		Investimento em treinamento e desenvolvimento por funcionário	Total de recursos aplicados em treinamento e desenvolvimento / Nº de funcionários	IDG	Campos et al. (2015)

Fonte: Autor

Quadro 29 - Indicadores de desempenho ambiental atrelados ao SGA baseado e certificado na norma ISO 14001 (continuação)

4.4 Implementação e operação *4.4.2 Competência, treinamento e conscientização*	**7 Apoio** *7.2 Competência* *7.3 Conscientização*	Número de eventos ambientais	Número de eventos ambientais realizados por semestre	IDO	Almeida e Nunes (2014)
		Nível de Informação dos funcionários	Aplicação de um questionário aos funcionários da empresa estudada, contendo perguntas sobre os aspectos ambientais	IDO	Almeida e Nunes (2014)
4.4 Implementação e operação *4.4.3. Comunicação*	**7 Apoio** *7.4 Comunicação* *7.4.1 Generalidades* *7.4.2 Comunicação interna* *7.4.3 Comunicação externa*	Índice de treinamentos ambientais	Horas de treinamento do funcionário ao ano	IDG	Almeida e Nunes (2014)
		Número de eventos ambientais	Número de eventos ambientais realizados por semestre	IDO	Almeida e Nunes (2014)
4.4 Implementação e operação *4.4.7 Preparação e resposta a emergências*	**7 Apoio** *8.2 Preparação e resposta a emergências*	Número de simulações de emergência realizadas	Total de simulações de emergência realizadas durante o ano	IDG	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Planos de ação para emergência	Total de planos de ação para emergências implantados	IDG	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Resposta a emergências	Total de respostas rápidas a acidentes ambientais	IDG	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Comunicação de riscos	Total de comunicações sobre os riscos ambientais da empresa	IDG	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)

Fonte: Autor

Quadro 29 - Indicadores de desempenho ambiental atrelados ao SGA baseado e certificado na norma ISO 14001 (continuação)

4.4 Implementação e operação *4.4.7 Preparação e resposta a emergências*	**7 Apoio** *8.2 Preparação e resposta a emergências*	Número de emergências atendidas	Total de emergências atendidas por ano	IDG	Campos et al. (2015)
		Índice de treinamentos ambientais	Quantidade de horas de treinamento por funcionário ao ano	IDG	Almeida e Nunes (2014)
4.5 Verificação *4.5.1 Monitoramento e medição*	**9 Avaliação de desempenho** *9.1 Monitoramento, medição, análise e avaliação* *9.1.1 Generalidades*	Número de produtos defeituosos	(Total de produtos defeituosos / Total de produtos produzidos) x 100	IDO	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Número de unidades de energia consumidas durante o uso do produto	Total de unidades de energia consumidas durante o uso do produto	IDO	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Quantidade de combustível consumido	Total de combustível consumido no ano	IDO	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Total de energia elétrica	Total da energia elétrica mensal consumida em Mwh por tonelada de produtos produzidos	IDO	Campos et al. (2015)
		Volume de água consumido	Total do volume mensal de água consumida em m3 por tonelada de produtos produzidos	IDO	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Nível de Informação dos funcionários	Aplicação de um questionário aos funcionários da empresa estudada, contendo perguntas sobre os aspectos ambientais	IDO	Almeida e Nunes (2014)

Fonte: Autor

Quadro 29 - Indicadores de desempenho ambiental atrelados ao SGA baseado e certificado na norma ISO 14001 (continuação)

4.5 Verificação *4.5.2 Avaliação do atendimento a requisitos legais e outros*	**9 Avaliação de desempenho** *9.1.2 Avaliação do atendimento aos requisitos legais e outros requisitos*	Tempo para responder ou corrigir acidentes ambientais	Tempo total para responder ou corrigir acidentes ambientais no ano / Número de incidentes ambientais no ano	IDG	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Nível de conformidade com as políticas públicas	(Número de políticas públicas cumpridas / Número total de políticas públicas exigidas) x 100	IDG	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Grau de atendimento dos prestadores de serviço com requisitos e expectativas pela organização em contratos	(Total do cumprimento das exigências da empresa e expectativas estabelecidas em contratos / Total de serviços prestados) x 100	IDG	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Número de relatórios positivos e negativos atrelados as atividades ambientais da empresa	Soma dos relatórios emitidos (positivo e negativo)	IDG	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Nº de iniciativas do meio ambiente externo relatadas para suportar a organização	Somatória das iniciativas do meio ambiente externo	IDG	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Índice de Custos totais com o SGA /Nº de Funcionários	Custos totais com o SGA / Número médio de funcionários dentro do período considerado	IDG	Almeida e Nunes (2014)

Fonte: Autor

Quadro 29 - Indicadores de desempenho ambiental atrelados ao SGA baseado e certificado na norma ISO 14001 (continuação)

4.5 Verificação *4.5.3 Não conformidade, ação corretiva e ação preventiva*	**10 Melhoria** *10.2* Não conformidade e ação corretiva	Número de ações corretivas identificadas que foram encerradas ou não	Total de ações corretivas identificadas no ano	IDG	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Número e tipo de incidências de não cumprimento dos padrões nacionais ou internacionais vigentes	Total de incidências de não conformidade com as normas nacionais ou internacionais em vigor durante o ano (por tipo)	IDG	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Número de não conformidades detectadas durante auditorias internas	Total de não conformidades identificadas nas auditorias internas de SGA	IDG	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015)
		Número de não conformidades totais do SGA	Número de não conformidades totais do SGA ao ano	IDO	Almeida e Nunes (2014)
		Número de ações corretivas e preventivas iniciadas	Total de relatórios acerca de ações corretivas e preventivas iniciadas	IDG	Campos e Melo (2008); Campos et al. (2015);
4.5 Verificação e ação corretiva 4.5.4 Controle de registros	**7 Apoio** *7.5.2 Controle de informação documentada*	Nº de não conformidades totais do SGA	Nº de não conformidades totais do SGA ao ano	IDO	Almeida e Nunes (2014)

Fonte: Autor

Quadro 29 - Indicadores de desempenho ambiental atrelados ao SGA baseado e certificado na norma ISO 14001 (conclusão)

4.5 Verificação e ação corretiva *4.5.5 Auditoria interna*	**9 Avaliação de desempenho** *9.2 Auditoria interna* *9.2.1 Generalidades* *9.2.2 Programa de auditoria interna*	Nº de não conformidades totais do SGA	Nº de não conformidades totais do SGA ao ano	IDO	Almeida e Nunes (2014)
Legenda: * Correspondência de títulos de seção entre ABNT NBR ISO 14001:2015 e ABNT NBR ISO 14001:2004					

Fonte: Autor

APÊNDICE C – INSTRUMENTO DE PESQUISA

Quadro 30 - Informações da unidade de análise

Caracterização da empresa	
Indicar o nome e localidade da organização	
Indicar o número total de funcionários da organização	
Indicar nome, cargo, departamento e tempo de organização de cada respondente	

Fonte: Autor

Quadro 31 – Instrumento de pesquisa (continua)

Ecoinovação de processo				
Quais práticas ambientais sua empresa tem ou pretende implantar? Preencher com T (Tem) ou P (Pretende)	Qual a descrição de cada iniciativa implantada ou a ser implantada?	Qual ano de implantação?	Quais indicadores utilizados para mensuração?	Quais áreas da organização envolvidas na implantação?
( ) Ecoeficiência ou Norma ISO 14045				
( ) Tecnologias mais limpas				
( ) Utilização de recursos renováveis				
( ) Tecnologias fim de tubo				
( ) Reduzir				
( ) Recuperar				
( ) Reuso				
( ) Reciclar				
( ) Remanufaturar				
( ) *Redesign*				

Quadro 31 - Instrumento de pesquisa (conclusão)

Ecoinovação de produto				
Quais práticas ambientais sua empresa tem ou pretende implantar? Preencher com T (Tem) ou P (Pretende)	Qual a descrição de cada iniciativa implantada ou a ser implantada?	Qual ano de implantação?	Quais indicadores utilizados para mensuração?	Quais áreas da organização envolvidas na implantação?
( ) *Eco-design* ou Norma IS0 14006				
( ) Avaliação do ciclo de vida ou norma ISO 14040				
( ) Gestão sustentável de materiais				
( ) Programa de rotulagem ecológica ou Norma ISO 14020				
Ecoinovação organizacional				
Quais práticas ambientais sua empresa tem ou pretende implantar? Preencher com T (Tem) ou P (Pretende)	Qual a descrição de cada iniciativa implantada ou a ser implantada?	Qual ano de implantação?	Quais indicadores utilizados para mensuração?	Quais áreas da organização envolvidas na implantação?
( ) Desenvolvimento de treinamentos ambientais				
( ) Programa de compras com fornecedores locais				
( ) Implantação de estruturas organizacionais com foco ambiental				
( ) Sistema de gestão ambiental ou norma ISO 14000				

Fonte: Autor

ANEXO A – INDICADORES DE DESEMPENHO AMBIENTAL ATRELADOS A ABORDAGEM DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

Quadro 32 - Indicadores de desempenho ambiental atrelados a abordagem da avaliação do ciclo de vida (continua)

Etapa de extração de matéria-prima			
Indicador	Dimensão	Exemplo de unidade	Impacto ambiental
Consumo de energia	Energia	GJ	Negativo
Quantidade e tipo de emissões atmosféricas	Emissões	Kg	Negativo
Quantidade e tipo de emissões de poluentes de água	Efluentes	Kg	Negativo
Quantidade e tipo de resíduos	Resíduo	Kg	Negativo
Quantidade e tipo de materiais virgens	Materiais	Kg	Negativo
Etapa de produção de material			
Indicador	Dimensão	Exemplo de unidade	Impacto ambiental
Consumo de energia	Energia	GJ	Negativo
Consumo de água	Água	m³	Negativo
Quantidade e tipo de emissões atmosféricas	Emissões	Kg	Negativo
Quantidade e tipo de resíduos	Resíduo	Kg	Negativo
Etapa de manufatura do produto			
Indicador	Dimensão	Exemplo de unidade	Impacto ambiental
Consumo de energia	Energia	GJ	Negativo
Porcentagem de energia renovável utilizada	Energia	%	Positivo
Quantidade de energia desperdiçada	Energia	MJ	Negativo
Consumo de água	Água	m³	Negativo

Fonte: ‘’adaptado de’’ Arena, Azzone e Conte, 2013, p.110

Quadro 32- Indicadores de desempenho ambiental atrelados a abordagem da avaliação do ciclo de vida (continuação)

Etapa de manufatura do produto			
Indicador	Dimensão	Exemplo de unidade	Impacto ambiental
Quantidade de água desperdiçada	Água	m³	Negativo
Quantidade e tipo de resíduos	Resíduo	Kg	Negativo
Quantidade e tipo de emissões atmosféricas	Emissões	Kg	Negativo
Quantidade e tipo de emissões de poluentes de água	Efluentes	Kg	Negativo
Percentagem de composição de materiais renováveis	Características do produto	%	Positivo
Percentagem de composição de materiais recicláveis	Características do produto	%	Positivo
Percentagem de composição materiais reciclados	Características do produto	%	Positivo
Percentagem de composição de materiais perigosos	Características do produto	%	Negativo
Emissões acústicas	Ruído	dB	Negativo
Peso	Características do produto	Kg	Negativo
Etapa de uso do produto			
Indicador	Dimensão	Exemplo de unidade	Impacto ambiental
Consumo de energia	Energia	W/m²	Negativo
Consumo de materiais	Materiais	Kg/m²	Negativo
Consumo de água	Água	Kg/m³	Negativo

Fonte: ‘’adaptado de’’ Arena, Azzone e Conte, 2013, p.110

Quadro 32 - Indicadores de desempenho ambiental atrelados a abordagem da avaliação do ciclo de vida (conclusão)

Etapa de uso do produto			
Indicador	Dimensão	Exemplo de unidade	Impacto ambiental
Emissão de CO2	Emissões	Kg/m²	Negativo
Emissão de substancias tóxicas	Emissões	Kg/m²	Negativo
Emissões acústicas	Ruído	dB	Negativo
Etapa de fim de vida			
Indicador	Dimensão	Exemplo de unidade	Impacto ambiental
Tempo de vida	Características do produto	Anos	Positivo
Quantidade e tipo de resíduos	Resíduo	Kg	Negativo
Quantidade e tipo de emissões atmosféricas	Emissões	Kg	Negativo
Consumo de energia	Energia	GJ	Negativo
Etapa de transporte			
Indicador	Dimensão	Exemplo de unidade	Impacto ambiental
Consumo de energia	Energia	GJ	Negativo
Quantidade e tipo de emissões atmosféricas	Emissões	Kg	Negativo

Fonte: ‘’adaptado de’’ Arena, Azzone e Conte, 2013, p.110