

Um estudo de inovação sustentável em projeto de desenvolvimento de produtos

A study of sustainable innovation in a product development project

Mauro Luiz Martens

Doutor em Engenharia de Produção pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP, Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Professor do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, Pesquisador Parceiro no Laboratório de Gestão de Projetos – LGP e no grupo Qualidade e Engenharia do Produto – QEP do CNPq na Universidade de São Paulo – USP, Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica.
São Paulo, SP [Brasil]
mauro.martens@gmail.com

Claudia Terezinha Knies

Certificada com pós-doutoramento pelo Instituto de Energia e Pesquisa Nuclear – Centro do Combustível Nuclear da Universidade de São Paulo – IPEN-CCN/USP, Doutora em Ciências dos Materiais e Engenharia e Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Coordenadora de projeto aprovado pela Agência Nacional de Eletricidade – (ANEEL/TRACTEBEL) na área de inovação sustentável, Coordenadora do Programa de Mestrado Profissional em Administração – Gestão Ambiental e Sustentabilidade e Professora no Programa de Pós-Graduação em Administração – PPGA na Universidade Nove de Julho – Uninove.
São Paulo, SP [Brasil]

Cristina Dai Pra Martens

Certificada com pós-doutoramento em Administração no Centre d'Études et de Recherches Appliquées à la Gestion pela Université Pierre Mendès-France – CERAG/UPMF, Doutora e Mestre em Administração pela Universidade do Rio Grande do Sul – UFRGS, Coordenadora do Programa de Mestrado Profissional em Administração – Gestão de Projetos, Professora no Programa de Pós-Graduação em Administração – PPGA pela Universidade Nove de Julho – Uninove.
São Paulo, SP [Brasil]

Marly Monteiro Carvalho

Certificada com pós-doutoramento em Engenharia de Produção no Programa Politécnico de Milão, Doutora e Mestre em Engenharia de produção pela Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Graduada em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo – USP, Coordenadora no Laboratório de Gestão de Projetos da Universidade de São Paulo – USP/FCAV, Coordenadora e no grupo Qualidade e Engenharia do Produto – QEP do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq na Universidade de São Paulo – USP, Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica, Professor no Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP.

Resumo

Essa pesquisa exploratória é motivada pela relevância dada na atualidade aos temas de inovação e de sustentabilidade, bem como à necessidade de inserir as dimensões ambiental, econômica e social no contexto da gestão de projetos de desenvolvimento de produtos, visando à inovação sustentável. Assim, objetivou-se analisar como os conceitos de sustentabilidade foram utilizados no processo de desenvolvimento de produtos. Para explorar o conceito de inovação sustentável, realizou-se um estudo de caso único de um projeto de desenvolvimento de produto inovativo. Na coleta de dados, foram utilizados documentos do projeto e entrevista semi-estruturada com o responsável pelo projeto analisado. Como resultado, concluiu-se que o projeto avaliado apresentou alinhamento em termos de sustentabilidade com vistas ao quadro teórico apresentado com base no modelo *triple-bottom line*, evidenciando ações, práticas e indicadores de sustentabilidade econômica, ambiental e social na gestão do projeto avaliado.

Palavras-chave: Inovação. Sustentabilidade. Inovação sustentável.

Abstract

This exploratory research is motivated by the importance given today to innovation and sustainability, as well as by the need to incorporate environmental, economic, and social dimensions into the context of project management for product development, aiming for sustainable innovation. This study sought to analyze how sustainability concepts were used in the process of product development. To explore the concept of sustainable innovation, we carried out a single-case study of a project involving the development of an innovative product. For data collection, we used project documents and a semi-structured interview with the project leader. As a result, we concluded that the project was aligned in terms of sustainability in regard to the theoretical framework presented based on the triple-bottom line model, showing evidence of actions, practices, and indicators of economic, environmental, and social sustainability in the management of the evaluated project.

Key words: Innovation. Sustainability. Sustainable innovation.

1 Introdução

Alterações no contexto internacional têm forçado as organizações a inovar, gerenciar mudanças e promover o desenvolvimento de novos produtos e serviços de forma sustentável. Esse cenário traz novas barreiras para as empresas, aumentando a complexidade dos desafios e da velocidade requerida para manutenção e desenvolvimento dos negócios. Dessa forma, cabem às organizações a criação e o gerenciamento de alternativas inovadoras de produtos, processos e recursos que sejam cada vez mais eficientes e eficazes. Nesse contexto, surge como alternativa a inovação sustentável.

Inovação é algo novo que agregue valor social ou riqueza e que pode ser um produto ou algo de inovador em tecnologias, processos operacionais, práticas mercadológicas, ou outras pequenas mudanças ou adaptações, mas que gere ganhos econômicos com sua prática (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008). Segundo Schumpeter (1934), a inovação exerce um importante papel enquanto agente criador de ruptura do sistema econômico e, de acordo com o autor, pode ser classificada em radical e incremental.

A inovação radical está relacionada ao desenvolvimento e introdução de um novo produto, processo ou forma de organização de produção. Já a incremental é responsável pela inclusão de um processo de melhoria em um produto, processo ou organização da produção sem que haja alteração na estrutura industrial.

O termo sustentável, por sua vez, remete ao conceito de desenvolvimento sustentável. Segundo Araújo e Mendonça (2009), desenvolvimento sustentável é sinônimo de sociedade racional, de indústrias limpas e de crescimento econômico. Um conceito mais amplo de desenvolvimento sustentável se apoia na integração de questões sociais, ambientais e econômicas, constituindo o tripé da sustentabilidade conhecido

como *triple-bottom line* – TBL (ELKINGTON, 1998). “Essa visão mais abrangente de sustentabilidade vem em grande medida por iniciativa e pressão da sociedade [...]” (CARVALHO; RABECHINI JUNIOR, 2011, p. 302).

Na direção destes esforços, a inovação sustentável pode ser conceituada como o processo de inovação que leva em conta o tripé da sustentabilidade, ou seja, as variáveis econômicas, ambientais e sociais. De acordo com Davila, Epstein e Shelton (2007), inovação é um ingrediente indispensável para o sucesso sustentado e somente é suportado por organizações inovadoras sustentáveis.

Uma pesquisa realizada sobre sustentabilidade, citada por Carvalho e Rabechini Junior (2011), mostrou que existe uma lacuna muito grande no nível gerencial das empresas no que tange a incorporação de aspectos de sustentabilidade nos processos organizacionais. Nesse sentido, esses autores mencionam a necessidade das dimensões ambiental, social e econômica estarem inseridas e trabalhadas na função gestão de projetos e no desenvolvimento de produtos, visando, assim, à sustentabilidade.

Diante do exposto, neste trabalho, o objetivo foi aproximar os temas de inovação e sustentabilidade, conforme as recomendações de Berkhout e Green (2002, p. 229), quando propõem o conceito de “gestão da inovação ambiental” e afirmam a importância de uma maior preocupação com a interação entre pesquisa, gestão da inovação, gestão ambiental, econômica e a questão social.

Assim, apresentada a temática e a relevância em provocar estudos sobre inovações sustentáveis, expõe-se a questão que norteou a pesquisa: “Como os conceitos de sustentabilidade são utilizados em projetos de desenvolvimento de produtos inovativos?”. Para tanto, o objetivo foi analisar como os conceitos de sustentabilidade são usados no projeto de desenvolvimento de produtos inovativos. O estudo concentrou-se apenas em processos de

organizacional, ainda mais com os conceitos de sustentabilidade tendo alargado o âmbito das medidas, fazendo com que as organizações fiquem preocupadas com relatórios de sustentabilidade. Mesmo assim, para a avaliação da sustentabilidade empresarial, podem-se citar algumas formas, tais como o Dow Jones Sustainability Indexes (DJSI, 2012) que tem credibilidade internacional dentre as corporações e possui o enfoque dos acionistas (*shareholders*); o Global Reporting Initiative (GRI, 2015) que tem alcance internacional, foca nos grupos de interesse (*stakeholders*) e é utilizado como modelo para outros sistemas de indicadores de sustentabilidade; e o Instituto Ethos (ETHOS, 2012), baseado no GRI e no Balanço Social do Instituto IBASE (Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas) e possui enfoque bastante abrangente na dimensão Social.

Em outro modelo, seguindo esta ótica de atendimento das partes interessadas, Buson et al. (2009) e Buson (2009) sugerem 15 variáveis de sustentabilidade baseadas nas dimensões econômica, social e ambiental, e que podem ser utilizadas pelos gestores de projetos. Além destes modelos, no trabalho de Araújo (2010) são apresentados vários outros modelos de medição de sustentabilidade, com seus devidos autores, dimensões e escopo. Singh et al. (2012) também fazem um apanhado dos principais modelos de sustentabilidade empresarial, e Martens e Carvalho (2013) apresentam um modelo testado em gestão de projetos de micro e pequenas empresas.

Segundo Hubbard (2009), uma resposta comum das organizações para mostrar desempenho em sustentabilidade, tem sido a de publicar seus relatórios de sustentabilidade. Para O'Dwyer e Owen (2005) e Jones (2006), esta é uma tendência encorajadora, mas grandes preocupações podem surgir por duas razões: a primeira, porque estes relatórios não são muitas vezes integrados com os econômicos e são inconsistentes com a natureza

holística da sustentabilidade; e a segunda, porque eles tendem a se concentrar em aspectos positivos.

2.2 Inovação e sustentabilidade

Como já mencionado, o conceito de inovação está relacionado com a agregação de valor social ou riqueza, podendo ser um produto ou algo de inovador em tecnologias, mas que promova ganhos econômicos com a prática (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008). Já para Fagerberger (2006), inovação é a primeira tentativa de realizar na prática uma ideia de um novo produto ou serviço. Na essência, o conceito de inovação pode ser entendido como o processo pelo qual as ideias portadoras de novidade se tornam realidade (MAZZOLENI; OLIVEIRA, 2008; BARBIERI; ÁLVARES; CAJAZEIRA, 2009).

Para OCDE (2005), uma inovação é a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativamente melhorado, ou um processo, ou um novo método de *marketing*, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na organização do local de trabalho ou nas relações externas.

Para entender o termo inovação é preciso buscar na literatura a classificação dos tipos de inovação. De acordo com Tidd, Bessant e Pavitt (2008), inovação é mudança e pode assumir diversas formas, tais como inovação de produto (mudanças nos produtos e serviços que uma empresa oferece), inovação de processo (mudanças na forma em que produtos e serviços são criados e entregues), inovação de posição (mudanças no contexto em que produtos e serviços são introduzidos) e inovação de paradigma (mudanças nos modelos mentais subjacentes que orientam o que a empresa faz). Essa classificação também é dada por Francis e Bessant (2005) como os 4 Ps da inovação.

Para OCDE (2005), diferenciam-se quatro tipos de inovação: de produto, de processo, de *marketing* e organizacionais. Essa classificação

possui o maior grau de continuidade possível com a definição precedente de inovação de produto e processo. As inovações de produto e as de processo relacionam-se estreitamente com os conceitos da inovação tecnológica de produto e os da tecnológica de processo. As de *marketing* e as organizacionais ampliam o conjunto de inovações. Essa classificação foi utilizada em estudo de Sacramento e Teixeira (2015) para analisar o segmento turístico.

Além da classificação, também se podem caracterizar quatro tipos de inovação (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008): (i) inovação incremental: introdução de uma quantidade menor de mudanças nos produtos e serviços já existentes, explorando o potencial do *design* estabelecido e, geralmente, reforça o projeto dominante e as capacidades das organizações estabelecidas; (ii) inovação radical: baseia-se num conjunto diferente de princípios científicos e engenharia e, frequentemente, gera aplicações potenciais e abre a novos mercados, forçando as organizações a avaliarem novas proposições e questionarem as demandas a serem atendidas; (iii) inovação arquitetônica: consiste essencialmente na reconfiguração de um sistema estabelecido, conectando os componentes de uma maneira nova, enquanto mantém intactos os conceitos fundamentais do projeto dominante; (iv) inovação modular: consiste na introdução de novos conceitos essenciais do projeto de tecnologia, incluindo novos componentes, acrescidos dentro de uma arquitetura de projeto, essencialmente sem alterações.

A partir do entendimento dos conceitos de inovação e de sustentabilidade, argumenta-se que a inovação sustentável pode ser conceituada como o processo de inovação que leva em conta o tripé da sustentabilidade, ou seja, as variáveis econômicas, ambientais e sociais. Assim, um importante elemento a ser adicionado à discussão de sustentabilidade é a inovação, referindo-se ao

conceito de inovação sustentável. Nessa linha, em algumas iniciativas, tem sido trabalhado o tópico de inovação sustentável (FOXON; PEARSON, 2008; MEDEIROS; RIBEIRO; CORTIMIGLIA, 2014; BOONS; LÜDEKE-FREUND, 2013; RAMAN; MOHR, 2014; CRABBÉ, et al., 2013; QUIST; TUKKER, 2013; LIEDTKE, et al., 2015). Segundo Davila, Epstein e Shelton (2007), inovação é um ingrediente indispensável para o sucesso sustentado. Dessa forma, este conceito somente é suportado por organizações inovadoras sustentáveis. Sacramento e Teixeira (2015) mencionam que adotar inovações é condição essencial para a sobrevivência, especialmente em ambientes instáveis e com clientes ávidos por serviços diferenciados.

Para OCDE (2005), a empresa inovadora é aquela que introduziu uma inovação de produto ou de processo durante o período em análise, e essas inovações não precisam ter sido sucesso comercial, pois muitas delas fracassam. Além disso, as empresas inovadoras podem ser divididas entre as que desenvolveram, principalmente, inovações próprias ou em cooperação com outras empresas ou organizações públicas de pesquisa, e aquelas que inovaram, sobretudo, por meio da adoção de inovações (por exemplo, novos equipamentos) desenvolvidas por outras empresas.

Organização inovadora “[...] é a que introduz novidades de qualquer tipo em bases sistemáticas e colhe os resultados esperados [...]” (BARBIERI, 2007, p. 88). A expressão “bases sistemáticas” significa realizar inovações com autonomia, intencionalidade e proatividade. Assim, a inovação é um elemento essencial do modo de operação dessa organização e isso pressupõe que ela desenvolva continuamente recursos tangíveis e intangíveis para inovar permanentemente (BARBIERI et al., 2010). Tidd, Bessant e Pavitt (2008) corroboram que organização inovadora implica mais que uma estrutura, trata-se de um conjunto integrado de

componentes que trabalham juntos para criar e fortalecer o tipo de ambiente que permite que a inovação prospere.

Já a organização sustentável é a que simultaneamente procura ser eficiente em termos econômicos, respeita a capacidade de suporte do meio ambiente e é instrumento de justiça social, promovendo a inclusão social, a proteção às minorias e grupos vulneráveis, o equilíbrio entre os gêneros, etc. (BARBIERI et al., 2010). Assim, uma organização inovadora sustentável “[...] não é a que introduz novidades de qualquer tipo, mas novidades que atendam as múltiplas dimensões da sustentabilidade em bases sistemáticas e que colhem resultados positivos para ela, para a sociedade e o meio ambiente [...]” (BARBIERI, 2007, p. 105).

De acordo com essa abordagem, não basta, para as empresas, apenas inovar constantemente, mas também é necessário inovar considerando as três dimensões da sustentabilidade e, por meio do sucesso em inovação, atingir competitividade do negócio (RUSSELL; SHIANG, 2013). Assim, para as organizações serem consideradas sustentáveis, precisam ter ações e programas que permeiem as três dimensões, o que também é mostrado por Carvalho e Viana (1998) quando apresentam as três vertentes principais do desenvolvimento sustentável: crescimento econômico, equidade social e equilíbrio ecológico.

Berkhout e Green (2002) já identificaram, naquela época, literaturas sobre inovação quando o tema é relacionado com a sustentabilidade e propuseram o conceito de “gestão da inovação sustentável”, ao ressaltarem que pouco, até então, tinha sido feito na literatura sobre negócios e meio ambiente, para explorar sistematicamente os conceitos, teoria e evidências empíricas desenvolvidas nas últimas décadas de estudos sobre inovação. Mendonça, Cherobim e Cunha (2014), também em trabalho recente, estudaram o tópico de inovação sustentável em uma percepção sistêmica.

A inovação sustentável, segundo Oliveira (2009), surge a partir da implementação de um modelo de gestão ambiental dinamizando a empresa e o sistema local e integrando-os ao modelo do desenvolvimento sustentável. Verifica-se a existência de inúmeros estudos que abordam os conceitos de desenvolvimento sustentável ou sustentabilidade isoladamente (WCED, 1987; SANTOS, 2005; SACHS, 2007). Alguns deles, inclusive, buscam relacionar os conceitos entre si ou com outros temas, mas a adoção de todos simultaneamente dificilmente é encontrada.

2.3 Inovação, gestão de desenvolvimento de produtos e sustentabilidade

A área de gestão de projetos tem assumido maior importância nas empresas, passando por um processo de transformação, organizando-se para ser capaz de dar respostas eficazes e ágeis às questões que lhe competem (CARVALHO; RABECHINI JUNIOR, 2011). Assim, a gestão de projetos é peça-chave para o desenvolvimento de produtos, pois, desenvolver produtos consiste na condução de um universo de atividades, tais como gerenciar e transformar recursos, informações e competências, gerando especificações e produtos que atenderão a uma necessidade do mercado (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993).

Cooper, Edgett e Kleinschmidt (2002) relatam que as empresas mais bem-sucedidas em atividades de desenvolvimento de novos produtos utilizam processos formais e critérios bem definidos, com destaque para a preparação da equipe e para a qualidade na execução das atividades. Nesse sentido, diversos modelos de processo de desenvolvimento de produtos vêm sendo propostos na literatura. Clark e Wheelwright (1993) apresentaram o conceito de funil de desenvolvimento; Cooper (1993) propôs a ideia de estágios e pontos de decisão bem definidos para a condução de

projetos de desenvolvimento, e mais recentemente os guias de conhecimento de gestão de projetos, o Project Management Body Knowledge – PMBOK (PMI, 2013).

O conceito de funil de desenvolvimento (CLARK; WHEELWRIGHT, 1993) é composto de três fases: geração de ideias, seleção de ideias e implementação dos projetos, levando-os até o mercado. Esse modelo é reconhecido pela sua simplicidade, pois equipes podem facilmente lançar, selecionar, refinar ou modificar ideias, formando um novo conceito, ou, até mesmo, modificar ou cancelar o projeto durante a implementação, caso seja evidenciado que este não tenha viabilidade (GOFFIN; MITCHELL, 2010).

A ideia de estágios e pontos de decisão bem definidos para a condução de projetos de desenvolvimento é proposta por Cooper (1993). Esse modelo, denominado de Stage-Gate (COOPER, 2008), é um mapa conceitual e operacional para desenvolvimento de projetos de novos produtos a partir da ideia até sua inserção no mercado e, além disso, é um modelo para a gestão da melhoria, eficiência e eficácia do processo de desenvolvimento de novos produtos.

Para Cooper e Edgett (2008), muitas empresas desenvolvem seus processos de desenvolvimento de novos produtos com muita burocracia, desperdiçando tempo e atividades. Entretanto, esses autores afirmam que as empresas inteligentes fazem uso do Stage-Gate em seus processos, que também se transformou em um processo de inovação muito mais flexível e adaptável. O Stage-Gate se adapta às mudanças nas condições e informações, removendo a ineficiência em cada oportunidade, em que é tomada emprestada a análise de fluxo de valor da manufatura enxuta para aplicar ao seu processo de desenvolvimento de novos produtos.

O Project Management Institute (PMI, 2013) também apresenta uma estrutura do gerenciamento

de projetos que se concentra em dez áreas de conhecimentos essenciais. São elas: integração do projeto, escopo do projeto, tempo do projeto, custo do projeto, qualidade do projeto, recursos humanos do projeto, comunicações do projeto, riscos do projeto, aquisições do projeto e gerenciamento de *stakeholders*. Além disso, apresenta cinco grupos de processos gerenciais que se relacionam com as áreas de conhecimento: inicialização, planejamento, monitoramento e controle, execução e encerramento. Para tanto, essa estrutura de gerenciamento de projetos não devota atenção especial à área de sustentabilidade.

Além desses modelos já consagrados, há outras iniciativas a exemplo dos estudos de Jensen et al. (2007) que apresenta o modo Ciência, Tecnologia e Inovação (Science, Technology and Innovation – STI) e baseia-se na produção e uso de codificação do conhecimento científico e técnico, e o modo Fazer, Usar e Interagir (Doing, Using and Interacting – DUI), que é um processo informal de aprendizagem e experiência baseada em conhecimento. O estudo mostrou que a probabilidade de sucesso em inovação de produtos aumenta quando a empresa se organiza de tal maneira a promover o modo de aprendizagem DUI. Da mesma forma, as companhias que estabelecem uma base mais forte de ciência tendem a ser mais inovadoras do que outras. Contudo, o resultado mais importante e significativo da investigação desses autores é que empresas que utilizam estratégias mistas, que combinam formas organizacionais, que promovam a aprendizagem com os esforços de pesquisa e desenvolvimento (P&D) e com cooperação com pesquisadores de instituições de conhecimento, são muito mais inovadoras do que outras, ou seja, uma organização que combina uma versão forte do modo STI aliado a uma versão forte do modo DUI se destaca em inovação (JENSEN et al., 2007).

Assim, tendo revisado alguns modelos de gestão de projetos de desenvolvimento de produtos, a gestão de projetos, quando envolve sustentabilidade, deve compreender a tensão entre os diferentes grupos de *stakeholders* e os *trade-offs* envolvidos (CARVALHO; RABECHINI JUNIOR, 2011). Além disso, alguns artigos tratam do tema de sustentabilidade em gerenciamento de projetos na perspectiva do conceito do *triple-bottom line*, no entanto, em geral de caráter exploratório (ANNING, 2009; BERNHARDI et al., 2000; BODEA et al., 2010; FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ; RODRÍGUEZ-LÓPEZ, 2010; HARTIG et al., 1996; JONES, 2006; MULDER; BRENT, 2006; RAVEN et al., 2009; TURLEA; ROMAN; CONSTANTINESCU, 2010; VIFELL; SONERYD, 2012; MARTENS; CARVALHO, 2016; SÁNCHEZ, 2015; MARCELINO-SÁDABA et al., 2015; MORIOKA; CARVALHO, 2015). Nessa linha, os estudos promovendo a integração e utilização dos conceitos de sustentabilidade em gerenciamento de projetos e desenvolvimento de produtos visando à inovação sustentável de produtos (TSAI et al., 2012), bem como sistemáticas de avaliação, tornam-se cada vez mais necessários no ambiente empresarial.

3 Metodologia

O atual estudo se classifica como uma pesquisa exploratória. Segundo Gil (2006), esse tipo de investigação tem como objetivo desenvolver, esclarecer ou modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação mais precisa de problemas ou hipóteses pesquisáveis para estudos futuros. Assim, nesta pesquisa, analisa-se a utilização da temática de sustentabilidade no processo de desenvolvimento de produtos inovativos, a partir de uma revisão bibliográfica e estudo de caso único (FLYVBJERG, 2006).

O estudo de caso, segundo Yin (2005), é uma investigação empírica na qual se analisa um fenômeno contemporâneo dentro de um contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos. O estudo de caso único pode representar uma contribuição para a base de conhecimento e para a construção da teoria e, em alguns casos, pode redirecionar investigações futuras (YIN, 2005).

Para o estudo de caso desta pesquisa, foi selecionado um projeto de desenvolvimento de produto inovativo com a aplicação de tecnologias apropriadas, abrangendo a utilização de resíduos industriais na obtenção de novos materiais (reciclagem secundária), especificamente em produtos do setor cerâmico. O resíduo industrial em questão é o proveniente da combustão de carvão mineral em uma usina termelétrica situada na região Sul do Brasil. Este projeto de pesquisa e desenvolvimento de produto analisado foi financiado pela Tractebel Energia S.A. e teve a duração de 12 meses.

Na coleta de dados, foram utilizados documentos do projeto de desenvolvimento de produto inovativo e entrevista semiestruturada com o responsável pelo projeto analisado. A entrevista e a análise de documentos servem como fontes de evidências do estudo (YIN, 2005).

A revisão de literatura, cuja síntese foi apresentada na seção anterior, pautou-se nos conceitos de sustentabilidade, inovação e necessidade de integração dos dois temas via modelos de gerenciamento de projetos de desenvolvimento de produtos inovativos. A partir dessa revisão de literatura, utilizou-se o quadro teórico (Quadro 1) baseado em Elkington (1998), Buson (2009), Buson et al. (2009), como meio para análise da utilização da temática de sustentabilidade em projetos de desenvolvimento de produtos inovativos, ou seja, inovação sustentável.

Dimensões	Variáveis
Econômica	<ul style="list-style-type: none"> - Estudos de impacto de custo contínuo para apoiar decisões. Curvas de ROI e <i>trade-off</i> de custo x benefício. - Relacionamento com <i>stakeholders</i> e consumidores no processo. - Busca contínua pela excelência e melhor qualidade. - Gestão de projetos ágil com rápida tomada de decisão. - Prioridade da fase de projeto conceitual.
Social	<ul style="list-style-type: none"> - Rede de gestão de conhecimento. - Reuniões de consenso no processo de decisão e de reflexão para aprendizado com experiência e erros. - Líder de projetos para ensinar e obter comprometimento e disciplina efetiva. - Valores, princípios e crenças compartilhados pelos integrantes da empresa. - Controle visual do andamento de projetos.
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Análise de desmontagem (<i>disassembly</i>). - Rastreamento pós-venda (política de logística inversa). - Aplicação e reuso de tecnologias consolidadas. - Redução do consumo de energia e combustíveis no ciclo de vida do projeto e produto. - Uso de matéria-prima 3Rs (reuso, remanufatura e reciclagem), priorizando recursos naturais abundantes e renováveis.

Quadro 1: Quadro teórico de sustentabilidade

ROI= Return On Investment

Fonte: Dimensões baseadas em Elkington (1998) e, variáveis baseadas em Buson (2009) e Buson et al. (2009).

Realizou-se uma análise de conteúdo dos dados, sendo esta o conjunto de técnicas de análise das comunicações (BARDIN, 2009).

4 Apresentação dos resultados

4.1 Contextualização inicial

O Brasil possui parte de sua matriz energética composta de usinas termelétricas, que geram energia por meio da combustão do carvão mineral. O carvão mineral é a maior fonte de energia não renovável no País. As maiores reservas de carvão

mineral (medida) estão localizadas nos estados do Rio Grande do Sul, com 5,2 bilhões de toneladas; Santa Catarina, com 1,4 bilhões de toneladas; e Paraná, com 3,3 milhões de toneladas (DNPM, 2010). Os principais impactos ambientais produzidos durante as etapas de lavra e beneficiamento do carvão decorrem da disposição de resíduos sólidos estéreis e rejeitos, constituídos basicamente por materiais carbonosos e minerais (pirita e argilominerais) sem valor comercial, que são depositados em áreas próximas ao local de mineração (FUNGARO; IZIDORO, 2006).

Em termos de participação na matriz energética brasileira, segundo o Atlas de Energia Elétrica da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2005), o carvão mineral é atualmente responsável por 11% da matriz energética e tende a aumentar sua participação para 13% até o ano de 2030. Dados do último Balanço Energético Nacional (2011) apontam que, para a geração de eletricidade, o uso do carvão teve um crescimento de 28,3% em 2010, com relação a 2009.

No âmbito mundial, apesar dos graves impactos sobre o meio ambiente, o carvão ainda é uma importante fonte de energia. As principais razões para isso são: a) abundância das reservas; b) distribuição geográfica das reservas; c) baixos custos e estabilidade nos preços, relativamente a outros combustíveis (EPE, 2011).

As cinzas de carvão mineral são resíduos originados da combustão desse minério não metálico. O setor responsável pela maior produção de cinzas no mundo é o da geração de energia elétrica. O carvão moído é pulverizado no interior da caldeira, passando por várias zonas de aquecimento onde a matéria volátil e o carbono são queimados, e as impurezas minerais fundidas, permanecendo em suspensão nos gases da combustão. Ao deixar a zona de combustão, as partículas de cinza fundidas são resfriadas rapidamente (de 1500 °C para 200 °C em poucos segundos), solidificando-

se como partículas esféricas predominantemente vítreas (POZZOBON, 1999). Algumas destas partículas se aglomeram para formar as cinzas pesadas que são recolhidas por via úmida por meio de esteiras rolantes. As demais, chamadas cinzas volantes, são em grande parte capturadas por uma série de filtros ou separadores mecânicos e são carregadas pelo fluxo de gás da combustão.

As características físicas, químicas e mineralógicas das cinzas de carvão são compatíveis com várias matérias-primas utilizadas nas indústrias cerâmicas, o que indica uma possibilidade de substituição parcial ou integral destas matérias-primas não plásticas por esse resíduo. O resíduo é fonte de compostos aluminosilicatos (cerca de 80% da composição), sendo formado majoritariamente pelas fases cristalinas quartzo (SiO_2) e mullita ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{Si}_2\text{O}_3$), (KNIESS et al., 2007).

4.2 Caracterização do projeto estudado

O projeto discutido neste trabalho é um caso de inovação sustentável relacionado ao aproveitamento de resíduos industriais na obtenção de novos materiais. Está relacionado a um projeto de desenvolvimento de produto que visa à utilização de cinzas pesadas de carvão mineral como matéria-prima alternativa na obtenção de novos materiais, especificamente, nos revestimentos cerâmicos e materiais vítreos. Este projeto de P&D analisado foi financiado pela Tractebel Energia S.A. e teve a duração de 12 meses.

Na primeira parte do projeto de P&D analisado, teve-se como objetivo a obtenção de revestimentos cerâmicos com a substituição da matéria-prima convencional utilizada na formulação (areia) por cinzas pesadas de carvão mineral. Os resultados obtidos mostraram que todos os materiais cerâmicos desenvolvidos com adição de cinzas pesadas apresentaram melhores valores das propriedades físicas – densidade aparente, absor-

ção de água e resistência mecânica à flexão –, após a sinterização, comparados com o material padrão industrial. Isto evidencia que o subproduto cinza pesada de carvão mineral mostrou ser uma atramente matéria-prima fonte de SiO_2 (quartzo) e Al_2O_3 (óxido de alumínio) para a obtenção de materiais cerâmicos. Demonstrou-se neste projeto a possibilidade de desenvolver materiais cerâmicos classificados como semi-grês (Grupo IIa - 3<AA£6) (ISO 13006, 2012) com adições de até 36% de cinza pesada de carvão mineral na composição da massa cerâmica. De acordo com alguns trabalhos existentes na literatura, como, por exemplo, o de Kumar et al. (2001), o percentual máximo de cinzas pesadas a ser adicionado nos materiais cerâmicos sem que haja o comprometimento de suas propriedades físicas é de 25%. No entanto, por meio da realização desta pesquisa comprovou-se que é possível a adição de percentuais maiores desse subproduto, que, combinados com os percentuais das demais matérias-primas, originam materiais cerâmicos com melhores propriedades físicas em comparação com materiais desenvolvidos com matérias-primas convencionais.

Na segunda parte do projeto de P&D analisado, buscou-se a obtenção de materiais vítreos no sistema SiO_2 - Al_2O_3 - Li_2O utilizando a cinza de carvão mineral como fonte de SiO_2 e Al_2O_3 . Conforme descrito anteriormente, cerca de 80% das cinzas pesadas são compostas por estes óxidos. Este percentual pode sofrer variações de acordo com a origem do carvão.

Os vidros derivados da cinza pesada apresentaram temperaturas de fusão economicamente viáveis (em torno de 1400 °C). O uso de aditivos adequados (matérias-primas fundentes) de cinza pesada baixa a viscosidade do material fundido e pode direcionar para a obtenção das fases vitrocerâmicas desejadas. Os vidros obtidos a partir deste subproduto apresentaram coloração escura oriunda principalmente dos elementos da cinza.

Apesar de esta cinza possuir diversos óxidos que causam coloração acentuada, destaca-se o óxido de ferro como agente de fundamental contribuição para a concentração de cor. Esta característica pode ser considerada como uma limitação tecnológica para o uso das cinzas como matéria-prima para a produção de vidros transparentes. É possível a diminuição de percentuais significativos de óxido de ferro da composição do resíduo por meio de tratamentos químicos. No entanto, estes não são viáveis economicamente.

A partir da investigação do desenvolvimento do projeto de P&D analisado, que constitui uma inovação no campo de obtenção de materiais vítreos a partir deste subproduto no sistema $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Li}_2\text{O}$, demonstrou-se a possibilidade de reciclar o subproduto de cinza pesada, transformando-o em materiais de caráter vítreo, que por meio de suas características e propriedades tecnológicas podem ser utilizados na indústria vidreira. Além disso, o projeto de P&D analisado comprovou a possibilidade de agregar até 80% de cinza pesada na composição dos materiais.

Esse projeto deu origem a dois pedidos de depósito de patente junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI): “Produção de materiais vitrocerâmicos do sistema $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Li}_2\text{O}$ utilizando cinzas de carvão mineral como matéria-prima” (Número do registro INPI: MU8101975-0 U2) e “Obtenção de revestimentos cerâmicos com adição de cinzas pesadas de carvão mineral” (Número do registro INPI: PI0604603-7 A2).

4.3 Avaliação nas dimensões da sustentabilidade

O contexto que abrange o desenvolvimento sustentável traz para as empresas dois grandes desafios: gerar inovações sustentáveis necessárias à existência humana e assegurar a aceitação dos novos produtos e serviços pela sociedade (ALMEIDA; MELO, 2005). Partindo-se da ideia

que as empresas terão novas opções de criação de valor por meio de futuras inovações tecnológicas e que estas impulsionarão negócios mais sustentáveis, torna-se fundamental para elas descobrir novas formas de incorporar a visão de sustentabilidade econômica, social e ambiental em suas estratégias tecnológicas (RUIZ; LAJOLO; CERÂNTOLA, 2011).

Estratégias de inovação tecnológica, concebidas dentro dos princípios do Desenvolvimento Sustentável e de tecnologias apropriadas (TA), representam importante papel na definição de tecnologias-chave de investimentos, tanto para a resolução de problemas ambientais básicos, como também para uma política de internacionalização de tecnologias. Segundo o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – IBICT (1995, p. 7), “entende-se por tecnologias apropriadas àquelas que são factíveis economicamente; que têm base científica eficiente; utilizam o máximo dos recursos técnicos, humanos, instrumentais, econômicos e ambientais, disponíveis na comunidade ou região que sejam geradoras de emprego e utilizem as habilidades e força de trabalho locais. Ou seja, conforme o mesmo autor, a tecnologia apropriada consiste na aplicação sistemática de conhecimentos (métodos, técnicas, processos e produtos) para a solução de problemas identificados pela própria comunidade, de forma a evitar efeitos negativos sobre a sociedade, a economia, a cultura e o meio ambiente em que será aplicada.

A partir do entendimento dos conceitos de inovação e de sustentabilidade, observa-se que a inovação sustentável pode ser definida como o processo de inovação que leva em conta o tripé da sustentabilidade, ou seja, as variáveis econômicas, ambientais e sociais. Nesse contexto, o projeto de P&D analisado está alinhado ao modelo teórico de sustentabilidade apresentado na metodologia, estando de acordo com os requisitos relacionados à inovação sustentável, pois, além de ser carac-

terizado como inovação, apresenta inserção das dimensões e variáveis nas esferas econômica, ambiental e social, conforme análise descrita:

4.3.1 Dimensão econômica

O aumento da competitividade internacional impõe às indústrias do setor cerâmico a necessidade de incrementar a qualidade de seus produtos. Assim, a busca por matérias-primas de baixo custo e o tratamento adequado da questão ambiental relacionada aos processos de produção são fatores diferenciais que podem ser decisivos na escolha de um determinado produto pelo mercado cada vez mais exigente.

A cinza pesada de carvão mineral possui características físicas, químicas e mineralógicas das cinzas de carvão que são compatíveis com várias matérias-primas cerâmicas, e tem valor de mercado pelo menos quatro vezes menor que muitos minerais comerciais normalmente utilizados como matérias-primas. O custo de produção pode ser reduzido tanto pela matéria-prima ser um resíduo de baixo custo, como também pela sua apresentação física, considerando que a distribuição de tamanho de partícula do resíduo varia em torno de 5-200 μ m. Como consequência, o uso de cinzas de carvão mineral, em geral, não requer moagem, eliminando um processo de produção.

O projeto de P&D analisado comprovou a viabilidade da substituição de até 36% (para revestimentos cerâmicos), e até 80% (para materiais vítreos) de matérias-primas convencionais por cinzas pesadas sem prejuízo nas propriedades dos materiais. A reutilização de certos materiais considerados como resíduos permite que estes retornem ao ciclo de processamento para uso posterior, otimizando a relação energia/meio ambiente/materiais, o que acarreta um melhor aproveitamento dos recursos, sejam eles materiais ou energéticos. No entanto, é necessário um alto nível de tecnologia e de desenvolvimento desses materiais, a fim

de poderem competir com os convencionais. O mérito se prende aos casos nos quais os materiais obtidos são comparáveis aos convencionais em aparência, propriedades e qualidade de serviço, sem a penalidade de custo adicional (ESTRELA, 1996). O Quadro 2 apresenta a análise do projeto de P&D estudado de acordo com o Quadro 1, mostrado anteriormente.

Variáveis	Aderência das variáveis
Estudos de impacto de custo contínuo para apoiar decisões. Curvas de ROI e <i>trade-off</i> de custo x benefício.	Aderente: realização de análise de viabilidade econômico-financeira do projeto. Determinação do <i>pay-back</i> do projeto.
Relacionamento com <i>stakeholders</i> e consumidores no processo.	Aderente: realização de reuniões com os <i>stakeholders</i> envolvidos no projeto.
Busca contínua pela excelência e melhor qualidade.	Aderente: controle de qualidade de processo e produto. Utilização de ferramentas da qualidade para acompanhamento de desempenho.
Gestão de projetos ágil com rápida tomada de decisão.	Aderente: buscou o desenvolvimento do produto mais flexível e adaptável para oportunidades e incertezas emergentes, levando em consideração o conhecimento adquirido durante o desenvolvimento.
Prioridade da fase de Projeto conceitual.	Aderente: a fase conceitual do projeto teve como foco os esforços de qualificação do produto levando-se em consideração as necessidades dos interessados.

Quadro 2: Análise da dimensão econômica da sustentabilidade do projeto estudado

Fonte: Os autores.

4.3.2 Dimensão ambiental

No Brasil, um forte argumento para o uso de cinzas de carvão por meio da reciclagem secundária é a quantidade gerada pela combustão dos carvões nacionais (sub-betuminoso), que pode chegar a mais de 50% em massa (KNISS et al., 2010). Nos dias atuais, a parcela correspondente à ge-

ração das cinzas leves (cerca de 70%) é utilizada industrialmente na produção de materiais cimentícios, sobretudo na fabricação do cimento Portland. Já a destinação das cinzas pesadas (em torno de 30%) continua sendo os depósitos a céu aberto, em bacias de sedimentação, e até o momento carecem de aplicações industriais. Esses depósitos são altamente agressivos ao ecossistema local, destacando-se os processos de lixiviação que levam a uma contínua contaminação dos lençóis freáticos e dos mananciais hídricos, comprometendo as fontes de abastecimento de água da região.

A utilização das cinzas pesadas na obtenção de novos materiais contribui para a diminuição do impacto ambiental associado à disposição deste resíduo, bem como redução dos recursos associados às matérias-primas que deixarão de ser utilizadas na produção tradicional dos produtos cerâmicos. O Quadro 3 apresenta a análise do projeto de P&D estudado, conforme mostrado no Quadro 1.

Variáveis	Aderência das variáveis
Análise de desmontagem (<i>disassembly</i>).	Não contemplou a análise de ciclo de vida do produto (ACV).
Rastreamento pós-venda (política de logística inversa).	Não contemplou a análise de ciclo de vida do produto (ACV).
Aplicação e reuso de tecnologias consolidadas.	Aderente: utilização de tecnologias apropriadas consolidadas.
Redução do consumo de energia e combustíveis no ciclo de vida do projeto e produto.	Aderente: redução do uso de matérias-primas minerais (convencionais) no ciclo de vida do projeto e produto. Redução da extração de matérias-primas naturais. Economia de energia e de recursos não renováveis.
Uso de matéria-prima 3Rs (reuso, remanufatura e reciclagem), priorizando recursos naturais abundantes e renováveis.	Aderente: aplicação dos 3Rs. Aproveitamento/reciclagem de resíduos industriais: cinzas pesadas de carvão mineral.

Quadro 3: Análise da dimensão ambiental da sustentabilidade do projeto estudado

Fonte: Os autores.

4.3.3 Dimensão social

O projeto em questão favorecerá a geração de novos negócios e, conseqüentemente, de novos empregos associados à implantação da nova tecnologia no setor industrial. Além disso, ao diminuir o impacto ambiental decorrente da poluição oriunda da disposição em solo das cinzas pesadas, observa-se uma contribuição para a melhoria da qualidade de vida da população residente nas áreas de entorno das usinas termelétricas geradoras de resíduos.

Fazendo uma análise cruzada dos dados do estudo de caso em relação ao quadro teórico desenvolvido, observou-se um alinhamento das dimensões bem como das variáveis de sustentabilidade, considerando as evidências mostradas nos itens a, b, c. O Quadro 4 apresenta a análise do projeto de P&D estudado de acordo com o Quadro 1.

Variáveis	Aderência das variáveis
Rede de gestão de conhecimento.	Parcialmente: composição de redes de gestão de conhecimento. Ausência de ferramentas de gestão estratégica dessas redes.
Reuniões de consenso no processo de decisão e de reflexão para aprendizado com experiência e erros.	Aderente: realização de reuniões de acompanhamento e discussão sobre os resultados do projeto. Compartilhamento da tomada de decisão.
Líder de projetos para ensinar e obter comprometimento e disciplina efetiva.	Aderente: líder do projeto coordenou as interações entre os <i>stakeholders</i> envolvidos no projeto. Teve o papel de manter a equipe do projeto concentrada nas metas determinadas.
Valores, princípios e crenças compartilhados pelos integrantes da empresa.	Aderente: os valores e princípios foram compartilhados pelos integrantes do projeto e da empresa envolvida.
Controle visual do andamento de projetos.	Aderente: utilização de ferramentas e programas computacionais específicos para o controle e acompanhamento do andamento do projeto.

Quadro 4: Análise da dimensão social da sustentabilidade do projeto estudado

Fonte: Os autores.

O projeto de pesquisa e desenvolvimento de produto analisado apresentou alinhamento ao modelo *triple-bottom line*, com os requisitos relacionados à inovação sustentável, pois, além de ser caracterizado como inovação, apresenta inserção das dimensões e variáveis nas esferas econômica, ambiental e social. Na sequência, são feitas as considerações finais do estudo.

5 Considerações finais

Com este estudo de caso, mostrou-se que de fato os temas centrais analisados – a sustentabilidade e a inovação sustentável via gestão de projetos de desenvolvimento de produtos – apresentam-se expressivos na atualidade e merecem atenção dos pesquisadores. Outra questão é a necessidade da inserção dos conceitos de sustentabilidade com visão tridimensional *triple-bottom line* nas práticas de gestão de projetos de desenvolvimento de produtos com vistas à inovação sustentável. Considerando-se essa necessidade, na atual investigação, objetivou-se analisar a utilização da sustentabilidade em projetos de inovação de produtos. Com a linha conceitual estudada foi possível analisar um caso de desenvolvimento de produto inovativo.

Após avaliar a inserção dos conceitos de inovação sustentável em um projeto de desenvolvimento de produto inovativo, via estudo de caso único, e com a aplicação de tecnologias apropriadas (utilização de resíduos industriais na obtenção de novos materiais – reciclagem secundária), concluiu-se que o projeto avaliado, de fato, apresenta alinhamento em termos de sustentabilidade, conforme quadro teórico baseado no modelo *triple-bottom line*. Foram ainda evidenciadas ações e práticas de sustentabilidade, econômica, ambiental e social na gestão do projeto, que puderam ser percebidas como reflexo no produto inovativo desenvolvido. Com isso, pode-se concluir também que os produ-

tos, por meio do projeto de P&D analisado, podem ser considerados como inovativos e sustentáveis.

Contudo, por se tratar de um estudo de caso único, este trabalho tem como limitação a impossibilidade de extrapolar os resultados da pesquisa. Por esse motivo, é preciso maximizar os esforços aqui iniciados, a fim de alinhar os conceitos de sustentabilidade e gestão de projetos de inovação, no intuito de buscar inovação sustentável, mediante o desenvolvimento de produtos.

Por fim, os resultados deste estudo confirmam a necessidade de mais investigações sobre os temas de inovação sustentável no âmbito organizacional, considerando-se que a inserção dos conceitos de sustentabilidade no contexto da gestão de projetos de desenvolvimento de produtos inovativos pode resultar em produtos cada vez mais sustentáveis, na ótica de produto, processos e tecnologia. Dessa forma, com tais produtos, as organizações tendem a obter mais vantagens competitivas, tornando-se mais sustentáveis nos aspectos econômico, ambiental e social.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Tractebel Energia S.A. pelo financiamento desta pesquisa.

Referências

- ALMEIDA, M. F. L.; MELO, M. A. C. Desenvolvimento tecnológico sustentável na perspectiva empresarial: a experiência da Petrobras. In: SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DE GESTÃO TECNOLÓGICA – ALTEC. 11., 2005, Salvador. *Anais...* Salvador, BA: Altec, 2005. p. 54-54.
- ALTENFELDER, R. Desenvolvimento sustentável. *Gazeta Mercantil*, São Paulo, v. 3, n. 6, 2004.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Atlas de energia elétrica da Aneel*. 2. ed. Brasília, DF. 2005. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_077_541_11890.pdf>. Acesso em: maio, 2012.

ANNING, H. Case study: bond University Mirvac school of sustainable development building, Gold Coast, Australia. *Journal of Green Building*, v. 4, n. 4, p. 39-54, 2009.

ARAÚJO, G. C.; BUENO, M. P. Um estudo sobre a sustentabilidade empresarial na agroindústria frigorífica. *Revistas Gerenciais*, v. 7 n. 2, p. 147-154, 2008.

ARAÚJO, G. C.; MENDONÇA, P. S. M. Análise do processo de implantação das normas de sustentabilidade empresarial. *Revista de Administração Mackenzie*, v. 10, n. 2, p. 31-56, 2009.

ARAÚJO, J. B. *Desenvolvimento de método de avaliação de desempenho de processo de manufatura considerando parâmetros de sustentabilidade*. 2010. 176 f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção)–Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

BARBIERI, J. C.; ÁLVARES, A. C. T.; CAJAZEIRA, J. E. R. *Gestão de ideias para inovação contínua*. Porto Alegre: Bookman, 2009.

BARBIERI, J. C. et al. Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. *Revista de Administração de Empresas*, v. 50, n. 2, p. 146-154, 2010.

BARBIERI, J. C. Organizações inovadoras sustentáveis. In: BARBIERI, J. C.; SIMANTOB, M. *Organizações inovadoras sustentáveis: uma reflexão sobre o futuro das organizações*. São Paulo, Atlas, 2007.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa, Portugal: Edições 70. 5. ed. 2009.

BERKHOUT, F.; GREEN, K. Managing innovation for sustainability: the challenge of integration and scale. *International Journal of Innovation Management*, v. 6, n. 3, p. 227-232, 2002.

BERNHARDI, L.; BEROGGI, G. E. G.; MICHEL R. Sustainable water management through flexible method management. *Water Resources Management*, v. 14, n. 16, p. 473-495, 2000.

BODEA, C. N. et al. An ontological-based model for competences in sustainable development projects: a case study for project's. *Economic Interferences*, v. 12, n. 27, p. 177-189, 2010.

BOONS, F.; LÜDEKE-FREUND, F. Business models for sustainable innovation: state-of-the-art and steps towards a research agenda. *Journal of Cleaner Production*, v. 45, p. 9-19, 2013.

BUSON, M. A. et al. Uma proposta de avaliação da sustentabilidade de projetos na fase de planejamento com base nos princípios Lean: um estudo de caso no segmento de eletrônicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO. 7., 2009. São José dos Campos. *Anais...* São José dos Campos: CBDGP, 2009.

BUSON, M. A. *Uma avaliação da sustentabilidade de projetos na fase de planejamento com base nos princípios Lean: um estudo de caso no segmento de eletrônicos*. 2009. 134 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

CARVALHO, M. M.; RABECHINI JUNIOR. R. *Construindo competências para gerenciar projetos: teoria e casos*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

CARVALHO, O.; VIANA, O. Ecodesenvolvimento e equilíbrio ecológico: algumas considerações sobre o Estado do Ceará. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 29, n. 2, p. 129-141, 1998.

CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S. C. *Managing new product and process development: text and cases*. New York: The Free Press, 1993. 896p.

COOPER, R. G. *Winning at new products: accelerating the process from idea to launch*. New York: Addison-Wesley Publishing, 1993.

COOPER, R. G. Perspective: the stage-gate idea-to-launch process-update, what's new, and nexgen systems. *Journal of Production Innovation Management*, v. 25, p. 213-232, 2008.

COOPER, R. G.; EDGETT, S. J. Maximizing productivity in product innovation. *Research Technology Management*, v. 51, n. 2, p. 47-58, 2008.

COOPER, R. G.; EDGETT, S. J.; KLEINSCHLIMDT, E. J. Optimizing the stage-gate process: what best practice companies are doing. *Research-Technology Management*, v. 45, n. 5, p. 21-27, 2002.

CORAL, E. *Modelo de planejamento estratégico para a sustentabilidade empresarial*. 2002. 282 f. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

CRABBÉ, A. et al. Transition towards sustainable material innovation: evidence and evaluation of the Flemish case. *Journal of Cleaner Production*, v. 56, n. 1, p. 63-72, 2013.

DAVILA, T.; EPSTEIN, M.; SHELTON, R. *As regras da inovação*. Porto Alegre, Bookman, 2007.

DJSI. Dow Jones Sustainability Indexes. *Measuring intangibles ROBECOSAM's corporate sustainability assessment methodology*. 2015. Disponível em: <http://www.sustainability-indices.com/images/Measuring_Intangibles_CSA_methodology.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2016.



- DNPM. Departamento Nacional da Produção Mineral. Anuário Mineral Brasileiro, Brasília, DF: DNPM, 2010.
- ELKINGTON, J. *Canibals with forks: the triple bottom line of 21st century business*. Canadá: New Society Publishers, 1998.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço energético nacional 2011, relatório final. 2011. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2011.pdf>. Acesso em: 11 jun. 2012.
- ESTRELA, S. P. *Diagnóstico de resíduos sólidos industriais em Santa Catarina*. 1996. 181p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1996.
- ETHOS. Instituto Ethos de Empresas e Responsabilidade Social. *Conferência Internacional do Instituto Ethos*. 2006. Disponível em: <http://ethos.org.br/ci2006/apresentacoes/oficina_de_gestao_para_sustentabilidade_versao7.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2012.
- FAGERBERG, J. Innovation: a guide to the literature, In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D. C.; NELSON R. R. *The Oxford handbook of innovation*. Oxford: Oxford University Press, 2006. Cap. 1.
- FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, G.; RODRÍGUEZ-LÓPEZ, F. A methodology to identify sustainability indicators in construction project management – Application to infrastructure projects in Spain. *Ecological Indicators*, v. 10, n. 6, p. 1193-1201, 2010.
- FLYVBJERG, B. Five Misunderstandings about Case-Study Research. *Qualitative Inquiry*, v. 12, n. 2, p. 219-245, 2006.
- FOXON, T.; PEARSON, P. Overcoming barriers to innovation and diffusion of cleaner technologies: some features of a sustainable innovation policy regime. *Journal of Cleaner Production*, v. 16, n. 1, p. 148-161, 2008.
- FRANCIS, D.; BESSANT, J. Targeting Innovation and implications for capability development. *Technovation*, v. 25, n. 3, p. 171-183, 2005.
- FUNGARO, D. A.; IZIDORO, J. C. Remediação de drenagem ácida de mina usando zeólitas sintetizadas a partir de cinzas leves de carvão. *Revista Química Nova*, v. 29, n. 4, p. 735-740, 2006.
- GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo: Atlas, 2006.
- GOFFIN, K.; MITCHELL, R. *Innovation Management: strategy and implementation using the pentathlon framework*. 2. ed. New York: Palgrave Macmillan, 2010.
- GRI. Global Reporting Initiative. *G4 sustainability report guidelines – Reporting Principles and Standard Disclosures*. 2015. Disponível em <<https://www.globalreporting.org/standards/g4/Pages/default.aspx>>. Acesso em: 20 jun. 2016.
- HARTIG, P. D. Practical application of sustainable development in decision-making processes in the Great Lakes Basin. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, v. 3, n. 1, p. 31-46, 1996.
- HUBBARD, G. Measuring Organizational Performance: Beyond the Triple Bottom Line. *Business Strategy and the Environment*, v. 19, p. 177-191, 2009.
- IBICT. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. Guias de fontes de informação em tecnologias apropriadas. Brasília, DF: IBICT, 1995. 307 p. Disponível em: <<http://livroaberto.ibict.br/handle/1/1005>>. Acesso em: 22 jun. 2016.
- ISO. International Organization for Standardization. *ISO 13006: Ceramic tiles – definitions, classification, characteristics and marking*. 2012. Disponível em: <http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=51063>. Acesso em 20 jun. 2016.
- JENSEN, M. B. et al. Forms of knowledge and modes of innovation. *Research Policy Review*, v. 36, n. 5, p. 680-693, 2007.
- JONES, B. Trying harder: Developing a new sustainable strategy for the UK. *Natural Resources Forum*, v. 30, n. 2, p. 124-135, 2006.
- KNISS, C. T. et al. Obtenção de materiais cerâmicos estruturais com a adição de resíduos industriais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA. 54., 2010. Foz do Iguaçu. *Anais... Foz do Iguaçu: Associação Brasileira de Cerâmica*, 2010.
- KNISS, C. T. et al. Dilithium dialuminium trisilicate phase obtained using coal bottom ash. *Journal of Non-Crystalline Solids*, v. 353, p. 4819-4822, 2007.
- KUMAR, S.; SINGH, K.; RAMACHANDRARAO, P. Effects of fly ash additions on the mechanical and other properties of porcelainised stoneware tiles. *Journal of Materials Science*, v. 36, p. 5917-592, 2001.
- LIEDTKE, C. et al. User-integrated innovation in Sustainable LivingLabs: an experimental infrastructure for researching and developing sustainable product service systems. *Journal of Cleaner Production*, v. 97, n. 15, p. 106-116, 2015.
- MARCELINO-SÁDABA, S.; GONZÁLEZ-JAEN, L. F.; PÉREZ-EZCURDIA, A. Using project management as a way to sustainability. From a comprehensive review to a framework definition. *Journal of Cleaner Production*, v. 99, p. 1-16, 2015.
- MARTENS, M. L.; CARVALHO, M. M. An exploratory study of sustainability evaluation in project management. *Product: Management and Development*, v. 11, n. 2, p. 111-117, 2013.

- MARTENS, M. L.; CARVALHO, M. M. The challenge of introducing sustainability into project management function: multiple-case studies. *Journal of Cleaner Production*, v. 117, p. 29-40, 2016.
- MAZZOLENI, E. M.; OLIVEIRA, L. G. Inovação tecnológica na agricultura orgânica. In: SIMPÓSIO DE GESTÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA. 25., 2008. Brasília, DF. *Anais...* Brasília, DF: ANPAD, 2008.
- MEDEIROS, J. F.; RIBEIRO, J. L. D.; CORTIMIGLIA, M. N. Success factors for environmentally sustainable product innovation: a systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, v. 65, p. 76-86, 2014.
- MENDONÇA, A. T. B. B.; CHEROBIM, A. P. M. S.; CUNHA, S. K. C. Sistemas setoriais de inovações sustentáveis: Categorias de análise, tipologias e classificações para análise. *RACE – Revista de Administração, Contabilidade e Economia*, v. 13, n. 1, p. 305-328, jan./abr., 2014. Disponível em: <http://editora.unoesc.edu.br/index.php/race/article/view/3589/pdf_14>. Acesso em: 21 mar. 2015.
- MORIOKA, S. N.; CARVALHO, M. M. Sustentabilidade e gestão de projetos: um estudo bibliométrico. *Produção*, 2015, In Press. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.058912>
- MULDER, J.; BRENT, A. C. Selection of Sustainable Rural Agriculture Projects in South Africa: Case Studies in the LandCare Programme. *Engineering and Technology*, v. 28, n. 2, p. 55-84, 2006.
- MUNCK, L.; GALLELI, B.; SOUZA, R. B. Organizational competencies for sustainability: the proposition of a representative framework of the event of eco-efficiency. *Production Journal*, v. 23, n. 3, p. 652-669, 2013.
- O'DWYER B.; OWEN D. Assurance statement practice in environmental, social and sustainability reporting: a critical evaluation. *British Accounting Review*, v. 37, p. 205-229, 2005.
- OCDE. Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico. Manual de Oslo – diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 3. ed. Rio de Janeiro: Finep, 2005.
- OLIVEIRA FILHO, J. E. Gestão ambiental e sustentabilidade: um novo paradigma eco-econômico para as organizações modernas. *Domus on line: Revista de Teoria Política, Social e Cidadania*, v. 1, n. 1, p. 104-126, 2004.
- OLIVEIRA, L. G. L. *Integração da cadeia produtiva do agronegócio do caju ao desenvolvimento sustentável*. 2009. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Administração do Centro de Estudos Sociais Aplicados)– Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2009.
- OLIVEIRA, L. R. M.; MARTINS, R.; QUELHAS, O.L.G. Sustainability: the evolution of concepts to implementation as strategy in organizations. *Production Journal*, v. 22, n. 1, p. 70-82, 2012.
- PMI. Project Management Institute. A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide). 5th ed. Pennsylvania, USA: Project Management Institute, Inc., 2013.
- POZZOBON, C. E. *Aplicações tecnológicas para a cinza do carvão mineral produzida no Complexo Termelétrico Jorge Lacerda*. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção)–Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1999.
- QUIST, J.; TUKKER, A. Knowledge collaboration and learning for sustainable innovation and consumption: introduction to the ERSCP portion of this special volume. *Journal of Cleaner Production*, v. 48, p. 167-175, 2013.
- RAMAN, S.; MOHR, A. Biofuels and the role of space in sustainable innovation journeys. *Journal of Cleaner Production*, v. 65, n. 15, p. 224-233, 2014.
- RAVEN, R. P. J. M. et al. Managing societal acceptance in new energy projects. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 76, n. 7, p. 963-977, 2009.
- RUIZ, M. S.; LAJOLO, R. D.; CERÂNTOLA, A. P. Práticas de sustentabilidade nas organizações: um desafio que vai além da gestão ambiental empresarial. *Guia do Reciclador*, São Paulo, p. 32-38, 2011.
- RUSSELL, D. A. M.; SHIANG, D. L. Thinking about more sustainable products: using an efficient tool for sustainability education, innovation, and project management to encourage sustainability thinking in a multinational corporation ACS. *Sustainable Chemistry & Engineering*, v. 1, n. 1, p. 2-7, 2013.
- SACHS, I. *Rumo à ecosocioeconomia: teoria e prática do desenvolvimento*. São Paulo: Cortez, 2007.
- SACRAMENTO, P. M.; TEIXEIRA, R. M. Tipos de inovações em pequenas e médias empresas turísticas. *RACE – Revista de Administração, Contabilidade e Economia*, v. 14, n. 1, p. 383-404, jan./abr., 2015. Disponível em: <<http://editora.unoesc.edu.br/index.php/race/article/view/4488/3739>>. Acesso em: 15 jun. 2015.
- SÁNCHEZ, M. A. Integrating Sustainability Issues into Project Management. *Journal of Cleaner Production*, v. 96, p. 319-330, 2015. doi 10.1016/j.jclepro.2013.12.087
- SANTOS, T. C. S. S. As diferentes dimensões da sustentabilidade em uma organização da sociedade civil brasileira: o caso do Gapa-Bahia. 2005. Dissertação (Mestrado em Administração)–Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.
- SANTOS, S. F. O. M.; HATAKEYAMA, K. Sustainable charcoal production process focusing the environmental, economical, social and cultural aspects. *Production Journal*, v. 22, n. 2, p. 309-321, 2012.



SCHUMPETER, J. The theory of economic development. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1934.

SHENHAR, A.; DVIR, D. *Reinventing project management: the diamond approach to successful growth and innovation*. Harvard Business School Press, 2007.

SINGH, R. K. et al. An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, v. 15, n. 1, p. 281-299, 2012.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. *Gestão da inovação*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

TSAI, M. T. et al. The effects assessment of firm environmental strategy and customer environmental conscious on green product development. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 184, n. 7, p. 4435-4447, 2012.

TURLEA, C.; ROMAN, T. D.; CONSTANTINESCU, D. G. The project management and the need for sustainable development. *Metalurgia International*, v. 15, n. 3, p. 121-125, 2010.

VIFELL, A.; SONERYD, L. Organizing matters: how “the social dimension” gets lost in sustainability projects. *Sustainable Development*, v. 20, n. 1, p. 18-27, 2012.

WCED. World Commission on Environment and Development. *Our Common Future*. Oxford. England: Oxford University Press, 1987.

YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 3. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

Recebido em 2 maio 2016 / aprovado em 3 jun. 2016

Para referenciar este texto

MARTENS, M. L. et al. Um estudo de inovação sustentável em projeto de desenvolvimento de produtos. *Exacta – EP*, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 477-494, 2016.