



“TEN YEARS WORKING TOGETHER FOR A SUSTAINABLE FUTURE”

Avaliação dos custos, benefícios e externalidades associados ao ciclo de vida do produto no contexto da Economia Circular: Um estudo para embalagens de alumínio

ALBUQUERQUE, T. L M, MATTOS, C. A., SCUR, G. , KISSIMOTO, K.

Centro Universitário da FEI, São Paulo

Resumo

A Economia Circular tem como objetivo transformar os resíduos em recursos e busca ligar as atividades de produção e consumo. A lógica conceitual para a criação de valor baseia-se no valor econômico obtido pela reutilização de um produto para a produção de novas ofertas. O desenvolvimento de modelos de negócios no contexto da Economia Circular está ganhando importância nos ambientes acadêmico, corporativo e governamental. Assim, a transição das empresas de uma economia linear para uma Economia Circular (EC) traz uma série de desafios, sendo essencial compreender o impacto das mudanças em seus modelos de negócio. Neste contexto, torna-se necessário uma avaliação dos custos, benefícios e externalidades aplicando ferramentas que permitam capturar as variáveis envolvidas em todo o ciclo de vida de um produto. Assim, o objetivo principal do trabalho consiste em analisar o benefício da utilização de embalagens de alumínio no setor de alimentos combinando o método *Life Cycle Costing* (LCC) e externalidades, pois no contexto da economia circular deve-se considerar não apenas o custo de um produto ocorrido ao longo de seu ciclo de vida, mas também o benefício econômico ou o valor agregado para a sociedade. O estudo busca contribuir para a evolução dos conceitos e métodos ajudando a integrar e otimizar as considerações econômicas, sociais e ambientais para oferecer cenários mais sustentáveis no futuro. Os resultados obtidos através do método LCC e externalidades indicaram benefício econômico e redução de CO₂.

Palavras Chaves: Life Cycle Costing, Economia Circular, Sustentabilidade, Externalidades

1. Introdução

Conforme mencionado por Gregson et al. (2014) o conceito de economia circular ganha cada vez mais destaque no meio acadêmico, corporativo e governo, porém a sua disseminação na prática ainda é limitada, havendo, portanto, interesse em discutir teoria e prática buscando avançar o conhecimento, revisitando conceitos existentes e abordagens à luz dos modelos circulares necessárias no atual contexto econômico.

Desde o início da revolução industrial, a economia produtiva foi baseada em uma economia linear (Extrair, Produzir e Descartar). A partir da metade do século passado, o conceito de “economia circular” passou a ganhar mais importância tanto para a academia, indústria e governo. A economia

“TEN YEARS WORKING TOGETHER FOR A SUSTAINABLE FUTURE”

São Paulo – Brazil – May 24th to 26th - 2017

circular (EC) inclui o “closing material loops”, reuso e reciclagem de nutrientes biológicos para extrair seu valor máximo com o mínimo gasto (Ellen MacArthur Foundation 2016; Zink e Geyer, 2017). Independente da corrente teórica, conforme Zink e Geyer (2017) em termos práticos, o cerne da EC consiste em 3 atividades: reuso de produtos (incluindo a reparação e o *refurbishment*), reuso de componentes (remanufatura) e reuso de materiais (reciclagem). Portanto, o desenvolvimento eco industrial regenerativo (Geng et al., 2014) implica em um projeto abrangente que envolve soluções radicalmente alternativas, ao longo de todo o ciclo de vida do produto e processo, bem como a interação com meio ambiente.

Neste sentido, a economia circular é um sistema industrial intencionalmente reparador ou regenerativo, que traz benefícios operacionais e estratégicos e um potencial de inovação. Além disso, os modelos de negócio circulares com base em remanufatura e reutilização podem gerar benefícios como redução dos custos bem como reduções no impacto ambiental (Linder e Williander, 2015).

Assim, a EC tem o potencial de compreender e implementar padrões radicalmente novos e ajudar a sociedade a alcançar sustentabilidade e bem-estar. Ding et al. (2014) argumentam que o desafio da introdução de produtos ambientalmente amigáveis reside na motivação dos produtores em estarem dispostos a suportar os custos de prevenção/redução de poluição. Neste contexto, torna-se necessário uma avaliação dos custos, benefícios e externalidades aplicando ferramentas que permitam capturar as variáveis envolvidas em todo o ciclo de vida de um produto. De acordo com Florindo et al. (2017) a adoção de métodos que permitam a integração dos custos de produção com impactos ambientais estabelecidas através do ciclo de vida do produto, pode gerar informação para o processo decisório de uma organização.

Assim, o objetivo principal deste artigo consiste em analisar o benefício da utilização de embalagens de alumínio no setor de alimentos combinando o método Life Cycle Costing (LCC) e externalidades, pois no contexto da economia circular deve-se considerar, além do custo de um produto ao longo de seu ciclo de vida, também seu valor agregado em termos ambientais e sociais.

2. Fundamentação Teórica

A pesquisa sobre questões de sustentabilidade relativas às operações e supply chain evoluíram a partir de perspectiva da empresa focal para além das fronteiras organizacionais para incluir ligações inter-organizacionais dentro cadeias de fornecimento (Bourlakis et al., 2014; Walker et al., 2014). A Economia Circular visa transformar resíduos em recursos e busca trabalhar a ligação entre as atividades de produção e de consumo. Mentink (2014) define economia circular como “um sistema econômico com loops de materiais”.

Vários aspectos são discutidos no contexto da economia circular, conforme mencionado por Ellen MacArthur Foundation (2010). São discutidos pontos como a colaboração efetiva entre cadeias de valor e setores sendo imperativa para o estabelecimento de um sistema circular de larga escala. Parcerias no desenvolvimento de produtos, transparência e compartilhamento de informações possibilitados por TI (Dong et al., 2013), sistemas de coleta compartilhados, padrões setoriais, incentivos alinhados e mecanismos de identificação de possíveis parceiros podem ser disponibilizados em plataformas colaborativas entre setores inteiros e entre empresas e formuladores de políticas. Durante a última década, as empresas têm sistematicamente implementado modelos circulares visando o ciclo de vida dos produtos, componentes e saídas de resíduos úteis, moldando o crescimento dos mercados de bens secundários suportada por modelos circulares da cadeia de fornecimento em que as organizações de diversos setores desempenham um mais interativo e colaborativo.

Na economia circular os produtos e processos são redesenhados para maximizar o valor dos recursos com a finalidade de dissociar o crescimento econômico e a utilização dos recursos. Conforme concebida por seus criadores, a economia circular consiste em um ciclo de desenvolvimento positivo contínuo que preserva e aprimora o capital natural, otimiza a produção de recursos e minimiza riscos sistêmicos administrando estoques finitos e fluxos renováveis (Ellen Macarthur Foundation, 2010).

Su et al. (2013) mencionam que os princípios norteadores da economia circular são denominados como "3R" (reutilização, reparação e remanufatura) os quais têm uma dimensão local ou regional e são capazes de evitar ou reduzir as embalagens, custos de transporte e os custos de transação através da manutenção da propriedade.

Os princípios 3R podem ser integrados por mais três princípios adicionais desenvolvidos pela Ellen Macarthur Foundation, (2010). O primeiro deles, design apropriado, salienta sobre a importância da fase de projeto na busca de soluções para evitar descargas de resíduos em aterros: "Os produtos são concebidos para um ciclo de desmontagem e reutilização". A segunda apresenta uma reclassificação dos materiais em "técnico" e "nutrientes". Os materiais técnicos (como metais e plásticos) são concebidos para ser reutilizado no final do ciclo de vida, enquanto os nutrientes biológicos, que, em geral são não-tóxicos, "pode retornar de forma segura para a biosfera ou numa cascata de utilizações consecutivas". O terceiro princípio adicional, "renovável", coloca a energia renovável como a principal fonte de energia para a economia circular, para reduzir a dependência da energia fóssil e melhorar a capacidade de adaptação (resiliência) do sistema econômico.

2.1 LCC – Life Cycle Costing

Farr et al. (2015) argumentam que um dos métodos que pode apoiar o processo decisório de projetos no contexto sustentável é a *Life Cycle Cost Analysis* (LCC). Segundo Goh e Sun (2015), os conceitos e métodos têm de evoluir para irão ajudar a integrar e otimizar as considerações econômicas, sociais e ambientais para oferecer cenários mais sustentáveis no futuro. De fato, os princípios de sustentabilidade não são mais representados por indicadores tradicionais de sucesso econômico e qualidade ambiental e sim por uma visão integrada de meio-ambiente, economia e sociedade (Koplin et al. 2007). Tendências atuais indicam que os custos de vida de produto são cada vez mais importantes em todas as áreas de marketing, e seus conceitos estão sendo praticados cada vez mais em segmentos do governo, indústria, serviços e consumo. Na maioria dos casos, as decisões não são inteiramente baseadas nos custos, mas os custos desempenham um papel importante neste processo decisório.

A análise de custo do ciclo de vida é um método econômico para determinar todos os custos decorrentes de todo o ciclo de vida de um projeto ou produto, desde a aquisição, instalação, operação, manutenção e disposição final da matéria-prima (Nguyen et al., 2008).

Hunkeler et al. (2008) definem LCC ambiental como:

"Uma avaliação de todos os custos associados com o ciclo de vida de um produto que é diretamente coberto por qualquer um ou mais dos intervenientes no ciclo de vida do produto (por exemplo, fornecedor, fabricante, consumidor, ou outros atores) com inclusão complementar de externalidades que estão previstos para ser internalizadas no futuro e que são relevantes na tomada de decisão (...).

2.2 Externalidades

A inclusão das externalidades ecológicas no processo de contabilização é fundamental para entender seus reflexos na empresa. Segundo Lima e Vegas (2002) conceitos já estão sendo apresentados por pesquisadores da área, mas, estudos adicionais são necessários. Ainda segundo Lima e Vegas (2002) uma das formas de neutralizar as externalidades ecológicas é a internalização, ou seja, o

reconhecimento de seus efeitos na apuração dos resultados da empresa. Li & Yu (2016) mencionam também a importância de internalizar as externalidades em modelos econométricos para processo decisório.

3. Método

A metodologia utilizada para avaliação dos custos e benefícios foi o LCC sob a ótica proposta por Hunkeler et al. (2008) que prevê a internalização das externalidades para análise do resultado. Hunkeler et al. (2008) mencionam que se pode definir externalidade em termos de custo-benefício, custo não contabilizado no sistema ou o custo não suportado diretamente pela empresa. Os dados para o desenvolvimento do estudo foram obtidos junto à indústria alimentícia, ABAL (Associação Brasileira de Alumínio) e Usina de Alumínio. Os documentos utilizados foram relatórios gerenciais internos e dados divulgados pela ABAL (2015).

3.1 Contextualização – Embalagens de alumínio para o setor de Alimentos

O alumínio possui diversos benefícios em sua aplicação para embalagens de alimentos e bebidas. O Alumínio é leve, resistente, possui alta refletividade (conserva o alimento contra degradação da luz) e condutividade térmica. Essas características beneficiam o alumínio como uma das matérias primas para embalagens mais atrativas para a indústria e consumidor. Segundo a ABAL, (2015), no Brasil, temos um caso de sucesso na lata de alumínio para bebidas, a qual foi introduzida em 1989 no Brasil e tornou-se um caso especial de aceitação irrestrita pelo mercado e pelo consumidor, gerando um mercado de 20 bilhões de latas por ano (Sicobe, 2016). Hoje, 95% das bebidas vendidas em lata no Brasil utilizam a embalagem de alumínio. Muitos países da Europa e Estados Unidos, além de utilizar a embalagem de alumínio para bebidas, utilizam em grandes escalas para alimentos. Existem países, como por exemplo, a Alemanha que provém benefícios fiscais aos produtos, os quais utilizam embalagens que possuem alta característica de reciclagem e baixa emissão de CO₂ em toda a cadeia produtiva. Os fabricantes de bebidas e alimentos reconheceram suas vantagens tanto no peso, na produtividade em máquinas, na redução de custos com o transporte e sua eficiência para a estocagem em armazéns.

A lata de alumínio pode ser reciclada infinitas vezes, tanto para bebidas como para alimentos. O mercado reconhece em unanimidade, o benefício da reciclagem, que reduz o consumo de energia para a produção do alumínio, preserva o meio ambiente, movimentando a economia, gera empregos (como uma fonte de renda na coleta da lata para reciclagem), além do benefício social; que promove a educação sustentável aos cidadãos afim de auxiliar o desenvolvimento da sociedade atual (ABAL, 2015).

3.2 Etapas do Estudo

O desenvolvimento do estudo é segmentado em três etapas: (1) Demonstração do fornecimento da matéria-prima (Alumínio) em Loop Fechado, juntamente com seu benefício econômico ao cliente 1st Tier (Indústria de Alimento e Lata), (2) o benefício na econômico em sua operação logística e (3) o custo no ciclo de vida do ativo logístico para a indústria de alimento.

Nesse estudo de caso, será mantida a confidencialidade de todos os "stakeholders" da cadeia. Os profissionais entrevistados para levantamento de informações foram gerentes de negócios (Usina) e na indústria alimentícia; o diretor geral de operações e gerente comercial, ambos contatos são formadores de opinião e responsáveis por decisões estratégicas de implementação no negócio. A estrutura da indústria alimentícia, além do processamento do alimento, possui uma cadeia horizontal em relação ao fornecimento de sua embalagem, sendo responsável pela fabricação da lata. A usina de alumínio, responsável pela fundição e laminação do alumínio, possui uma operação própria de reciclagem.

3.3 Cadeia de Fornecimento em "loop fechado"

A cadeia de fornecimento do modelo terá os seguintes "stakeholders" e suas respectivas responsabilidades na cadeia:

1. Usina de Alumínio;
 - a. Responsável pela fundição e laminação do alumínio.
 - b. Responsável pela reciclagem das latas e sucatas de toda a cadeia.
 - c. Responsável pela coleta (Postos de Coletas Espalhados em todos o País) e gestão do resíduo na cadeia (Coletas de Sucatas Industriais na cadeia de distribuição).
2. Indústria Alimentícia.
 - a. Responsável pelo processamento do alimento.
 - b. Responsável pela fabricação das latas.
 - c. Responsável pelo Envase dos Alimentos.
 - d. Responsável pela operação logística de seu produto aos varejistas e atacadistas de alimentos.
3. Varejistas e Atacadistas
 - a. Responsável pela venda do produto ao consumidor final.

A estrutura da economia circular adotada pela usina e o estudo de caso segue o modelo de Identificação do estado da arte sobre modelos de negócio para os modelos comerciais circulares e sintetiza o desenvolvimento do modelo de negócio em modelo comercial circular, conforme estruturado abaixo.

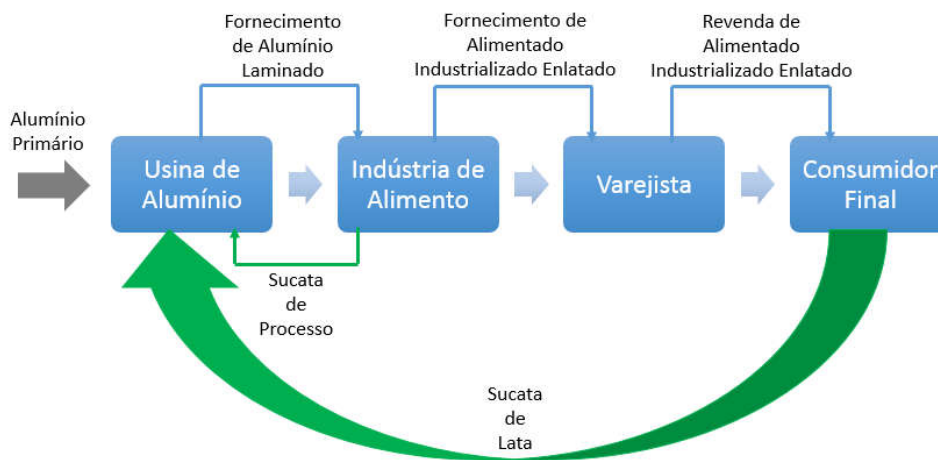


Fig. 1 - Fluxo da Cadeia de Supply Chain em Loop Fechado

4. Resultados

4.1 Aplicação do LCC – Life Cycle Costing

- Custo Direto da Matéria-Prima Metálica para a Embalagem

Em um mercado competitivo, onde a demanda é elástica, ou seja, muito sensível ao preço, o impacto inicial decisório para implementação da inovação pelo principal transformador e integrador do produto na cadeia (Indústria Alimentícia) é o custo direto em seu produto. Nesse modelo, o principal gestor e arquiteto da inovação do produto é a indústria de alimento, a qual poderá processar o seu alimento e projetar sua embalagem de diferentes alternativas. Os fornecedores de matérias-primas

poderão suportar a indústria de alimentícia em um “co-design” para uma inovação e avaliar possíveis alternativas de redução de custo.

A Folha de Flandres possui um custo direto de material competitivo em relação ao alumínio, porém em uma economia circular, há a possibilidade de se avaliar qual material poderá trazer menores reduções de custos em sua operação avaliando o benefício da cadeia como um todo. Aplicando uma magnitude comparativa de preços entre o alumínio e o aço conforme pesquisas de mercado da usina de alumínio, pode-se considerar o custo do alumínio em uma proporção de 3,5 vezes maior que o aço, porém o da sucata de alumínio, conforme a London Metal Exchange, é maior. A usina de alumínio detém uma das maiores redes mundiais de reciclagem de alumínio e de acordo com o estado da sucata, o custo pode-se chegar até 8 vezes o valor da sucata de Folha de Flandres.

No processo produtivo da lata de acordo com a indústria de alimento, gera-se retalhos de processo, ou sucatas internas durante o processo na estampagem e corte do Becker (“Pescoço”) da lata metálica (Trimmer) na ordem de 38% do material metálico (dado fornecido pela indústria alimentícia) comprado no processo. Esse retalho pode ser vendido para a própria usina de alumínio afim de recicla-lo e utilizá-lo como matéria prima em seu processo.

Utilizando as premissas de custo de matéria prima fornecidas pela usina de alumínio e os dados de eficiência processos produtivos do fabricante de alimento, pode-se montar e considerar o seguinte modelo matemático:

a) Custo de Matéria Prima Metálica da Embalagem:

*“Custo da Matéria Prima – (Sucata de Processo * Valor de Sucata)”*

b) Premissas e Restrições das Variáveis

- *Custo de Matéria Prima (Folha de Flandres): X*
- *Custo de Matéria-Prima (Alumínio): 5*X*
- *Ineficiência do Processo: 38% *X*
- *Relação do Preço da Sucata de Alumínio em Relação ao Aço: 8 vezes*

Custo de Matéria Prima por Material

a. Custo de Matéria-Prima da Embalagem (Folha de Flandres):

*i. $X - 0,38 * X = 0,62 * X$*

b. Custo de Matéria-Prima da Embalagem (Alumínio):

*i. $5 * X - 0,38 * X * 8 = 0,46 * X$*

Considerando esse modelo matemático juntamente com as premissas realizadas na pesquisa do estudo de caso, obtêm-se que o custo de matéria-prima metálica da embalagem em Folha de Flandres é 1,32 vezes ($0,62 * X > 0,46 * X$) comparado ao custo de matéria-prima metálica da embalagem em alumínio.

Custo Direto Logístico

Conforme descrito anteriormente, o alumínio possui uma das menores densidades entre os materiais metálicos. Devido a essa característica, a utilização do alumínio como matéria prima pode trazer benefícios ergonômicos e econômicos para a operação. De acordo com pesquisas e simulações de custos de processo de embalagem pela Usina de Alumínio, pode-se utilizar a seguinte modelo comparativo afim de analisar a diferença de peso na embalagem alimentícia utilizada nesse estudo de caso.

Tabela 1- Diferença de peso de uma embalagem de alimento em Alumínio e Aço

Embalagem	Peso da Embalagem (g)		Economia de peso (g)
	Embalagem Alumínio	Embalagem Aço	
Caneco	11,45	29,86	18,41
Tampa	5,44	14,99	9,55
			27,96

De acordo com a pesquisa realizada na indústria alimentícia, a capacidade de carga em um caminhão, utilizando o máximo grau de utilização de sua capacidade de carga são 50.000 latas. Se multiplicarmos essa capacidade por cada tipo de embalagem no quadro acima e compará-las, teremos uma redução de 1.398 kgs na utilização da embalagem de alumínio no transporte, aumentando 16 % a eficiência de carga no transporte.

Tabela 2- Economia de Peso no Transporte utilizando o material alumínio

Embalagens por caminhão	Total de Redução de Peso - Carga – Kg
50.000	1.398,00

Segundo a ABAL (2015), em suas pesquisas para a redução de peso em transportes, a cada 100 kg há uma redução de 0.4l de combustível a cada 100 km. Segundo dados técnicos dos caminhões da Volkswagen, a vida útil média de um caminhão é 500.000 Km. Considerando o custo do combustível diesel (R\$ 2,30/l) realizado no período da elaboração do estudo de caso (Petrobrás, 2014), podemos calcular a seguinte economia de custo em combustível durante a vida útil do caminhão:

Tabela 3- Economia de Combustível obtida durante a vida útil do Caminhão

Economia de combustível (Lts) - 100km	Economia na Vida útil do veículo (Lts)
5,592 (*)	27.960
Preço do Diesel Médio (R\$)	Economia na vida útil do veículo (R\$)
2,30	R\$ 64.308,00

(*)56ml / km (0,00592l/km)

Esse método permite conhecer as comparações entre elementos de custos durante as fases da vida útil de um produto. Assim, o usuário pode, por exemplo, optar por um custo inicial mais alto, a fim de ter menores custos de manutenção no futuro. O custeio no ciclo de vida também é necessário quando são tomadas decisões a respeito de custos de operação e manutenção durante a vida útil de um produto. Utilizando esse conceito, podemos modelar o seguinte custo de ciclo de vida do ativo logístico. Com base no modelo apresentado por Sherifo (1981) e relacionando o modelo como uma elaboração de base heurística, podemos dimensionar o seguinte custo de ciclo de vida do ativo logístico.

$$\text{Custo Total do Ciclo} = Caq + Cop + Cm + C \text{ rev/desc} + Cim - V.venda(ativo); \quad (1)$$

Onde:

- *Caq* = Custo de Aquisição do Caminhão
- *Cop* = Custo Operacional (Combustível) do Caminhão
- *Cm* = Custo de Manutenção do Caminhão

- $C_{rev/desc}$ = Custo de Revenda do Caminhão (Deprec.)
- V_{venda} (ativo) = Valor de Venda residual do Caminhão ou peças no final do ciclo de vida.

Utilizando a estrutura da fórmula, podemos analisar que entre os dois cenários propostos nessa metodologia, o único valor que poderá ser a variável no levantamento do estudo de caso é Custo de Combustível conforme demonstrado na tabela 3. Segundo a ABAL (2015), a diminuição de peso de operação no sistema, leva não só a eficiência de carga, mas também a melhoria dos custos de manutenção das peças. Esse ponto, pode ser uma lacuna para futuras pesquisas afim de quantificar o custo de manutenção no aumento da eficiência de carga no modelo LCC.

Se considerarmos o custo de aquisição aproximado de um veículo de 3,5 ton (Fonte: Volkswagen Constelion PBT 3,5 ton - R\$ 200.000,00), podemos considerar em uma frota 3 a 4 veículos, ao final da vida útil da frota, o benefício será quantificado na aquisição ou valor de um novo caminhão para a frota. Essa economia pode ser utilizada, ao invés de um investimento para compra de novos ativos na frota, como um catalisador para o payback dos investimentos realizados pela indústria alimentícia.

4.2 Externalidades - Impacto na Emissão de Gases de CO₂ (Dióxido de Carbono)

A redução de peso tanto em veículos comerciais como utilitários é uma das principais estratégias para redução de emissão de poluentes. Quanto menor for o peso, menor a necessidade de o sistema mecânico realizar a combustão para movimento do veículo. Segundo a ABAL, a cada 100kg de redução de peso, há uma redução de aproximadamente 10g de CO₂, no percurso de 100 km (0,001 g de CO₂/km). Utilizando essa premissa, podemos projetar qual será a estimativa de redução de emissão de CO₂ na cadeia logística, conforme a tabela abaixo.

Tabela 4- Cálculo da redução de Emissão de CO₂ conforme redução de carga do veículo.

Redução de emissão de CO ₂ (g/km)	Vida útil de um caminhão (Km)
1,398(*)	500.000
Redução de CO ₂ na vida útil (kg)	
699	

(*) 0,001 g de CO₂/km

Além do benefício econômico, a redução de CO₂ agrega valor a estratégia de sustentabilidade da empresa, no qual beneficia o meio ambiente com a redução de emissão de CO₂, agregando valor a sua operação e produto.

5. Discussão dos Resultados

A execução de um LCC permite identificar os potenciais fatores de custo e economia de custos de um produto ou serviço ao longo de todo o seu ciclo de vida. Ao comparar diferentes alternativas, a opção mais rentável pode ser identificada. Uma variedade de métodos e abordagens tem sido desenvolvida sob a óptica da LCC, devido aos cenários de heterogeneidade e aplicação dos negócios em análise. Neste contexto, combinar o LCC com as externalidades permite ampliar a discussão de custos e benefícios para criação de valor. Esse estudo demonstra a utilização do alumínio como uma solução que pode prover benefícios aos "stakeholders" do modelo de negócio apresentado nesse estudo. Os benefícios foram quantificados como a reduções de custos diretos, benefícios de sustentabilidade (Reciclagem e Redução de Emissão de CO₂) e economia nos ativos logísticos da indústria de alimento, demonstrando de uma forma holística os resultados obtidos.

6. Conclusão

Em um contexto de economia circular, deve-se considerar não apenas o custo de um produto ocorrido durante seu ciclo de vida, mas também o benefício econômico e o valor agregado para a sociedade e meio ambiente. O estudo contribui para a teoria fornecendo uma indicação da combinação da ferramenta LCC com internalização das externalidades e oferece recomendações para gestores para a avaliação dos benefícios no contexto da economia circular voltado para o segmento de embalagens.

A análise do custo do ciclo de vida, juntamente com a internalização dos custos ambientais, ou seja, externalidades, pode fornecer informações úteis sobre o processo de criação de valor relativo a utilização de embalagens de alumínio para o setor de alimentos.

Pesquisas futuras poderão complementar esse estudo, como a quantificação das variáveis no modelo LCC referente ao impacto dos custos de manutenção do caminhão durante sua vida útil no sistema, os benefícios dos valores de marca ao consumidor e o mercado, e também na estratégia de sustentabilidade das empresas no modelo de negócio.

Referencias

ABAL. Fundamentos do Alumínio e suas Aplicações. São Paulo, Associação Brasileira do Alumínio (ABAL), 2015.

Bourlakis, M.; Maglaras, G.; Aktas, E.; Gallear, D. & Fotopoulos, C. 2014. Firm size and sustainable performance in food supply chain: Insights from Greek SMEs, *International Journal of Production Economics* 152: 112-130.

Dong, L., Zhang, H., Fujita, T., Ohnishi, S., Li, H., Fuji, M., & Dong, H. 2013. Environmental and economic gains of industrial symbiosis for Chinese iron/steel industry: Kawasaki's experience and practice in Liuzhou and Jinan. *Journal of Cleaner Production*, 59, 226-238.

Ellen MacArthur Foundation. 2016. Circular economy. www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy. Accessed 1 August 2016

Ellen MacArthur Foundation. Towards the Circular Economy: Economic and Business Rationale for an Accelerated Transition. Available online: <http://mvonederland.nl/system/files/media/towards-the-circular-economy.pdf> (accessed on 16/06/2015).

Florindo, T. J., de Medeiros Florindo, G. I. B., Talamini, E., da Costa, J. S., & Ruviaro, C. F. (2017). Carbon Footprint and Life Cycle Costing of Beef Cattle in The Brazilian Midwest. *Journal of Cleaner Production*.

Geng, Y, Fujita, T., Park, H-S., Chiu, A., Huisingh, D., 2014. Call for papers: Towards post fossil carbon societies: regenerative and preventative eco-industrial development. *Journal of Cleaner Production* 68, 4-6.

Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. 2016. A review on circular economy: The expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11-32.

Gregson, N., Crang, M., Fuller, S. & Holmes, H., 2014. Interrogating the circular economy: The moral economy of resource recovery in the EU, *Economy and society*.

Haas, W., Krausmann, F., Wiedenhofer, D., & Heinz, M. (2015). How circular is the global economy?: an assessment of material flows, waste production, and recycling in the European union and the world in 2005. *Journal of Industrial Ecology*, 19(5), 765-777.

Hunkeler, D., et al., 2008. Environmental life cycle costing. Crc press.

- Li, J., & Yu, L. (2016). Double externalities, market structure and performance: an empirical study of Chinese unrennewable resource industries. *Journal of Cleaner Production*, 126, 299-307.
- LIMA, Diana Vaz de and VIEGAS, Waldyr. Tratamento contábil e evidenciação das externalidades ecológicas. *Rev. contab. finanç.* [online]. 2002, vol.13, n.30
- Linder, M.; Williander, M. (2015) Circular Business Model Innovation: Inherent Uncertainties. *Bus. Strateg. Environ*
- Mentink, B. 2014. Circular Business Model Innovation: A Process Framework and a Tool for Business Model Innovation in a Circular Economy. Master's Thesis, Delft University of Technology & Leiden University, Leiden, The Netherlands
- Nguyen, T.L.T. ; Gheewala, S.H., S. Bonnet Life cycle cost analysis of fuel ethanol produced from cassava in Thailand *Int. J. Life Cycle Assess.*, 13 (2008), pp. 564–573
- Sherifo S., Yossef. Life Cycle Cost. 1981 *Concept and Practice. OMEGA – The Journal of Management and Science* Vol.9, No.3, pag. 287-296, 1981.
- Su, B., Heshmati, A., Geng, Y., Yu, X., 2013. A review of the circular economy in China: moving from rethoric to implementation. *Journal of Cleaner Production*, 42, 215-277.
- Walker, H.; Seuring, S.; Sarkis, J. & Klassen, R. 2014. Sustainable operations management: recent trends and future directions, *International Journal of Operations & Production Management* 34(5): 1–6.
- Zink, T., & Geyer, R. (2017). Circular Economy Rebound. *Journal of Industrial Ecology*.