

Framework para avaliação da logística interna sob a ótica lean e green

Framework for evaluating internal logistics from the lean and green perspective

Jonathas Beber* – jobeber@gmail.com

Article History:

Submitted: 2017 - 10 - 17

Revised: 2017 - 10 - 19

Accepted: 2017 - 10 - 25

Resumo: A presente pesquisa visa analisar os conceitos e práticas de logística *lean* e *green* por meio do desenvolvimento de um *framework* para avaliação de tais práticas na logística interna. Com o intuito de investigar o quão *green* podem ser os sistemas *lean* de abastecimento de componentes, aplicou-se o *framework* proposto por intermédio de um estudo de caso em uma empresa produtora de eletrodomésticos. A primeira etapa do trabalho visou a construção do arcabouço teórico do *framework* proposto, fundamentando a segunda parte do trabalho que tratou da análise de aplicabilidade das práticas *lean* e *green* no sistema de abastecimento de componentes da empresa. A pesquisa pôde classificar dezoito práticas *lean* e *green* passíveis de aplicação em sistemas de abastecimento de componentes, sendo que, dentre essas práticas, sete delas são enquadradas somente como práticas *green* visto que não existe uma relação explícita com o pensamento enxuto. No estudo de caso, observou-se que o sistema de abastecimento de componentes da empresa vem aplicando dez das práticas apresentadas. Por fim, a presente pesquisa vem contribuir para a discussão sobre a relação dos princípios e práticas da filosofia *lean* com os conceitos de sustentabilidade e condutas verdes.

Palavras-chave: logística *lean* e *green*; logística interna; sistema de abastecimento de componentes.

Abstract: The present research aims to analyze the concepts and practices of lean and green logistics through the development of a framework for evaluating such practices in internal logistics. In order to investigate how green the lean parts feeding systems could be, the proposed framework was applied through a case study in a company producing home appliances. The first stage of the work aimed to design the theoretical structure of the proposed framework, grounding the second part of the work that dealt with the analysis of the applicability of lean and green practices in the parts feeding system of the company. The research was able to classify eighteen lean and green practices that can be applied to parts feeding system. Among these practices, seven are classified as green practices only, because there is no explicit relation to lean thinking. In the case study, it was observed that the parts feeding system of the company has been applying ten of the presented practices. Finally, the present research contributes to the discussion about the relation of the principles and practices of the lean philosophy with the concepts of sustainability and green conduits.

Keywords: Lean e Green logistics; Internal Logistics; Parts feeding system.

1. Introdução

Um dos assuntos que tem recebido considerável atenção nos últimos anos na literatura é a relação entre os princípios e condutas do *lean manufacturing* com os conceitos de sustentabilidade e práticas verdes. Esse relacionamento é conhecido por diversos autores como a hipótese *lean e green*, que de forma geral, é baseada no fato que com a redução de desperdícios na manufatura, os aspectos de gestão ambiental acabam sendo beneficiados por meio da maior eficiência do uso dos recursos de produção e pela adoção de práticas de limpeza e melhor organização do ambiente produtivo (Rothenberg *et al.*, 2001; King e Lenox, 2001; Yang *et al.*, 2011; Dües *et al.*, 2013; Sousa *et al.*, 2013).

Nesse contexto, pode-se observar que os sistemas de logística *lean* trouxeram a logística para um novo nível de eficiência, por meio de entregas mais rápidas de mercadorias aos clientes. Tal fato, certamente, acaba afetando o meio ambiente e, portanto, uma tendência global inevitável é o desenvolvimento e adoção de uma gestão de logística *green*, especialmente nos setores industriais e de transportes.

Nesse sentido, busca-se destacar neste trabalho a logística *lean* e seus relacionamentos com os conceitos *green*, abordando a questão no âmbito da logística interna, e dando ênfase ao processo logístico de abastecimento dos recursos produtivos. Em outras palavras, pretende-se investigar o quão *green* podem ser os sistemas *lean* de logística de abastecimento interna. Desse modo, procura-se responder a duas questões norteadoras:

- a) Quais são as práticas de um sistema de abastecimento de componentes que o caracterizam como *green*?
- b) Dentre as práticas *green* levantadas, quais já são previstas, naturalmente, em sistemas *lean* de abastecimento de componentes?

Dito isso, a presente pesquisa vem propor o desenvolvimento de um *framework* para avaliação da logística de abastecimento interna sob a ótica dos conceitos *lean e green*, ou seja, entender quais práticas devem existir em sistemas *lean e green* de abastecimento de componentes. Além disso, por meio de um estudo de caso em uma fábrica de eletrodomésticos caracterizada por aplicar os princípios e técnicas *lean* em seu sistema de abastecimento de componentes, procura-se legitimar o *framework* proposto bem como apontar direções para tornar a logística interna da empresa mais sustentável e enxuta.

Contudo, percebe-se na literatura uma escassez de estudos direcionados a identificação de práticas *green* no âmbito da logística interna (*in-house logistics*) bem como da inexistência da correlação entre práticas *green* e os sistemas de abastecimento de componentes em ambientes de manufatura *lean*.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Relação entre logística *lean* e *green*

O conceito da filosofia *lean*, que originou-se no sistema produtivo da Toyota, inicialmente aplicado à manufatura e posteriormente expandido para todos os outros processos, departamentos e fornecedores da empresa, tem como princípio norteador a eliminação constante dos desperdícios que fazem parte das atividades que não agregam valor, identificados como: superprodução, processos impróprios, excesso de estoques, movimentações e transporte desnecessários, esperas e defeitos de qualidade (Ohno, 1998; Womack e Jones, 2004).

Nesse contexto, a logística *lean* pode ser considerada como uma dimensão logística da produção *lean*, tendo como primeiro objetivo a entrega dos materiais corretos nos locais certos, nas quantidades corretas e na apresentação correta; e como segundo objetivo, a execução de todas essas atividades da forma mais eficiente (Baudin, 2004). Em outras palavras, a logística enxuta pode ser simplesmente descrita como uma maneira de reconhecer e eliminar desperdícios ao longo da cadeia de suprimentos, a fim de aumentar o fluxo e a velocidade dos produtos.

De modo mais tangível, a logística *lean* pode ser caracterizada por práticas específicas, tais como: minimização de inventário, entregas frequentes em pequenos lotes, sistema puxado, fluxo nivelado, maior taxa de utilização de recursos, interação frequente entre os parceiros da cadeia de suprimentos, abastecimento único ou duplo e menores *lead time* (Martichenko e Grabe, 2011; Carvalho *et al.*, 2011).

No mesmo sentido, a logística *green* além de buscar os interesses econômicos, tais como o lucro para empresa, atendimento à demanda do cliente e expansão de quota do mercado, persegue também um equilíbrio entre os fatores ambientais e sociais. Ou seja, agregam-se aos fatores econômicos que já faziam parte dos objetivos da logística tradicional, a redução de recursos e energia, diminuição das emissões, ruídos, resíduos e poluição, integração dos recursos existentes, minimização de desperdícios e proteção ao meio ambiente. Assim, procura-

se gerar crescimento econômico e sustentável, possibilitando que as gerações futuras possam suprir suas próprias necessidades (Ping, 2009; Engelage *et al.*, 2016).

A logística *green* surgiu a partir das atividades de logística reversa, porém, a mesma se concentra em específico na reutilização ou revenda de materiais. Por sua vez, a logística *green* engloba questões mais abrangentes de movimentação ecológica. Dessa forma, a logística reversa é considerada uma das principais práticas de sustentabilidade das atividades logísticas, ou seja, está inclusa como parte integrante de uma abordagem maior, que é a logística *green* (Zhang *et al.*, 2015).

Um ponto em comum entre os dois paradigmas reside no objetivo da eliminação dos desperdícios, onde a logística *lean* se concentra na remoção de desperdícios relacionados ao fluxo eficiente dos materiais, enquanto a logística *green* se concentra nos desperdícios verdes sob a forma de uso ineficiente dos recursos e energia que resultam em impactos ao meio ambiente (Pejic *et al.*, 2016; Dües *et al.*, 2013).

Na verdade, incluir os desperdícios verdes na visão dos desperdícios *lean* não restringe a redução dos mesmos, mas muito pelo contrário, acaba aumentando as oportunidades de eliminação de resíduos. A combinação dos paradigmas *lean* e *green* para eliminar desperdícios é um caminho promissor para reduzir ainda mais os desperdícios em uma cadeia de suprimentos, o que pode ser descrito como o objetivo final de longo prazo de uma cadeia de fornecimento *lean* e *green* (Dües *et al.*, 2013).

De fato, a manutenção de estoque excessivo além de significar capital empacado e risco adicional para a empresa, o inventário requer espaço de armazenamento que precisa ser iluminado, aquecido ou resfriado, o que acaba sendo um desperdício do ponto de vista ambiental (Franchetti *et al.*, 2009). No que diz respeito ao *lead time* de transporte, ambas as práticas visam reduzir o tempo de transporte para economizar custos e diminuir a produção de CO₂ (Carvalho *et al.*, 2011).

De acordo com Carvalho *et al.* (2011), pode-se observar na cadeia de suprimentos a sinergia entre as práticas *lean* e *green*, onde ambas buscam a maior integração empresarial e frequência da informação, a redução dos *lead time* de produção e transporte, a melhor ocupação das capacidades e redução dos níveis de estoques. Por fim, a única diferença entre as duas visões se relaciona com a frequência de reabastecimento, cujo a prática *lean* prega o aumento da frequência de entregas ao passo que a conduta *green* busca sua diminuição.

As práticas com relação à frequência de reabastecimento são o principal ponto de conflito entre as práticas *lean* e *green*. Em um ambiente *lean*, a frequência de reabastecimento de matéria-prima ou saída de produto semiacabado é alta, já que o *lean* trabalha de acordo com os princípios *just-in-time* de manter o mínimo de estoque. No entanto, a reposição frequente resulta em um aumento do transporte que eleva as emissões de CO₂ (gás carbônico), contradizendo os princípios de redução de CO₂ das práticas verdes (Azevedo *et al.*, 2012; Pejic *et al.*, 2016). Desse modo, no intuito de atender tanto os critérios *lean* como a redução das emissões, poder-se-ia utilizar modos de transporte mais eficientes do ponto de vista ambiental, planejar o compartilhamento de caminhões com outras linhas de produtos ou empresas para aproveitar todo o potencial do veículo, bem como selecionar fornecedores da mesma área geográfica para reduzir as distâncias percorridas. (Azevedo *et al.*, 2012; Dües *et al.*, 2013).

Contudo, os *trade-offs* entre ambas as práticas são inevitáveis. Rothenberg *et al.* (2001) mostram que a pintura de carros em lotes da mesma cor, reduz as emissões de poluentes atmosféricos, mas está em conflito com os princípios *just-in-time*. Usando práticas *lean* que visam eliminar qualquer retrabalho, os fabricantes usam tintas *spray* que produzem melhor qualidade e são mais rentáveis, no entanto, as tintas em *spray* significam maiores danos para o meio ambiente. Outra situação, segundo King e Lenox (2001), seria os ganhos de eficiência à luz das práticas *lean* de produção em pequenos lotes, que podem levar a uma maior produção de resíduos. Os autores citam que na produção de pequenos lotes, são necessárias mudanças mais frequentes de ferramentas, o que pode aumentar a quantidade de produtos de limpeza necessários e material contaminado a ser descartado.

Por fim, o espírito da melhoria contínua tão difundido da filosofia *lean*, deve servir como um impulso para lidar com tais *trade-offs*. Nesse caso, as ações devem ser no sentido de encontrar soluções que abracem tanto os critérios de produtividade como os ambientais e sociais, dessa maneira, atendendo aos princípios *green*.

2.2. Sistemas de abastecimento de componentes

Um dos pontos importantes que afetam a eficiência dos sistemas de fabricação é a estrutura dos sistemas de abastecimento de componentes. Considerado como parte da logística interna porta-porta, tal sistema inclui uma vasta gama de processos na área produtiva, desde o armazenamento de peças até à sua entrega nos pontos de uso requeridos.

Nesse sentido, com base na revisão da literatura de Kilic e Durmusoglu (2015) e de Battini *et al.* (2013), os sistemas de abastecimento de componentes podem ser divididos em três

macroprocessos principais (Figura 1): o armazenamento de peças, o transporte de peças, e a política de abastecimento de peças.

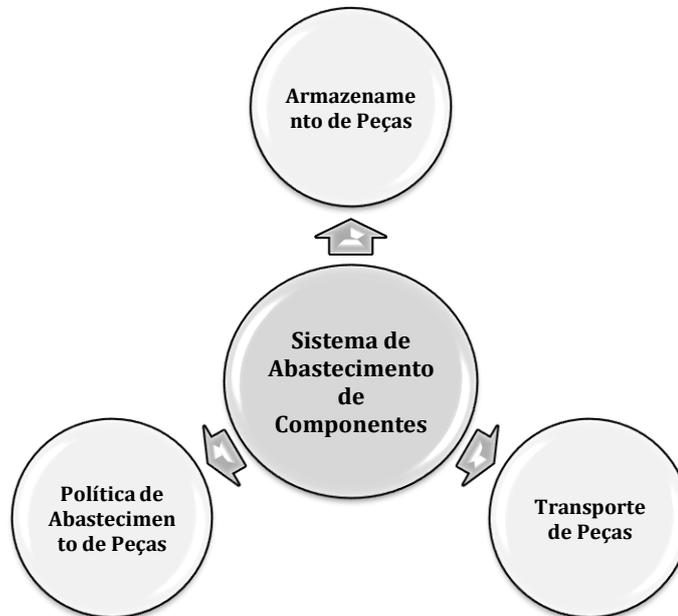


Figura 1 – Macroprocessos dos sistemas de abastecimento de componentes

Fonte: Adaptado de Kilic e Durmusoglu (2015)

O armazenamento de peças pode ser dividido em quatro subcomponentes principais, tais como, tipo de armazenagem, política de armazenagem, acessórios de armazenagem e, finalmente, métodos e políticas de *picking*. No tocante ao tipo de armazenagem, existem duas modalidades, a armazenagem centralizada e a armazenagem descentralizada – pelo uso de supermercados (Battini *et al.*, 2013). Referente a política de armazenagem pode-se classificar em cinco políticas principais, tais como política de armazenagem aleatório, política dedicada, política de índice COI (*cube-per-order-index*), política de armazenagem por classe e política de armazenagem baseada em compartilhamento. Os acessórios de armazenagem são o terceiro componente que inclui os equipamentos necessários para a armazenagem, tais como racks, gaiolas, prateleiras e caixas. O quarto e último componente são os métodos e políticas de *picking*, nas quais os métodos podem ser dividido entre *picking* manual ou *picking* automático, ao passo que as políticas de *picking* são agrupadas como sistema de área, sistema de área modificada, sistema de zona, sistema de zona sequencial e sistema de ordem múltipla (Kilic e Durmusoglu, 2015).

O segundo componente é o transporte de peças, que trata da escolha do equipamento de movimentação e manuseio de material, bem como a definição do tipo de roteamento para tal

equipamento. Pode-se citar como exemplos de equipamentos de manuseio de materiais as empilhadeiras, transpaleteiras, carrinhos, trens de carrinhos de reboque, AGVs (*automatic guided vehicles*), monotrilhos e esteiras (Baudin, 2004).

O último e terceiro componente do sistema de abastecimento de componentes é a política de abastecimento. É o método de entrega de peças para os pontos de uso. As políticas de abastecimento são classificadas em quatro tipos: estocagem na linha, abastecimento baseado em *kanban*, *kitting* e abastecimento híbrido.

Na política de estocagem na linha, cada material é armazenado em contentores individuais em grandes quantidades ao lado das linhas e distribuído às estações de trabalho a partir de um armazém central.

A política de abastecimento baseada em *kanban* consiste no suprimento das linhas a partir de supermercados de peças, que são áreas de armazenamento descentralizadas que servem como ponto intermediário entre o armazém e as linhas produtivas. Os componentes são entregues em pequenas quantidades nas linhas de produção, em resposta ao consumo real dos componentes (*just-in-time*), sinalizados por meio de sinais de puxada *kanban*.

Quando o espaço ao lado da linha é escasso ou a variedade de peças é alto, as entregas de componentes nas linhas são realizadas por meio de kits de peças, ou seja, um conjunto organizado de componentes em um único contentor. Nessa política de abastecimento de *kitting*, uma área destinada a preparação dos kits se faz necessário, de maneira que uma grande variedade de peças em pequenas quantidades possa ser entregue nas linhas.

De acordo com Battini *et al.* (2015), a política de *kitting* pode ser aplicada de duas formas:

- a) O kit estação, que é um kit estacionário que é entregue a uma determinada estação de montagem e permanece fixo no local; e
- b) O kit viagem, que se desloca na linha de estação para estação, seguindo o produto.

Os autores sugerem que para entregas sequenciadas à luz do conceito *just-in-sequence*, a política de kit estação é bem indicada, porém é menos flexível quando a sequência do produto é frequentemente alterada durante a produção. Como alternativa, o kit viagem torna-se mais robusto e à prova de erros pois o contentor com o conjunto de peças é colocado diretamente na linha (por exemplo, na correia transportadora) para acompanhar o produto à medida que ele se locomove.

Por fim, em relação às políticas de abastecimento existentes, não há uma política que se adapte melhor a todos os ambientes de produção, desse modo, há uma tendência de se utilizar políticas de abastecimento híbridas, que tratem da aplicação de mais de uma política ao mesmo tempo (Kilic e Durmusoglu, 2015).

2.3. *Sistemas lean de abastecimento de componentes*

Uma prática bem comum dos sistemas de abastecimento de componentes segundo os conceitos e condutas *lean*, é o uso de supermercados de peças para o abastecimento dos processos produtivos (Harris *et al.*, 2004; Smalley, 2004; Kiic e Durmusoglu, 2015), o que sugere, com base na classificação apresentada na seção 2.2, a preferência pelo tipo de armazenagem descentralizada, mesmo que em alguns casos estejam ligados à um sistema de armazém central (Battini *et al.*, 2015).

Contudo, Smalley (2004) enfatiza que as duas opções de localização de supermercados devem ser consideradas, que em casos de fábricas onde há muita variedade de peças ou na falta de espaço para acomodá-las em supermercados descentralizados, pode-se utilizar eficientemente supermercados centralizados.

Nesse sentido, Battini *et al.* (2015) apresentam uma classificação para o tipo de supermercado, que diz respeito à localização e ao dimensionamento da área de armazenagem intermediária das peças após o recebimento do fornecedor ou fábrica e antes da entrega na linha (armazenagem descentralizada). Os autores classificam os supermercados em três alternativas principais de configuração: supermercados espinha de peixe, supermercados para linha dedicada, e supermercados para múltiplas linhas.

No tocante ao transporte de peças, as práticas *lean* buscam utilizar veículos que possibilitem o manuseio e a entrega de pequenos lotes de peças as linhas produtivas. Segundo Harris *et al.* (2004), o rebocador elétrico puxando múltiplos carrinhos contendo peças é uma prática comum e a mais eficiente quando existe uma distância considerável do supermercado de peças aos pontos de entrega, bem como quando há um número considerável de peças que precisam ser transportadas. Os autores citam, também, a movimentação a pé como forma de transporte, onde o movimentador de materiais empurra um carrinho transportando as peças, aconselhado quando a área de produção está bem próxima do supermercado e quando as peças são compactas e leves.

No contexto de transporte automatizado, Battini *et al.* (2015) sugerem três opções de transporte que podem ser aplicados no abastecimento de linhas de montagem a partir de supermercados de peças: sistemas de monotrilha inteligentes, veículos guiados automaticamente (AGVs - *automatic guided vehicles*) ou veículos guiados a laser (LGVs – *laser-guided vehicle*) e trens de reboques automatizados.

Com isso, equipamentos de maior porte, destinados a movimentação e manuseio de cargas unitizadas, tais como empilhadeiras, devem-se restringir às docas de recebimento e expedição, permitindo acesso ao chão da fábrica somente em ocasiões excepcionais, como na construção e manutenção de peças de equipamentos.

Em relação as políticas de abastecimento de componentes, pode-se destacar que em ambientes *lean* é enfatizado a redução constante dos estoques nos bordos de linha, entregando somente os materiais necessários em intervalos de tempo cada vez mais curtos. Desse modo, as políticas *lean* de abastecimento desconsideram a política de estocagem na linha como uma alternativa de abastecimento, pois esta contraria o conceito de minimização de estoques ao lado da linha.

Com isso, as políticas de abastecimento baseado em *kanban*, *kitting* e abastecimento híbrido, se enquadram como práticas comuns que atendem os preceitos *lean* (Kilic e Durmusoglu, 2015; Battini *et al.*, 2015). Vale ressaltar que, o fluxo de informação que controla tais políticas deve ser baseado no princípio de produção puxada *just-in-time* ou *just-in-sequence*, ou seja, o abastecimento de peças deve ser acionado em resposta ao consumo real do processo cliente e operado por meio de sinais de puxada de reposição ou de puxada sequenciada (Harris *et al.*, 2004; Smalley, 2004).

Um ponto importante das políticas de abastecimento *lean*, refere-se ao tipo de frequência da rota de abastecimento, a qual pode ser separada em dois estilos:

- a) Rotas com tempo fixo e quantidade variável; e
- b) Rotas com tempo variável e quantidade fixa.

As operações *lean* muitas vezes necessitam dos dois estilos de movimentação, sendo que o primeiro tipo é aconselhado em situações onde precisa-se transportar o material com frequência em resposta a um consumo constante, ao passo que, quando o consumo é irregular ou as peças são volumosas e pesadas, o segundo tipo é mais indicado (Smalley, 2004).

Por fim, baseado na literatura pesquisada, ilustra-se na Figura 2 um resumo das possíveis formas que um sistema *lean* de abastecimento de componentes pode apresentar segundo os critérios de armazenagem, modalidade de transporte e política de abastecimento.

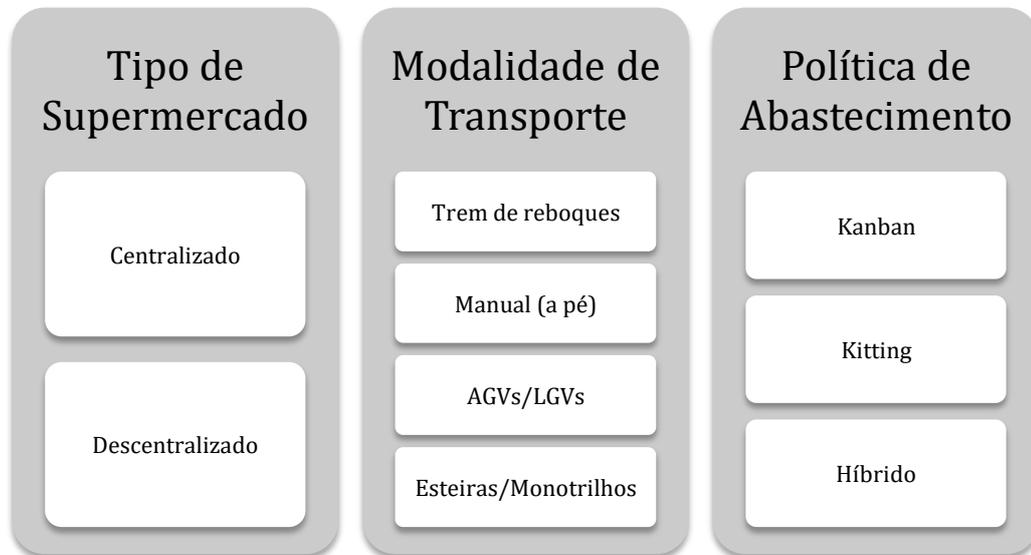


Figura 2 – Sistemas *lean* de abastecimento de componentes
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

2.4. Práticas *green* em sistemas de abastecimento de componentes

Com vistas a identificar na literatura práticas *green* que possam ser aplicadas no contexto de sistemas de abastecimento de componentes, buscou-se enquadrá-las de acordo com a classificação apresentada na seção 2.2 (Kilic e Durmusoglu, 2015; Battini *et al.*, 2013), ou seja, separar em práticas *green* de armazenagem, de transporte, ou de política de abastecimento.

Percebe-se na literatura uma escassez de estudos direcionados a identificação de práticas *green* no contexto da logística interna (*in-house logistics*) bem como da inexistência de trabalhos no âmbito dos sistemas de abastecimento de componentes dos processos produtivos.

No trabalho de revisão da literatura de Engelage *et al.* (2016), no qual é apresentado uma taxonomia sobre a práticas de logística *green*, constata-se que cerca de 29% das publicações se relacionam com práticas voltadas as questões de transporte, e que não há menção sobre práticas *green* voltadas, especificamente, a logística interna (*in-house logistics*).

De fato, a taxonomia proposta pelos autores divide as práticas *green* em nove grupos de destaque: design verde, compras verdes, armazenagem verde, produção verde, embalagem verde, carga e descarga verde, transporte verde, marketing verde, logística reversa (Engelage *et al.*, 2016). Em outros estudos, as práticas *green* são classificadas em um número menor de

grupos (Lo e Shiah, 2016; Björklund, 2016; Hung Lau, 2011; Chen *et al.* 2011; Srivastava, 2007), ou enquadradas de uma forma mais genérica (Azevedo *et al.* 2011).

Contudo, pode-se citar como práticas *green* comumente utilizadas no setor de logística a consolidação de remessas, a eliminação responsável de resíduos, a compra de produtos ecológicos, a redução do consumo de energia, a redução de resíduos de sólidos, água e emissões, o uso de métodos de transporte mais limpos e o uso de embalagens ou contentores reciclados.

Nesse sentido, com o objetivo de melhor entender as práticas *green* no contexto de sistemas de abastecimento de componentes, apresenta-se com base na literatura pesquisada (Figura 3), uma classificação de dezoito práticas *green* à luz dos três componentes de abastecimento: armazenagem, modo de transporte e política de abastecimento.

| Práticas de Logística Green | Componente do Sistema | Referências |
|---|------------------------|--|
| Uso de materiais reciclados e tecnologia limpa no processo de embalagem. | Armazenagem | Björklund (2016); Hung Lau (2011); |
| Reduzir o consumo de energia nos armazéns (iluminação, ventilação e temperatura). | Armazenagem | Azevedo et al. (2011); Engelage et al. (2016) |
| Utilizar instalações e procedimentos práticos de armazenagem que facilite o fluxo das mercadorias. | Armazenagem | Chen et al. (2011); Engelage et al. (2016) |
| Realizar a manutenção dos veículos e equipamentos bem como a destinação correta das peças. | Transporte | Azevedo et al. (2011); Engelage et al. (2016) |
| Utilizar veículos e equipamentos de transporte com tecnologia limpa, menos poluentes e eficiência energética. | Transporte | Azevedo et al. (2011); Björklund (2016); Chen et al. (2011); Engelage et al. (2016); Hung Lau (2011); Lo e Shiah (2016); Srivastava (2007) |
| Diminuir a emissão de ruídos dos veículos. | Transporte | Engelage et al. (2016) |
| Planejar e roteirizar as entregas para melhor eficiência e aproveitamento da carga. | Política | Azevedo et al. (2011); Björklund (2016); Engelage et al. (2016); Hung Lau (2011) |
| Recolher e dar destinação correta (reciclar, reuso, etc.) dos resíduos de produtos e embalagens. | Armazenagem e Política | Azevedo et al. (2011); Björklund (2016); Chen et al. (2011); Engelage et al. (2016); Hung Lau (2011); Srivastava (2007) |
| Uso de embalagens com material reciclável ou biodegradável. | Armazenagem e Política | Azevedo et al. (2011); Björklund (2016); Engelage et al. (2016); Hung Lau (2011); Lo e Shiah (2016) |
| Utilizar embalagens retornáveis, seguras e ergonômicas. | Armazenagem e Política | Chen et al. (2011); Engelage et al. (2016); Lo e Shiah (2016) |
| Utilizar equipamentos, embalagens ou peças padronizadas para facilitar o reuso. | Todos | Azevedo et al. (2011) |
| Dar tratamento especial para armazenagem e movimentação de cargas perigosas. | Todos | Azevedo et al. (2011); Engelage et al. (2016) |
| Seguir padrões de segurança do trabalho e ergonomia durante todo o processo logístico. | Todos | Azevedo et al. (2011); Engelage et al. (2016) |
| Reduzir o consumo de material e promover o uso de material reciclado durante todo o processo logístico. | Todos | Azevedo et al. (2011); Björklund (2016); Engelage et al. (2016); Hung Lau (2011); Lo e Shiah (2016); Srivastava (2007) |
| Utilizar tecnologia da informação ao longo de todo o processo logístico. | Todos | Chen et al. (2011); Engelage et al. (2016); Srivastava (2007) |
| Possuir certificações ambientais e divulgá-las. | Todos | Azevedo et al. (2011); Björklund (2016); Engelage et al. (2016); Hung Lau (2011); Lo e Shiah (2016) |
| Elaborar indicadores ambientais, monitorá-los e divulgá-los. | Todos | Azevedo et al. (2011); Engelage et al. (2016); Lo e Shiah (2016) |
| Fornecer treinamento sobre sustentabilidade e condutas Green. | Todos | Azevedo et al. (2011); Chen et al. (2011); Engelage et al. (2016) |

Figura 3 – Práticas *green* passíveis de aplicação em sistemas de abastecimento

Fonte: Baseado em Engelage *et al.* (2016), Lo e Shiah (2016), Björklund (2016), Hung Lau (2011), Chen *et al.* (2011), Azevedo *et al.* (2011), Srivastava (2007)

Salienta-se que os enquadramentos de cada prática nos componentes armazenagem, transporte e política, carregam certo grau de subjetividade, pois foram realizados com base no entendimento do autor perante as contextualizações de cada estudo. Algumas práticas são classificadas em mais de um componente, uma vez que não se limitam a um item em específico. Outro dado relevante é que a identificação dessas práticas considera sua menção por parte dos estudos, e não necessariamente que sejam o objeto de análise.

3. Método proposto

Neste capítulo apresenta-se o *framework* desenvolvido para a avaliação das práticas *lean* e *green* em sistemas de abastecimento de componentes. Além disso, nas próximas seções serão apresentados a metodologia da pesquisa, seguido da descrição do sistema de abastecimento de componentes nas linhas de montagem da empresa em estudo.

3.1. Framework de práticas *lean* e *green*

Nesta seção é apresentado um *framework* para avaliação dos sistemas de abastecimento de componentes sob a ótica *lean* e *green*, cujo os fundamentos para seu desenvolvimento, surgem a partir da relação entre as práticas *green* definidas na seção 2.4 e o pensamento enxuto. Desse modo, o presente *framework* busca elencar as práticas *green* passíveis de aplicação em sistemas de abastecimento de componentes bem como identificar qual dessas práticas podem ser tratadas, também, como *lean* (Figura 4).

Nesse sentido, analisando as dezoito práticas apresentadas, pode-se perceber sob a ótica dos princípios *lean*, que onze delas têm forte relação com o pensamento enxuto, visto que buscam a eliminação dos desperdícios, a simplicidade e padronização dos processos, a redução dos estoques e do *lead time*, a manutenção dos equipamentos, e o respeito e segurança das pessoas (Liker, 2005; Womack e Jones, 2004; Ohno, 1998).

No que tange as demais práticas, não se observa na literatura específica uma relação direta com as condutas e técnicas *lean*. De fato, o uso de materiais reciclados, a destinação ambiental dos resíduos, o uso de equipamentos com tecnologia limpa, o controle de indicadores sustentáveis e sua disseminação em treinamentos, não são discutidos de forma explícita pelo pensamento enxuto.

No entanto, se analisado o princípio *lean* de “valor” (Womack e Jones, 2004) no seu sentido amplo, entende-se que práticas *green* também podem ser enquadradas como *lean*, desde que estas sejam valorizadas pelos clientes de seu fluxo de valor. Em outras palavras, pode-se dizer que qualquer prática *green* que gere valor ou satisfação ao cliente, se tornará automaticamente *lean* em essência. De modo geral, as diretrizes *lean* tornam-se um catalizador para a implementação bem sucedida de práticas sustentáveis (Pejic *et al.*, 2016), ou seja, o *green* vem como uma extensão natural para o *lean*, pois as práticas *lean* são *green* sem a intenção explícita de serem *green* (Bergmiller e McCright, 2009).

Contudo, para o *framework* em estudo, manteve-se a distinção entre as práticas *green* (que não são *lean*) e as práticas *lean e green* (que atende aos dois conceitos), haja vista a falta de evidências explícitas que permita o enquadramento de todas as práticas em um único conceito.

| N° | Práticas de Logística Interna | Práticas Green | Práticas Lean e Green | Componente do Sistema de Abastecimento |
|----|---|----------------|-----------------------|--|
| 1 | Uso de materiais reciclados e tecnologia limpa no processo de embalagem. | X | | Armazenagem |
| 2 | Reduzir o consumo de energia nos armazéns (iluminação, ventilação e temperatura). | | X | Armazenagem |
| 3 | Utilizar instalações e procedimentos práticos de armazenagem que facilite o fluxo das mercadorias. | | X | Armazenagem |
| 4 | Realizar a manutenção dos veículos e equipamentos bem como a destinação correta das peças. | | X | Transporte |
| 5 | Utilizar veículos e equipamentos de transporte com tecnologia limpa, menos poluentes e eficiência energética. | X | | Transporte |
| 6 | Diminuir a emissão de ruídos dos veículos. | | X | Transporte |
| 7 | Planejar e roteirizar as entregas para melhor eficiência e aproveitamento da carga. | | X | Política |
| 8 | Recolher e dar destinação correta (reciclar, reuso, etc.) dos resíduos de produtos e embalagens. | X | | Armazenagem e Política |
| 9 | Uso de embalagens com material reciclável ou biodegradável. | X | | Armazenagem e Política |
| 10 | Utilizar embalagens retornáveis, seguras e ergonômicas. | | X | Armazenagem e Política |
| 11 | Utilizar equipamentos, embalagens ou peças padronizadas para facilitar o reuso. | | X | Armazenagem, Transporte e Política |
| 12 | Dar tratamento especial para armazenagem e movimentação de cargas perigosas. | | X | Armazenagem, Transporte e Política |
| 13 | Seguir padrões de segurança do trabalho e ergonomia durante todo o processo logístico. | | X | Armazenagem, Transporte e Política |
| 14 | Reduzir o consumo de material e promover o uso de material reciclado durante todo o processo logístico. | | X | Armazenagem, Transporte e Política |
| 15 | Utilizar tecnologia da informação ao longo de todo o processo logístico. | | X | Armazenagem, Transporte e Política |
| 16 | Possuir certificações ambientais e divulgá-las. | X | | Armazenagem, Transporte e Política |
| 17 | Elaborar indicadores ambientais, monitorá-los e divulgá-los. | X | | Armazenagem, Transporte e Política |
| 18 | Fornecer treinamento sobre sustentabilidade e condutas <i>Green</i> . | X | | Armazenagem, Transporte e Política |

Figura 4 – *Framework* de avaliação das práticas *lean e green* em sistemas de abastecimento de componentes
Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

3.1. Metodologia da pesquisa

Com o intuito de garantir um melhor entendimento quanto a abordagem do assunto da pesquisa, faz-se necessário direcioná-la de acordo com os critérios da metodologia científica. No que tange a postura epistemológica, a presente pesquisa é positivista visto que busca a

objetividade e neutralidade em direção ao conhecimento sobre as práticas *lean* e *green* em sistemas de abastecimento de componentes, que pode ser adquirido procurando regularidades e relações causais (Hirschheim, 1992). Nesse sentido, adotou-se uma abordagem qualitativa de modo a gerar conhecimento a partir da análise teórica do tema em estudo e pela interpretação dos fatos observados em campo.

O método de estudo de caso foi utilizado visto que se trata de uma forma apropriada para pesquisar problemas sobre os quais poucos estudos prévios tenham sido realizados (Yin, 2009). Apesar da presente pesquisa envolver um único caso, Dyer e Alan (1991) argumentam que os estudos de caso únicos são de excelente qualidade devido às suas descrições detalhadas que permitem que os achados sejam mais facilmente compreendidos e reconhecidos em outras pesquisas. Além disso, Flyvbjerg (2006) afirma que um único estudo de caso em profundidade é ótimo para aprender algo novo, e ainda, é incorreto concluir que não se pode generalizar a partir de um único caso.

Dito isso, de forma a construir um arcabouço teórico e apoiar a criação do *framework* proposto, realizou-se primeiramente, pesquisas na literatura científica investigando temas como logística *lean* e *green*, logística interna e sistemas de abastecimento de componentes. Assim, esse levantamento bibliográfico veio embasar a abordagem empírica da pesquisa, que tratou-se da aplicação do *framework* para avaliação da logística de abastecimento interna sob a ótica dos conceitos *lean* e *green*.

No que tange a escolha do estudo de caso, procurou-se aplicar o *framework* proposto em uma empresa manufatureira que operasse o seu sistema produtivo e logístico a luz dos conceitos enxutos, de maneira que possibilitasse ao autor, a análise das relações entre as práticas *lean* e *green* no processo de abastecimento de componentes.

Neste estudo de caso, teve-se acesso direto aos funcionários e a todos os dados da empresa, permitindo que o autor pudesse observar e analisar em detalhes o sistema de abastecimento de componentes da empresa. De fato, o estudo envolveu visitas diárias durante um período de 4 semanas, que envolveu a observação participante do autor em todas as atividades pertinentes ao abastecimento das linhas de montagem, desde o processo de estocagem no armazém até o abastecimento das linhas produtivas. Além disso, realizou-se duas entrevistas semi-estruturadas com o supervisor de logística e o coordenador de gestão ambiental. O *framework* proposto nesta pesquisa serviu de guia para as entrevistas, mas a conversa estava aberta a assuntos, que surgiram durante o processo. As entrevistas tiveram

como objetivo, entender melhor os processos da empresa e obter informações que não puderam ser observadas em campo, tais como a existência de treinamentos e ações em curso de implantação relacionadas às práticas analisadas. Anotações foram realizadas durante todas as visitas a campo, e as sugestões de melhoria para empresa foram baseadas nessas observações e em pesquisas bibliográficas e documentais. Por fim, as considerações finais sobre o *framework* proposto são avaliadas e interpretadas pelo autor segundo o discernimento teórico e os dados empíricos do estudo de caso.

3.2. O sistema de abastecimento de componentes da empresa

A empresa em estudo está situada no sul do Brasil, empregando cerca de 800 funcionários e com faturamento anual de 450 milhões de reais. No seu portfólio de produtos de eletrodomésticos, tem-se a produção de fornos, fogões, secadoras, churrasqueiras elétricas e a gás, micro-ondas, coifas, depuradores e uma série de eletro-portáteis.

No setor de montagem de eletrodomésticos, pode-se observar a presença de várias técnicas e ferramentas *lean*, tais como a produção em células de montagem, a produção puxada via *kanban*, rotas de abastecimento com uso de trens de reboques, gestão visual e práticas de limpeza e organização industrial. De fato, nos últimos anos, a empresa vem buscando melhorias de eficiência e redução de custos por meio das práticas *lean* tanto no seu setor produtivo como expandindo-as para os principais fornecedores.

No que tange as práticas *green*, a empresa não possui uma certificação internacional de gestão ambiental, tal qual a ISO 14000, no entanto, trabalha para atender as exigências das normas brasileiras de gerenciamento ambiental, além de controlar a destinação de seus resíduos industriais e domésticos por meio de coleta seletiva e tratamento em estações de efluentes.

De forma geral, o setor de montagem da empresa é caracterizado pelo uso de células e linhas de montagem de alto fluxo, cujo o sistema de abastecimento de peças é configurado por rotas de abastecimento de frequência bem definida, operado por meio de trens de reboques que vão abastecendo e coletando os materiais nas células e linhas de montagem¹.

Partindo do início do processo que começa no armazém de materiais, pode-se observar o uso de um armazém central que gerencia a estocagem de todas as peças compradas e fabricadas internamente. Esse armazém está localizado próximo as docas de recebimento de

¹ Nesse trabalho será utilizado o termo “linhas de montagem” para designar tanto as células como as linhas de montagem.

materiais dos fornecedores, potencializando assim, um fluxo rápido de estocagem do recebimento até o armazém.

O armazém é organizado de modo a estocar os materiais segundo a família de produtos, utilizando instalações de armazenagem vertical de alta densidade bem como vários supermercados de peças que possibilitam o abastecimento das linhas de montagem. Desse modo, de acordo com a localização dos supermercados de peças, pode-se classificá-los como centralizados no armazém central, apesar de estarem situados em posições onde facilite o abastecimento até as linhas de montagem. Os componentes são armazenados em contentores ou racks padronizados e o controle dos supermercados são realizados por meio de sistemas de cartões *kanban* que repõem e movimentam os materiais.

No que tange ao modal de transporte utilizado na movimentação dos materiais, observa-se o uso intensivo de trens de reboques que levam uma série de carrinhos com peças até as estações de trabalho. Esses trens de reboques obedecem normalmente uma frequência horária de abastecimento, bem como utilizam sinais visuais e cartões *kanban* para o gerenciamento das peças a serem supridas nas estações de trabalho.

Contudo, apesar do sistema *kanban* ser largamente usado como política de abastecimento, o suprimento via kits de componentes também é utilizado em determinadas estações e linhas de montagem, configurando assim, uma política de abastecimento híbrida.

Desse modo, percebe-se que o sistema de abastecimento de componentes da empresa em estudo apresenta características típicas de sistemas *lean* de abastecimento, visto a existência de condutas tais como sistemas puxados com reposição frequente, redução dos estoques principalmente nos bordos de linhas, procedimentos de trabalho padronizado e uso de ferramentas simples de gerenciamento visual ao longo de todo ambiente produtivo.

Dito isso, partindo do pressuposto que tal sistemática de abastecimento de linha possa ser enquadrada como *lean*, tem-se por objetivo analisar como as práticas do *framework* proposto estão correlacionadas com tal sistema.

4. Resultados

Neste capítulo, por meio de um estudo de caso em uma empresa fabricante de eletrodomésticos que vem aplicando práticas *lean*, discute-se a aplicação do *framework* proposto em seu sistema de abastecimento de peças nas linhas de montagem, com vistas a

sugerir ações de melhoria bem como averiguar a relação das práticas com seu sistema de abastecimento de componentes.

4.1. Uso de materiais reciclados e tecnologia limpa no processo de embalagem

Apesar de não existir um processo de embalagem no sistema de abastecimento de componentes da empresa, existe no armazém central um processo de transbordo de peças das embalagens dos fornecedores para os contentores padronizados utilizados nos supermercados e na movimentação interna. Trata-se de um processo manual com o uso de duas estações de trabalho onde os operadores executam a separação e transferência das peças de uma embalagem para outra.

Todavia, esse processo está fadado a ser descontinuado à medida que todos os fornecedores forem adotando as embalagens padronizadas pela empresa, contudo, durante tal período faz-se necessário seu uso.

No que tange as condutas *green* desse processo, pode-se destacar a organização e limpeza do ambiente de trabalho e o uso de bancadas desmontáveis que visam possibilitar sua reutilização. Entretanto, pode-se elencar alguns pontos relevantes de melhoria:

- ✓ As bancadas e os equipamentos de manuseio utilizados no processo poderiam ser feitos de material reciclado;
- ✓ Reduzir os resíduos de sujeira gerados durante o processo; e
- ✓ Promover o uso de equipamentos que possuam melhor eficiência energética.

4.2. Reduzir o consumo de energia nos armazéns (iluminação, ventilação e temperatura)

Neste quesito, não foi possível constatar alguma ação expressiva com vistas a reduzir o consumo de energia no armazém.

Nesse sentido, pode-se sugerir o uso de lâmpadas de menor consumo de energia elétrica tais como lâmpadas de LED (*Light Emitting Diode*), telhados transparentes para aproveitar a iluminação natural dos ambientes, e portas ou exaustores para facilitar a circulação do ar e regular a temperatura. O uso de energia solar por meio de painéis fotovoltaicos poderia ser uma alternativa interessante para alimentar o sistema de iluminação, ventilação ou até auxiliar na recarga das baterias dos equipamentos de movimentação de materiais.

4.3. Utilizar instalações e procedimentos práticos de armazenagem que facilite o fluxo das mercadorias

Dito isso, destaca-se como ponto positivo o *layout* do armazém, onde a localização dos supermercados de peças está próxima as linhas de montagem consumidoras, bem como a conexão da área de recebimento de materiais (*inbound*) com a área de armazenagem é simples e direta por meio de corredores sem desvios. Outra questão positiva é a utilização de prateleiras *flow-racks* que possibilitam um fluxo simples e organizado dos materiais.

Contudo, cita-se como oportunidade de melhoria *green* e *lean* a gestão visual de todo o armazém, visto que há uma carência de identificação dos locais de estocagem bem como a falta de sinalização dos corredores e áreas setoriais.

4.4. Realizar a manutenção dos veículos e equipamentos bem como a destinação correta das peças

A empresa não apresenta um sistema estruturado de manutenção planejada e preditiva dos equipamentos de movimentação de materiais, limitando-se a repará-los na ocorrência de uma falha ou quebra. No tocante a destinação das peças com defeito ou desgastadas, a prática usual da empresa é repassá-las ou vendê-las para companhias do comercializam no mercado secundário.

Nesse sentido, percebe-se como oportunidade de melhoria a implantação de planos de manutenção planejada e preditiva, bem como uma avaliação mais detalhada de reaproveitamento de peças defeituosas. Além disso, as companhias que adquirem as peças substituídas deveriam passar por um processo de homologação para se certificar da destinação correta dos materiais.

4.5. Utilizar veículos e equipamentos de transporte com tecnologia limpa, menos poluentes e eficiência energética

Todos os equipamentos de movimentação e manuseio de materiais utilizados pela empresa são operados manualmente ou por energia elétrica, ou seja, para cargas mais pesadas faz-se o uso de empilhadeiras e rebocadores elétricos ao passo que para pequenas distâncias e baixo peso, carrinhos e transpaleteiras são muito usados.

Desse modo, não há emissão de CO₂ (gás carbônico) por parte dos veículos e equipamentos utilizados, porém pode-se avaliar o uso de baterias mais eficientes que

proporcionem um aumento na autonomia de operação dos equipamentos, em outras palavras, conseguir trabalhar por períodos mais longos utilizando a mesma carga de baterias.

4.6. Diminuir a emissão de ruídos dos veículos

Os veículos e equipamentos de transporte utilizados não apresentam um alto nível de emissão de ruído que seja agressivo a saúde das pessoas no curto prazo, no entanto, para prevenir efeitos de médio e longo prazo, faz o uso de protetores auriculares por parte dos funcionários. No armazém de peças, por exemplo, o nível de emissão de ruído medido em decibéis (dB) fica em média de 70dB.

Entretanto, para se reduzir a emissão de ruídos dos veículos poder-se-ia avaliar a instalação de motores e transmissões elétricas mais silenciosas, dotar de amortecedores os circuitos hidráulicos, reduzir os choques entre os componentes dos equipamentos, e por fim, realizar a manutenção de todo equipamento para mantê-lo lubrificado e em condições adequadas de trabalho.

De fato, na empresa em estudo, a maior emissão de ruídos se encontra nas áreas produtivas, sendo nessas áreas as melhores oportunidades de melhoria.

4.7. Planejar e roteirizar as entregas para melhor eficiência e aproveitamento da carga

O estudo do processo de abastecimento de peças por meio da análise de rotas de entrega, dimensionamento dos carrinhos de peças e trens de reboques, ocupação e compartilhamento dos veículos, são exemplos de atividades que a empresa vem aplicando com vistas a redução de custos e maior eficiência do processo.

Vale ressaltar que, com o uso de trens de reboques movidos a energia elétrica, a alta frequência de entrega de peças nas linhas de montagem não resulta em nenhum aumento de emissão de CO₂ e impacto ambiental.

4.8. Recolher e dar destinação correta (reciclar, reuso, etc.) dos resíduos de produtos e embalagens

A empresa não possui um procedimento padronizado e controlado de destinação dos resíduos de embalagens e produtos, focando de modo geral em situações específicas de maior impacto financeiro, ambiental e legal.

Uma oportunidade de melhoria seria a incorporação da coleta dos resíduos de embalagens e produtos nas rotas padronizadas de abastecimento de peças nas linhas de

montagem, aproveitando assim, um serviço logístico eficiente na destinação correta dos resíduos.

4.9. Uso de embalagens com material reciclável ou biodegradável

Pode-se perceber que a grande maioria das embalagens usadas no abastecimento das linhas de montagem é feita de material reciclado ou biodegradável, ou seja, todas as embalagens plásticas são feitas com resinas recicladas, e o restante das embalagens são feitas de papelão. Um aspecto a ser analisado em relação as embalagens de papelão, seria a verificação de quanto de material reciclado é utilizado em sua fabricação.

4.10. Utilizar embalagens retornáveis, seguras e ergonômicas

Todas as embalagens utilizadas nos supermercados de peças bem como no abastecimento das linhas de montagem são retornáveis, provavelmente como uma iniciativa das práticas *lean* para eliminação de desperdícios e gerenciamento do sistema *kanban*.

A empresa possui uma política ergonômica cujo o peso de cada embalagem com peças deve ser de no máximo 12 kg, além de definir a altura mínima e máxima no manuseio das mesmas.

4.11. Utilizar equipamentos, embalagens ou peças padronizadas para facilitar o reuso

Um ponto de destaque desta prática, é o uso disseminado de um sistema de tubos e conexões modulares que são utilizados para montagem de toda a estrutura de bancadas, estações de trabalho, prateleiras, carrinhos, bordos de linha e supermercados. Esse sistema permite que com as mesmas peças seja possível montar e desmontar diferentes tipos de instalações e dispositivos, flexibilizando as soluções logísticas e produtivas. Além disso, as embalagens retornáveis também são padronizadas, possibilitando sua aplicação em diversas finalidades.

4.12. Dar tratamento especial para armazenagem e movimentação de cargas perigosas

Os materiais armazenados e movimentados para o abastecimento das linhas de montagem podem ser caracterizados como não perigosos, visto que se tratam, em geral, de componentes mecânicos e eletrônicos de pequeno e médio porte. Desse modo, não se pôde verificar a aplicabilidade desta prática na empresa em estudo.

4.13. Seguir padrões de segurança do trabalho e ergonomia durante todo o processo logístico

Observa-se que a empresa já vem aplicando boas práticas de segurança e ergonomia no seu sistema de abastecimento, nas quais destaca-se, o peso máximo das embalagens manuseadas, a altura mínima e máxima de abastecimento, o controle de velocidade dos trens de reboques e o uso de equipamentos de proteção individual.

Entretanto, pode-se sugerir algumas ações de melhoria, tais como, a sinalização dos corredores onde transitam os trens de reboques, o uso de espelhos nas esquinas dos corredores, a delimitação em todos os corredores da área de trânsito de pessoas, e a eliminação de acesso das empilhadeiras que movimentam cargas pesadas das áreas de montagem de produtos.

4.14. Reduzir o consumo de material e promover o uso de material reciclado durante todo o processo logístico

No que tange o uso de material reciclado, um ponto de aplicação seria no sistema de tubos e conexões utilizados na montagem de boa parte das instalações e carrinhos de movimentação da empresa. Uma outra oportunidade, que dependeria dos fornecedores, seria de os próprios veículos e equipamentos de manuseio serem fabricados com materiais reciclados.

Contudo, percebe-se que a redução do consumo de material pode ser aplicada desde o processo de transbordo de peças no armazém, que gera o consumo de material secundário e energia, até a implantação de processos de montagem que gerem menos resíduos de material.

4.15. Utilizar tecnologia da informação ao longo de todo o processo logístico

No sistema atual, o uso de tecnologia da informação está limitado aos controles de inventário e ordens de separação de materiais que são geradas a partir da explosão de necessidades dos produtos acabados.

Nesse sentido, outras soluções de tecnologia da informação podem ser sugeridas: utilizar um sistema de *kanban* eletrônico onde a necessidade de reposição de materiais seria indicada em painéis luminosos no armazém de peças; comunicação em tempo real ao armazém de peças e aos abastecedores sobre a parada ou a eminência da falta de material nas linhas de montagem; e a disponibilização instantânea de indicadores de performance sobre a eficiência do serviço logístico.

4.16. Possuir certificações ambientais e divulgá-las

Conforme mencionado anteriormente, a empresa não possui uma certificação de gestão ambiental que pudesse servir de base para a disseminação dos conceitos e práticas *green*. Desse modo, a adoção de uma certificação de gestão ambiental seria uma excelente oportunidade em direção as práticas e condutas *green*.

4.17. Elaborar indicadores ambientais, monitorá-los e divulgá-los

Nesse quesito, a empresa em estudo também não tem definido nenhum indicador de performance ambiental, ou seja, essa prática não é aplicada pela empresa.

4.18. Fornecer treinamento sobre sustentabilidade e condutas *green*

Por fim, haja visto a inexistência de indicadores de performance *green*, bem como a falta de um sistema de gestão ambiental certificado, pode-se observar que a empresa em estudo não oferece treinamentos ou capacitações sobre sustentabilidade e condutas *green*, sendo assim, um terreno fértil para implementação.

4.19. Considerações finais dos resultados

Com vistas a consolidar as informações levantadas no estudo de caso, apresenta-se na Figura 5 um resumo do *framework* com as práticas *lean* e *green* observadas na empresa e as oportunidades de melhoria sugeridas.

No tocante as dezoito práticas levantadas, não pôde-se constatar a presença de oito delas, ilustrando um excelente potencial melhoria para a empresa. Entretanto, apesar do sistema de abastecimento da empresa apresentar características típicas de ambientes enxutos, quatro práticas classificadas como *lean* e *green* não são aplicadas, indicando oportunidades a serem exploradas e que as práticas enxutas não estão plenamente estabelecidas na logística interna da empresa. No que tange as quatro práticas *green* não aplicadas, entende-se que a empresa ainda não atingiu uma maturidade de condutas de sustentabilidade para abordar tais práticas. Por fim, três práticas *green* são aplicadas, o que pode sugerir uma relação de proximidade com as práticas *lean* (não considerada como *lean* e *green*) ou simplesmente uma situação particular da empresa em estudo.

| Práticas de Logística Interna | Práticas Green | Práticas Lean e Green | Prática lean e green existente | Oportunidade de melhoria |
|---|----------------|-----------------------|---|---|
| Uso de materiais reciclados e tecnologia limpa no processo de embalagem. | X | | Organização e limpeza do ambiente de trabalho. Uso de bancadas desmontáveis. | Bancadas e equipamentos de material reciclado. Redução dos resíduos. Equipamentos de melhor eficiência energética. |
| Reduzir o consumo de energia nos armazéns (iluminação, ventilação e temperatura). | | X | Não existente | Uso de lâmpadas LED, telhados transparentes, exaustores, painéis fotovoltaicos. |
| Utilizar instalações e procedimentos práticos de armazenagem que facilite o fluxo das mercadorias. | | X | Layout do armazém e prateleiras de fluxo. | Gestão visual e identificação. |
| Realizar a manutenção dos veículos e equipamentos bem como a destinação correta das peças. | | X | Não existente | Manutenção planejada e preditiva. Avaliação para reaproveitamento de peças defeituosas. |
| Utilizar veículos e equipamentos de transporte com tecnologia limpa, menos poluentes e eficiência energética. | X | | Uso somente de equipamentos elétricos e manuais. | Baterias mais eficientes que proporcionem maior autonomia. |
| Diminuir a emissão de ruídos dos veículos. | | X | Não existente | Motores e transmissões silenciosas, amortecedores nos sistemas hidráulicos, reduzir os choques entre os componentes, manutenção dos equipamentos. |
| Planejar e roteirizar as entregas para melhor eficiência e aproveitamento da carga. | | X | Análise de rotas de entrega, ocupação da carga e compartilhamento dos veículos. | - |
| Recolher e dar destinação correta (reciclar, reuso, etc.) dos resíduos de produtos e embalagens. | X | | Não existente | Coleta dos resíduos de embalagens e produtos nas rotas padronizadas de abastecimento. |
| Uso de embalagens com material reciclável ou biodegradável. | X | | Embalagens de material reciclado e biodegradáveis. | Atingir 100% das embalagens com material reciclado. |
| Utilizar embalagens retornáveis, seguras e ergonômicas. | | X | Embalagens 100% retornáveis. Limite de 12kg para manuseio. | Expandir embalagens retornáveis com os fornecedores. |
| Utilizar equipamentos, embalagens ou peças padronizadas para facilitar o reuso. | | X | Sistema de tubos e conexões modulares. Embalagens padronizadas. | Expandir continuamente essa prática. |
| Dar tratamento especial para armazenagem e movimentação de cargas perigosas. | | X | Não existente/aplicável | - |
| Seguir padrões de segurança do trabalho e ergonomia durante todo o processo logístico. | | X | Peso de embalagem, altura de abastecimento, controle de velocidade dos trens de reboques e uso de EPIs. | Sinalização dos corredores, uso de espelhos nas esquinas dos corredores, área de trânsito de pessoas, restrição de acesso das empilhadeiras. |
| Reduzir o consumo de material e promover o uso de material reciclado durante todo o processo logístico. | | X | Material reciclado nas embalagens. | Material reciclado nos tubos e conexões modulares; veículos e equipamentos fabricados com materiais reciclados. |
| Utilizar tecnologia da informação ao longo de todo o processo logístico. | | X | Controle de inventário e separação de materiais. | Kanban eletrônico, painéis andon e comunicação instantânea dos indicadores de performance. |
| Possuir certificações ambientais e divulgá-las. | X | | Não existente | Implantar certificação. |
| Elaborar indicadores ambientais, monitorá-los e divulgá-los. | X | | Não existente | Definir e controlar indicadores. |
| Fornecer treinamento sobre sustentabilidade e condutas <i>Green</i> . | X | | Não existente | Ministrar treinamentos. |

Figura 5 – Práticas existentes e sugestões de melhoria para a empresa em estudo

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

5. Conclusões

A relação entre os conceitos de logística *lean* e *green* discutidos ao longo desse trabalho puderam elucidar a importância do tratamento conjunto dessas duas abordagens, haja vista que ambas apresentam objetivos muito semelhantes no que tange a redução dos desperdícios, o respeito às condições de trabalho e a segurança das pessoas.

Nesse sentido, a presente pesquisa desenvolveu um *framework* para avaliação da logística de abastecimento interna de acordo com os conceitos *lean* e *green*, no qual classificou dezoito práticas *lean* e *green* passíveis de aplicação em sistemas de abastecimento de componentes. O *framework* proposto foi construído com vistas a responder as questões da pesquisa, que se tratou da investigação de quais práticas *green* são aplicáveis em sistemas de abastecimento de componentes e quais dessas práticas são previstas já no pensamento enxuto.

Além disso, por meio de um estudo de caso em uma empresa fabricante de eletrodomésticos, avaliou-se como tais práticas vêm sendo aplicadas no seu sistema *lean* de abastecimento de componentes em linhas de montagem.

Entretanto, analisando as dezoito práticas apresentadas nesta pesquisa, pode-se perceber sob a ótica dos princípios *lean*, que onze delas têm forte relação com o pensamento enxuto, visto que buscam a eliminação dos desperdícios, a simplicidade e padronização dos processos, a redução dos estoques e do *lead time*, a manutenção dos equipamentos, e o respeito e segurança das pessoas. Contudo, o estudo de caso pôde ilustrar que a empresa deixa de aplicar oito práticas em seu sistema de abastecimento de linhas de montagem, sendo uma excelente oportunidade para ações futuras. Ademais, constatou-se a utilização de três práticas *green*, o que pode sugerir uma relação com as práticas *lean* (que no *framework* proposto é considerada somente como *green*) ou simplesmente uma situação particular da empresa em estudo.

Em relação à generalidade do *framework* proposto, entende-se que tal modelo tem potencial de ser replicado em outros ambientes ou processos industriais, visto que as práticas elencadas são baseadas em atividades logísticas de uso comum em diversos segmentos. No entanto, avaliar a sua aplicação em outros cenários seria de grande valia para um aprofundamento no tema, ficando como uma importante sugestão de trabalho futuro. Outra oportunidade de futura pesquisa seria incluir no *framework* uma escala de nível de aplicação para cada prática, onde indicaria em que nível de maturidade se encontra cada prática.

Por fim, haja vista a lacuna de pesquisas voltadas ao estudo das diretrizes *lean* e *green* no contexto da logística interna, a presente pesquisa vem contribuir como uma fonte de consulta e fomento a discussão do tema.

REFERÊNCIAS

- Azevedo, S. G., Carvalho, H., Machado, V. C. (2011). The influence of green practices on supply chain performance: A case study approach. *Transportation Research, Part E* 47 850–871.
- Azevedo, S. G., Carvalho, H., Duarte, S., Machado, V. C. (2012). Influence of Green and Lean Upstream Supply Chain Management Practices on Business Sustainability. *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 59, N. 4.
- Battini, D., Boysen, N., Emde, S. (2013) Just-in-time supermarkets for part supply in the automobile industry. *Journal of Management Control*, Vol. 24 No. 2, pp. 209-217.
- Battini, D., Gamberi, M., Persona, A., Sgarbossa, F. (2015) Part-feeding with supermarket in assembly systems: transportation mode selection model and multi- scenario analysis. *Assembly Automation*. Vol. 35 Issue: 1, pp.149-159.
- Baudin, Michel. (2004). *Lean Logistics: the nuts and bolts of delivering materials and goods*. New York: Productive Press.

- Bergmiller, G. G., McCright, P. R. (2009). Parallel Models for Lean and Green Operations. Proceedings of *The Industrial Engineering Research Conference*.
- Björklund, M., Forslund, H., Isaksson, M. P. (2016). "Exploring logistics-related environmental sustainability in large retailers". *International Journal of Retail & Distribution Management*, Vol. 44 Issue: 1, pp.38-57.
- Carvalho, H., Duarte, S., Machado, V. C. (2011) Lean, agile, resilient and green: divergencies and synergies. *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 2 No. 2, pp. 151-179.
- Chen, X., Jiang, L., Wang, C. (2011). Business Process Analysis and Implementation Strategies of Greening Logistics in Appliances Retail Industry. *Energy Procedia* 5, 332–336.
- Dües, C. M., Tan, K. H., Lim, M. (2013). Green as the new lean: how to use lean practices as a catalyst to greening your supply chain. *Journal of Cleaner Production*, volume 40, 93-100.
- Dyer, W.G.J. and Alan, L.W. (1991). "Better stories, not better constructs, to generate better theory: a rejoinder to Eisenhardt", *Academy of Management Review*, Vol. 16 No. 3, pp. 613-619.
- Engelage, E., Borgert, A., Souza, M. A. (2016). Práticas de Green Logistic: Uma Abordagem Teórica sobre o Tema. *Journal of Environmental Management and Sustainability – JEMS. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS*. Vol. 5, N. 3.
- Flyvbjerg, B. (2006). "Five misunderstandings about case-study research", *Qualitative Inquiry*, Vol. 12 No. 2, pp. 219-245.
- Franchetti, M., Bedal, K., Ulloa, J., Grodek, S. (2009). Lean and Green: industrial engineering methods are natural stepping stones to green engineering. *Industrial Engineer*, IE 41 (9), 24-29.
- Harris, R., Harris, C., Wilson, E. (2004). *Fazendo fluir os materiais*. São Paulo: Lean Institute Brasil.
- Hirschheim, R. (1992). "Information Systems Epistemology: An Historical Perspective". *Information Systems Research: Issues, Methods and Practical Guidelines*, R. Galliers (ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 28-60.
- Hung Lau, K. (2011). Benchmarking green logistics performance with a composite index. *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 18 Issue: 6, pp.873-896.
- King, A. A., Lenox, M. J. (2001). Lean and green? an empirical examination of the relationship between lean production and environmental performance. *Production and Operations Management*, v. 10, n. 3, p. 244-256.
- Kilic, H. S., Durmusoglu, M. B. (2015). Advances in assembly line parts feeding policies: a literature review. *Assembly Automation*, Vol. 35 Issue: 1, pp.57-68.
- Liker, J. (2005) *O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre: Bookman.
- Lo, S. M., Shiah, Y. (2016). Associating the motivation with the practices of firms going green: the moderator role of environmental uncertainty. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 21 Issue: 4, pp.485-498.
- Martichenko, R., Grabe, K. (2011). *Construindo o Fluxo de Atendimento Lean: Repensando sua cadeia de suprimentos e logística para maximizar valor com custo total mínimo*. São Paulo: Lean Institute do Brasil.
- Ohno, Taiichi. (1998). *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman.
- Pejic, V., Lerher, T., Jereb, B., Lisec, A. (2016). Lean and green paradigms in logistics: review of published research. *PROMET - Traffic & Transportation, Scientific Journal on Traffic and Transportation Research*, vol 28, No 6.
- Ping, L. (2009). Strategy of green logistics and sustainable development. *Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, International Conference on IEEE (Vol.1, pp. 339-342)*.
- Rothenberg, S., Pil, F. K., Maxwell, J. (2001). Lean, green, and the quest for superior environmental performance. *Production and Operations Management*, v. 10, n. 3, p. 228-243.
- Smalley, Art. (2004) *Criando o Sistema Puxado e Nivelado*. São Paulo: Lean Institute do Brasil.
- Jabbour, A. B. L. S., Jabbour, C. J. C., Freitas, W. R. S., Teixeira, A. A. (2013). Lean and green? Evidências empíricas do setor automotivo brasileiro. *Gestão e Produção*, São Carlos, vol. 20, n. 3, p. 653-665.

Srivastava, S. K. (2007). Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Reviews*, Volume 9 Issue 1 pp. 53–80.

Womack, J., Jones, D. (2004), *A Mentalidade Enxuta nas Empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*. Rio de Janeiro: Campus/Elsevier, 6a ed.

Yang, M. G., Hong, P., Modi, S. B. (2011), Impact of lean manufacturing and environmental management on business performance: an empirical study of manufacturing firms. *International Journal of Production Economics*, v. 129, n. 2, p. 251-261.

Yin, R. K. (2009), *Case Study Research*. 4th ed., Sage Publications, CA.

Zhang, S., Lee, C. K. M., Chan, H. K., Choy, K. L., Wu, Z. (2015). Swarm intelligence applied in green logistics: A literature review. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 37, 154-169.