



Modelo *Lean e Green* para uma célula de produção: Integrando a questão ambiental às estratégias de manufatura

Autores:

- (1) Andrea Brasco Pampanelli
- (2) Dr. Andrea Moura Bernardes
- (3) Dr. Pauline Found

Entidades:

- (1) GKN Driveline Brazil, Joaquim Silveira, 557, POA - Brazil. 91060-320
- (2) PPGEM, UFRGS - Brasil
- (3) Cardiff University, Lean Enterprise Research Centre - UK

Resumo:

A preocupação mundial com a sustentabilidade tem levado às organizações a investigar cada vez mais alternativas para melhorar a sua performance ambiental e assim garantir o desenvolvimento dos seus negócios de forma sustentável. Com o passar dos anos, a literatura tem apresentado diferentes estratégias para apoiar a evolução de empresas ambientalmente conscientes, embora muito pouco tenha se explorado com relação ao potencial para promover a sustentabilidade inerente às práticas de manufatura já existentes.

Com o propósito de promover o desenvolvimento de uma cultura de melhoria contínua, lean thinking ou pensamento enxuto descreve uma filosofia de trabalho aplicada por muitas empresas de manufatura, a qual foca a eliminação de desperdícios e a aplicação de recursos somente onde há criação de valor para o cliente final. Seguindo essa idéia, o mesmo pensamento de se fazer mais com menos do lean thinking pode ser adaptado para a melhoria dos fluxos que são suporte a produção (materiais, energia e geração de resíduos) e que causam significativo impacto ambiental, contribuindo assim para o desenvolvimento de negócios mais sustentáveis.

A literatura apresenta diversas evidencias onde não só o uso da filosofia lean ajudou na redução de impacto ambiental, mas também exemplos em que a integração dos conceitos de lean e meio ambiente, Lean e Green, é positiva e complementar para redução de resíduos e perdas na produção. Entretanto, esta é a primeira vez que estudos foram desenvolvidos e substanciados com este propósito de utilizar lean para redução do impacto ambiental na manufatura e que um requisito em termos de nível de desenvolvimento e conhecimento de lean foi incluído ao modelo principal como requerimento crítico para sua aplicabilidade.

Assim, este trabalho propõe o desenvolvimento de um model baseado em conceitos lean para gerenciamento dos aspectos ambientais em uma célula de manufatura, *Modelo Lean e Green*, capaz de promover uma melhor integração entre os processos ambientais e necessidades do negócio. Integrando conceitos de lean e meio ambiente através do desenvolvimento de *Kaizens* em células, o modelo desenvolvido tem como principal objetivo a redução do impacto ambiental gerado pelos processos produtivos.

O projeto desenvolvido reporta os resultados da aplicação do *Modelo Lean e Green* em células de manufatura em uma corporação multinacional de engenharia. Alguns dos principais resultados identificados até este momento através do desenvolvimento dessa pesquisa, incluem: (1) Confirmação de todos os pré-requisitos do *Modelo Lean e Green* : (a) O nível de desempenho de lean é crítico para a aplicação do modelo; (b) A estabilidade operacional é um requisito básico; (c) O suporte da liderança é fundamental durante os desenvolvimento das 8 etapas do modelo; (d) Para ter sucesso é necessário o envolvimento de funcionários e líderes; (e) A conscientização ambiental e uso o intensivo de recursos são tópicos importantes para saber onde começar; (2) *Lean e Green* é uma boa estratégia de prevenção da poluição: com a possibilidade de promover a redução de 10% no consumo de energia e de 30 a 50% no consumo de materiais e geração de resíduos; (3) Lean e Green pode ser utilizado com uma estratégia de redução de custos : com a possibilidade de reduzir cerca de 5 a 10% o custo operacional de uma célula de produção.

Palavras-chave: Lean e Green, Lean, Kaizen, práticas ambientais, Sustentabilidade, Fluxos de Massa e Energia.

Abstract:

Global awareness regarding environmental sustainability has caused enterprises to investigate different alternatives for improving environmental performance in order to deploy sustainable business. There is a growing body of literature proposing different sustainability alternatives for environmentally conscious firms, although not many have really explored the sustainability side of existent manufacturing strategies.

With the purpose of promoting a continuous improvement culture within the business, lean thinking describes a working philosophy applied by many manufacturers, which considers the expenditure of resources, for any goal other than the creation of value for the end customer, to be wasteful. Therefore, the same idea of doing more with less from lean thinking can be applied for improving material, energy flows and wastes streams that cause significant environmental impacts, thus supporting the development of a sustainable business.

There has been lots of anecdotal evidence that a lean approach can help make the business case for environmental impact reduction and an integrated *Lean and Green* works for (1) reduction of production waste, (2) reduction of environmental impact but little empirical evidence to substantiate this. For the first time evidence-based results are given and further that a pre-requisite level of lean knowledge and deployment level is identified as a requirement.

This paper proposes a model based on lean concepts for managing environmental aspects of manufacturing cells capable of promoting a better integration of the environmental processes to business needs. Integrating lean and green concepts by taking a *Kaizen* approach in the cell model developed has the ultimate goal of reducing environmental impacts generated by the production process.

The project reports the findings of application of the model in cells of a major engineering international corporation. Some of the research key findings identified so far include: (1) Confirmation of all prerequisites of *Lean and Green Model*: (a) Lean deployment level is critical; (b) Operational stability is a core requirement; (c) Leadership support is critical along all 8 steps of model development; (d) Top down and bottom up approach required for success; (e) Environmental awareness and use of resources are important topics to prioritize where to start; (2) Lean and Green is a good pollution prevention strategy: Possible to reduce about 10% energy and about 30 to 50% materials and wastes; (3) Lean and Green can be used as a strategy to reduce costs: Possible to reduce operational manufacturing mass and energy flows cost by 5 to 10%.

Keywords: Lean and Green, Lean, Kaizen, Environmental Practices, Sustainability, Mass and Energy Flows

1. INTRODUÇÃO

Um dos principais desafios enfrentados pelas atuais empresas é a construção e manutenção de negócios frente a um ambiente empresarial em constante mudança. Com o crescimento da preocupação da sociedade em relação aos impactos ambientais gerados pelos processos produtivos e sistemas de consumo, novos requerimentos têm emergido como prioridade às estratégias corporativas. Todas estas questões englobam o que contemporaneamente chamamos de responsabilidade social e ambiental, que tem suas bases na chamada “Primavera Silenciosa” de Rachael Carson em 1962 e nas análises de “Os Limites para o Crescimento” apresentado pelo Clube de Roma no final da década de 1950. Com a publicação do “Relatório de *Brundtland*”, em 1987, os princípios de desenvolvimento sustentável passaram a ser foco dos debates políticos e corporativos.

Desde então, ambos, políticos e estrategistas empresariais vivem uma dicotomia: ***Como incorporar bases da sustentabilidade ambiental às estratégias e práticas de negócio?***

Esta discussão permeia por mais de uma década os diversos palcos da sociedade – academia, governo, iniciativa privada e sociedade civil. Neste período, diversas estratégias e conceitos foram estudados e adaptados de forma a viabilizar a integração das práticas de sustentabilidade ambiental às estratégias de negócio.

A busca pela melhoria e otimização no uso de recursos, entretanto, já faz parte da agenda e das discussões das organizações há anos. Nesta busca, empresas se redescobrem e se reinventam na tentativa de manterem-se atuais mediante a um ambiente empresarial que muda constantemente.

Idéias e conceitos são fundidos e reestruturados de forma a tornar estas organizações ainda mais competitivas.

O caso da indústria automotiva exemplifica o exposto. Em “A Máquina que Mudou o Mundo” executivos da então pequena e em desenvolvimento Toyota visitam a gigante americana Ford Motors em Detroit e descobrem que mesmo uma gigante tem espaço para ser reinventada. Já na década de 1950, os japoneses vislumbraram que tempo, movimentos, recursos e tecnologia eram a chave para transformar os métodos de fabricação e produção. Com este pensamento, os japoneses tornaram-se gigantes. Desenvolvendo estes conceitos nasceu a produção enxuta e, sobretudo a vontade da sociedade em construir um mundo melhor. Este antídoto para eliminação do que não agrega valor é o que Womack & Jones (1998) chamaram mais recentemente de “pensamento enxuto ou *Lean thinking*”. Com o propósito de criar uma cultura em prol da melhoria contínua, o *Lean* é um método interligado por cinco principais elementos: contínuo fluxo de valor, valor este definido pelo cliente e puxado pelo cliente, com perfeição, o que representa no final a eliminação de desperdícios. Por décadas a manufatura enxuta tem sido considerada como a melhor estratégia para gestão de empresas de manufatura e da mesma forma os princípios do pensamento enxuto vem sendo aplicados em diversos ramos de negócio, tais como bancos, hospitais e governo.

Ironicamente, muitas das empresas que investem no conceito de sustentabilidade ambiental como estratégia e que observam as fraquezas das atuais práticas de sustentabilidade ambiental para alavancar as melhorias esperadas, são aquelas que utilizam há décadas o *Lean Thinking* como estratégia de negócio. Estas empresas vivenciam concomitantemente ambos os modelos em suas estruturas de gestão e não percebem a oportunidade existente na utilização do *Lean Thinking* para integrar os conceitos de sustentabilidade. Neste contexto, a integração do pensamento enxuto e sustentabilidade ambiental pode ser uma estratégia poderosa para adição de valor a estes negócios, utilizando as existentes práticas de manufatura para melhoria ambiental e não o contrário.

Assim, questiona-se: ***Como utilizar o pensamento enxuto ou Lean Thinking para incorporar bases da sustentabilidade ambiental às estratégias e práticas de negócio?***

Considerando-se tal questão de pesquisa e a contextualização já exposta, este artigo apresenta o seguinte objetivo geral:

Através da adaptação dos conceitos de *Lean*, desenvolver um modelo para gerenciamento das questões ambientais em uma célula produtiva de forma a garantir a integração dos conceitos de sustentabilidade ambiental à estrutura existente de gestão da produção e do negócio. Com relação aos objetivos específicos, este artigo propõe-se a:

1. Aplicar o Modelo *Lean e Green* em células de produção de indústria automotiva que já possua a aplicação de sistemas *Lean* em seus processos, discutindo os recursos e estrutura necessária para o desenvolvimento do modelo;
2. Discutir algumas vantagens e desvantagens na utilização do modelo.

2. BREVE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com o propósito de criar uma cultura em prol da melhoria contínua, o *Lean* trata-se de uma prática de gestão vastamente divulgada em diversos setores da economia que tem como premissa a utilização de recursos com foco dirigido para a criação de valor para o cliente. Não sendo valor para o cliente, então o uso deste recurso poderá ser eliminado. Este antídoto para eliminação do que não agrega valor é o que Womack & Jones (1998), chamam de “pensamento enxuto” ou “*Lean thinking*”. Um dos pontos-chave do *Lean* é o seu potencial de simplificação. Independente do contexto, esta filosofia possui a habilidade de simultaneamente reduzir recursos, espaço, transporte, energia, materiais e tempo.

O termo *Lean* foi criado por Womack, Jones e Ross (1991), para indicar um conceito que descreve uma filosofia de trabalho e prática oriunda das empresas automotivas Japonesas. De acordo com George (2003), trata-se da filosofia para um sistema de gestão, em grande parte derivada do Sistema Toyota de Produção (TPS).

Para Womack & Jones (1998) o pensamento *Lean* a partir de 1998 passou a ser extensivamente definido e descrito com base em seus 5 princípios fundamentais:

- 1. Especificar o Valor** – definir precisamente o que é valor através da perspectiva do cliente – Entrega de um produto certo, na hora certa com a qualidade adequada;
- 2. Fluxos de Valor** – Identificar todo o fluxo de valor para um dado produto ou família de produtos e eliminar as perdas existentes no processo;
- 3. Fazer o Valor Fluir** – Fazer com que o fluxo remanescente faça o valor fluir;
- 4. Puxar**– Entregar o que cliente quer somente quando o cliente quer;
- 5. Perfeição** – Buscar a perfeição através da remoção constante de desperdícios.

Considerando-se princípios econômicos, Ohno, (1988) descreve sete tipos clássicos de perdas no contexto dos processos de manufatura sob a perspectiva do pensamento enxuto. Estes são superprodução, espera, transporte, extra processamento, inventário, movimentação e defeitos.

Para eliminar estas perdas, o ponto-chave do pensamento *Lean* é o *Kaizen*, o que em japonês significa melhoria contínua – um processo orientado a esta filosofia o qual considera pequenas melhorias e padronização do trabalho com base para melhorias futuras.

O *Kaizen* possui dois focos fundamentais: (1) **Criação de uma cultura de Solução de Problemas**: foco na análise e solução de problemas através do pensamento científico e estruturado. A filosofia *Lean* apresenta uma série de ferramentas e técnicas focadas na melhoria contínua de processos e eliminação de perdas. A criação de uma cultura de solução de problemas é um dos pontos-chave da filosofia *Lean* (Rotther & Shook, 2003); (2) **Envolvimento das Pessoas**: está baseado em um esforço constante em envolver e integrar as pessoas, desde operadores até os executivos. Para o *Lean Thinking* a chave do sucesso está em capacitar, treinar e envolver a todos. Com este pensamento, tendo as pessoas no centro de tudo, as melhorias desenvolvidas são sustentadas. Tal estratégia cria espaço para o constante aprendizado de todos os envolvidos, o que garante em longo prazo não só a manutenção dos resultados alcançados, mas um ambiente propício para o aperfeiçoamento e a criatividade (Berger, 1997).

Gordon (2001) estabelece que por décadas, o *Lean Thinking* tem sido considerado como a melhor estratégia para gestão de empresas de manufatura e da mesma forma os princípios do pensamento enxuto vem sendo adaptados e aplicados não só para manufatura, mas em diversos outros segmentos da sociedade, tais como empresas de serviços e governo. Para Langenwalter (2007), a estrutura de trabalho estabelecida pela filosofia *Lean*, com foco em melhoria contínua através do *Kaizen*, solução de problemas através da utilização de técnicas e ferramentas que promovam o pensamento científico e, sobretudo o envolvimento das pessoas, pode ser aplicada para qualquer tipo de problema, processo ou sistema.

Para Womack & Jones (1998), fundadores do pensamento enxuto, há um grande potencial de ganho na integração da filosofia *Lean* com os conceitos de sustentabilidade ambiental. Para eles, o *Lean Thinking* é *Green* porque o mesmo reduz a quantidade de energia e resíduos necessários na produção de um dado produto. Recursos, produtividade e circuito-fechado promovem melhores serviços por mais tempo, aplicando menos materiais, custos e desperdício. O pensamento *Lean* transforma o valor definido pelo cliente em um fluxo constante com o objetivo de produzir menos perdas. Para os autores, juntas, as práticas de *Lean* e sustentabilidade ambiental oferecem os alicerces para uma nova lógica de negócio: Ao invés de vender produtos que se percebe mais

apropriados ao cliente, a idéia é entregar o que é realmente desejado, considerando quantidade, qualidade, uso de insumos e energia, geração de resíduos e frequência de entrega.

Do lado ambiental, a agência de proteção ambiental americana, EPA (2007), considera que a filosofia *Lean* produz um ambiente cultural e operacional que conduz de forma efetiva a minimização de desperdícios levando a prevenção da poluição e melhoria ambiental. De fato, a lógica do pensamento *Lean*, com sua ênfase na eliminação das sete perdas clássicas é perfeitamente integrável aos princípios de produção berço-ao-túmulo de Walther Stahel. Juntos, ambos os princípios compõem o terceiro modelo estabelecido pelo texto do Capitalismo Natural desenvolvido por Lovins, Lovins & Hawken, (2001) que enfatiza a necessidade para melhoria do fluxo de valor da empresa.

Para Zokaei (2010), sustentabilidade ambiental é uma extensão da filosofia *Lean*. Nas últimas duas décadas a comunidade *Lean* teve foco no processo produtivo para construção das bases da cultura de melhoria contínua. Os negócios hoje baseados na filosofia *Lean* são sólidos e rentáveis, focam as pessoas e fazem o uso das premissas do pensamento enxuto no seu dia-a-dia. Entretanto, nem todos são sustentáveis sob a ótica ambiental. Para Hall (2010), mesmo na Toyota, berço do pensamento enxuto, observa-se solidez no seu modelo de gestão quando se trata de dois dos pilares da sustentabilidade, rentabilidade e foco nas pessoas (*People & Profit*), mas embora tenha ilhas de excelência quanto à questão ambiental, nunca integrou ao TPS o viés ambiental (*Planet*). Portanto, para o mesmo, o próximo desafio é integrar a estes negócios questões ambientais. Considerando-se que a base o pensamento enxuto é a melhoria contínua não há contradição alguma em incorporar a esta premissa a idéia de uma indústria ambientalmente mais comprometida.

Neste sentido, para o desenvolvimento do propósito de melhoria contínua da função ambiental é fundamental que os alicerces que os sistemas de gestão ambiental estejam embasados sob a perspectiva do cliente e da sociedade (Hines & Jenkins, 2009). Seguindo os conceitos de *Lean*, as práticas de sustentabilidade ambiental deveriam não somente estar estruturadas de uma forma simples e integrada, com um número reduzido de requerimentos, mas também estar focadas na melhoria dos fluxos de massa e energia, causadores impactos significativos ao ambiente, sob a perspectiva do clientes (isto é, a sociedade, o próprio ambiente, o governo e demais interessados).

Desta forma, há inúmeras interfaces entre a filosofia *Lean* e proteção ambiental, as quais vão muito além da simples eliminação de resíduos ou perdas. As bases da filosofia *Lean*, com foco em melhoria contínua através do *Kaizen*, solução de problemas e envolvimento das pessoas podem ser adaptadas integrar as práticas de sustentabilidade ambiental ao negócio. Para Hall (2010), em organizações que já fazem o uso da filosofia *Lean* para negócio e utilizam *Kaizen* para garantir a melhoria contínua, o mesmo modelo poderia ser adaptado para focar melhoria nos fluxos de materiais e resíduos que são suporte à produção, isto é, aspectos ambientais da célula ou fluxos de massa e energia. A operacionalização desta estratégia do uso do *Lean* para melhoria da função ambiental deve ter como base as premissas de aplicação do *Lean* para melhoria da produção. Se considerarmos que a unidade base para o desenvolvimento do *Kaizen* trata-se da célula de produção (Langenwalter, 2007), e que neste *Kaizen* faz-se o uso do de técnicas de análise e solução de problemas com o envolvimento de todos, de operadores a gestores, a mesma idéia pode ser aplicada para desenvolvimento de *Kaizen* com foco ambiental.

3. ANÁLISE

3.1 Modelo *Lean e Green* para uma célula de produção

O principal objetivo para desenvolver o *Modelo Lean e Green* para uma célula é melhorar todos os fluxos que são suporte a produção (consumo de materiais e energia e geração de resíduos), reduzindo assim todos os resíduos e impactos.

Desta forma, os objetos de estudo nesse caso são formados por todos os fluxos de massa e energia da célula, avaliados em cada operação e resultados esperados são a melhoria de *performance* nesses fluxos termodinâmicos. **Figura 1** apresenta esta idéia.

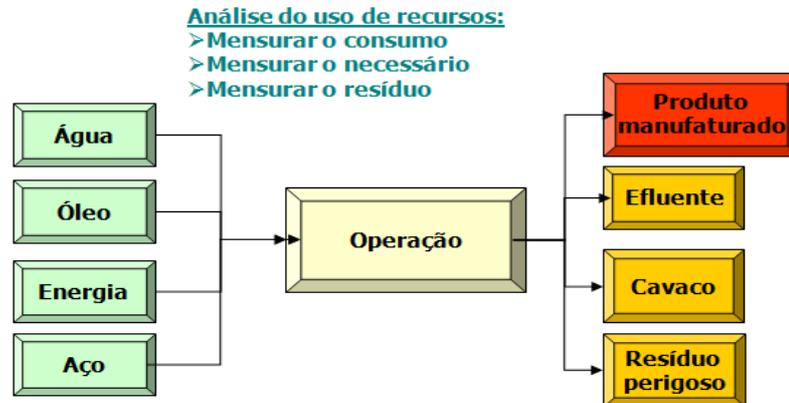


Figura 1: Fluxos de massa e energia avaliados em cada operação para aplicação do Modelo *Lean e Green*

A característica mais importante para o *Modelo Lean e Green* para célula é o considerarmos que *Lean e Green* serão integrados como parte dos processos de melhoria contínua já existentes na célula, onde a filosofia de trabalho *Lean* já existe e já é aplicada.

Assim, os principais pré-requisitos para que uma célula de produção possa ser considerada candidata para uma intervenção *Lean e Green* são apresentados abaixo:

- Ter um bom nível de desenvolvimento (Deployment level) na aplicação das ferramentas de *lean* (5S, Gerenciamento Visual, Manutenção Autônoma, etc);
- Ter um processo de produção estável, com índices de entrega superiores a 90%;
- Possuir sistemas de envolvimento dos funcionários (Reunião diária, quadro de times, etc);
- Time gerencial que apoie a idéia (Gerentes e supervisores);
- Bom nível de preocupação ambiental (operadores já foram treinados nas questões básicas de meio ambiente que envolvem a sua célula de trabalho);
- Uso significativo de recursos naturais pela célula (Materiais, produtos químicos, água, energia, resíduos, efluentes).

A mais importante da idéia do *Modelo Lean e Green* é o fato de que, este conceito deve nascer integrado aos processos de melhoria contínua da célula. A aplicação do *Modelo Lean e Green* em uma célula de produção é, portanto, considerado um segundo estágio no processo de melhoria contínua da célula. Trata-se de mais um passo na jornada de melhoria contínua, demonstrando que a implementação da filosofia *Lean* pode levar a sustentabilidade (*Lean to Green*).

Neste sentido, entende-se que um fluxo de produção estável e sem perdas é o primeiro passo para se garantir a sustentabilidade, isto é, um fluxo de produção estável é o primeiro passo atingirmos a sustentabilidade ambiental do negócio. Uma vez que a estabilidade da célula foi atingida então a mesma está pronta para um próximo passo.

Esta é a razão pela qual o *Modelo Lean e Green* somente é aplicado em células que já atingiram um nível aceitável na aplicação dos conceitos de manufatura enxuta. Assim, o *Modelo Lean e Green* foi desenvolvido para células de produção estáveis, em que o processo de melhoria contínua já está estabelecido.

Da mesma forma, o suporte dos gestores é fundamental para Lean e Green. A iniciativa de *Kaizen* precisa ser aprovada e suportada pelas lideranças para que o evento tenha sucesso.

A **Figura 2** apresenta a estrutura básica do *Modelo Lean e Green* para uma célula de produção.



Figura 2: 8 etapas do *Modelo Lean e Green* para uma célula de produção

Seguindo a idéia básica do modelo de *Kaizen*, que foca na criação de uma cultura de solução de problemas e o envolvimento das pessoas, a **Tabela 1** apresenta o detalhamento das etapas do *Modelo Lean e Green* para uma célula de produção.

Tabela 1: Descrição das etapas do *Modelo Lean e Green* para célula

Etapa	Envolvidos	Descrição das atividades da etapa
Etapa 1 Identificação da necessidade de melhoria	Especialistas ambientais e de Lean Gerentes e Diretores	Identificação de uma célula operacional que justifique a aplicação do Modelo Lean para Meio Ambiente: (1) apresente significativo uso de recursos naturais (fluxos de massa e energia) e, (2) apresente um nível de desempenho bom em Lean.
Etapas 2 e 3 Definição do Escopo do projeto		Identificação de partes interessadas, expectativas e medidas a serem realizadas. Em seminário com todos os envolvidos, alinhamento dos objetivos de melhoria.
Etapa 3 Coleta de dados para o estado atual	Especialistas ambientais e de Lean	Levantamento de dados para o estado atual na célula de produção escolhida.
Etapa 4 Mapeamento do Estado Atual para os principais fluxos de massa e energia da célula	Atividade realizada em times envolvendo todos os participantes	Mapeamento dos fluxos de massa e energia da célula de produção no estado atual – Aplicação de técnicas de mapeamento de processos.
Etapa 5 Identificação de oportunidades de melhoria		Através da aplicação de ferramentas de análise e solução de problemas e priorização de fluxos com o envolvimento de todos, identificação de oportunidades de melhoria ambiental para os fluxos de massa e energia que estão sendo estudados. Cálculo de melhorias. Realização de <i>Gemba</i> – Atividade com todos no chão de fábrica.
Etapa 6 Mapeamento do Estado Futuro para os principais fluxos de massa e energia da célula		Mapeamento dos fluxos de massa e energia da célula de produção no estado futuro, isto é, considerando a aplicação e implementação das melhorias identificadas – Aplicação de técnicas de mapeamento de processos.
Etapas 7 & 8 Desenvolvimento de um plano de ação e comunicação para implementação das melhorias	Times Gerentes Diretores	Criação de um plano de ação e um plano de comunicação para implementação das melhorias identificadas; Aprovação de ambos os planos com a participação de gerentes e diretores.

3.2 Aplicação do Modelo *Lean* e *Green* em células de produção de uma indústria automotiva

Modelo *Lean* e *Green* para células de produção foi aplicado em 7 células de produção de uma indústria produtora de autopeças durante o ano de 2011.

Seguindo as etapas do modelo apresentadas na **Tabela 1**, os 7 eventos *Kaizens* foram desenvolvidos com o envolvimento de cerca de 30 pessoas em cada um, incluindo operadores, lideranças, gerentes, especialistas ambientais, de *Lean*, de processo, qualidade, manutenção e utilidades. A **Tabela 2** apresenta as principais características das células estudadas.

Tabela 2: Características das 7 células em o Modelo *Lean* e *Green* foi aplicado

Células	Sh A	Tri A	FJ C	PF B	Ca A	PF A	AIR A
Data do Kaizen	fev/11	mar/11	jul/11	jul/11	jul/11	ago/11	ago/11
Natureza das Operações	Usinagem	Usinagem	Usinagem	Forjaria	Uninagem	Forjaria	Usinagem
Nível de desenvolvimento de Lean	+	+++	+	-	+	-	+
Estabilidade e Entrega	<90% +	90% +++	<90% +	>90% -	<90% +	>90% -	<90% +
Envolvimento dos funcionários	+	+++	+	+	+	+	+
Suporte das lideranças	+	+++	+	+	+	+	+
Conscientização Ambiental	+	+	+	+	+	+	+
Uso de recursos naturais	+	Medio/Baixo -	+	+++	+	+++	Medio/Baixo -
Custo anual dos fluxos de massa e energia (R\$ / ano)	R\$ 1.550.270,00	R\$ 801.565,00	R\$ 1.606.290,00	R\$ 2.827.911,00	R\$ 1.530.545,00	R\$ 5.508.704,00	R\$ 326.064,00
Maior custo ambiental da célula	Resíduos Metálicos 63%	Resíduos Metálicos 66%	Resíduos Metálicos 72%	Energia Elétrica 53%	Resíduos Metálicos 71%	Produtos Químicos- 40% Energia Elétrica - 38%	Energia Elétrica 62%

Cada evento *Kaizen* teve duração de após 6 horas. Durante os eventos, estas 30 pessoas foram divididas em times de trabalho de acordo com os principais fluxos de valor desta célula (energia, resíduos metálicos, produtos químicos, resíduos contaminados, efluentes e água). Cada time tinha como meta, através da utilização das ferramentas de *Lean*, a identificação de oportunidades de melhoria para estes fluxos estudados e com isso a formatação do estado futuro para os fluxos estudados e planos de ação para efetivação das melhorias identificadas.

Após 6 horas de *Kaizen*, o estado futuro identificado pelos times para os fluxos de massa e energia das células estudadas. A **Tabela 3** apresenta o detalhamento destes resultados.

Tabela 3: Resultado dos *Kaizens* e da implementação dos planos de ação após a aplicação do *Modelo Lean e Green* em células de produção

Células	Sh A	Tri A	FJ C	PF B	Ca A	PF A	AIR A
Redução Energia: (%)	2,8%	14,4%	10,3%	2,0%	11,0%	1,7%	4,7%
Redução Água: (%)	100%	28,2%	44,8% (concentrado fluorescente e óleos)	1,1%	NA	72,2%	NA
Redução Produtos Químicos(%)	29,2%	86,4%		49%	60%	7,0%	76,1%
Redução Efluentes(%)	100%	28,2%		1,1%	NA	72,2%	0%
Redução Resíduos Metálicos: (%)	20,1%	19,1%	1,5%	27,7%	1,2%	14,3%	0%
Redução Resíduos contaminados : (%)	55,2%	NA	50,0%	NA	50,0%	NA	50,0%
Redução média proposta pelo Kaizen: (%)	50%	40%	27%	17%	31%	34%	34%
% do plano de ação que já foi implementado	68%	86%	40%	31%	60%	31%	23%
Redução atual de custos (R\$/ano)	R\$ 54.792,27	R\$ 111.273,67	R\$ 24.383,72	R\$ 90.124,76	R\$ 19.348,10	R\$ 18.066,08	R\$ 2.550,08
% de redução geral fluxos de massa e energia da célula	4%	14%	2%	3%	1%	0%	1%

4. CONCLUSÃO

Sustentabilidade significa “atender as necessidades das gerações atuais sem comprometer as futuras gerações de satisfazerem suas necessidades”. O *Lean* visa, sobretudo, a otimização no uso de recursos. A utilização de recursos de forma mais inteligente garantirá não só o atendimento das necessidades das gerações atuais, mas também que as gerações futuras possam dispor dos mesmos recursos. Desta forma podemos dizer que as práticas de sustentabilidade ambiental são uma extensão natural da filosofia *Lean*. Desenvolvendo a filosofia *Lean* estaremos garantindo a sustentabilidade.

O presente artigo, com a aplicação do *Modelo Lean e Green* em células produtivas em uma indústria de componentes automotivos, apresentou um exemplo de como o uso da filosofia *Lean* através do *Kaizen* é uma estratégia eficaz para o estabelecimento de um negócio sustentável. A **Figura 3** apresenta alguns dos resultados obtidos com a aplicação do modelo através do desenvolvimento de 7 *Kaizens*.



Figura 3: Alguns dos resultados obtidos com a aplicação do Modelo Lean e Green em células de produção

Dessa forma, a aplicação do *Modelo Lean e Green* para células de produção foi considerado positivo. Entre os resultados encontrados podemos destacar:

(1) Confirmação de todos os pré-requisitos do Modelo *Lean e Green*: (a) O nível de desempenho de lean é crítico para a aplicação do modelo; (b) A estabilidade operacional é um requisito básico; (c) O suporte da liderança é fundamental durante os desenvolvimento das 8 etapas do modelo; (d) Para ter sucesso é necessário o envolvimento de funcionários e líderes; (e) A conscientização ambiental e uso o intensivo de recursos são tópicos importantes para saber onde começar;

(2) *Lean e Green* é uma boa estratégia de prevenção da poluição: com a possibilidade de promover a redução de 10% no consumo de energia e de 30 a 50% no consumo de materiais e geração de resíduos;

(3) *Lean e Green* pode ser utilizado com uma estratégia de redução de custos: com a possibilidade de reduzir cerca de 5 a 10% o custo operacional de uma célula de produção.

Sustentabilidade, assim como a filosofia Lean, busca a melhoria da *performance* financeira. Ambos enfatizam a eliminação de resíduos ou perdas. Conforme pode ser observado, há inúmeras oportunidades para redução de custos e eliminação do uso desnecessário de recursos quando aplicamos o *Modelo Lean e Green* no chão de fábrica.

Esta experiência demonstra que o exercício desenvolvido em 7 células células, combinando idéias de operadores, líderes e especialistas, usando ferramentas *Lean* para identificação de perdas promoveu significativamente a melhoria dos custos, com ganhos são superiores a R\$ 600.000,00. Se expandidos para as demais 64 células de produção que só a esta unidade possui em seu parque fabril, os ganhos são impressionantes.

Em um mundo de incertezas e constantes mudanças quanto à economia e ao ambiente, o *Modelo Lean e Green* é uma forma inovadora para verdadeiramente alcançar a sustentabilidade ambiental do negócio.

5. REFERÊNCIAS

1. ALBERTIN, M. (1995) *Gestão da Qualidade Aplicada ao Meio Ambiente – O Desafio da Adaptação Empresarial*, PUC.
2. ALMEIDA, F. (2010) *Os desafios da sustentabilidade: Uma ruptura urgente*, CEBDS.
3. BERGER, A., Continuous improvement and kaizen: standardization and organizational designs, *Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 8 No.2, (1997).
4. BICHENO, J. (2004) *The new Lean Toolbox – Towards Fast, Flexible Flow*, PICSIE Books.
5. BRYMAN, A, BELL, E. (2007) *Business Research Methods*, Oxford
6. CATEN, C., RIBEIRO, J., FOGLIATTO, F. (1998) *Desenvolvimento de Métodos de Pesquisa* PPGEP-UFRGS.
7. CARSON, R. (1962) *Silent Spring*, Houghtin Mifflin.
8. CORBETT, C., PAN, J., Evaluating environmental performance using statistical process control techniques, *European Journal of Operational Research*, Vol. 139, 2002.
9. DARNALLA, N., HENRIQUEST, I., SADORSKYB, P., Do environmental management systems improve business performance in an international setting? *Journal of International Management*, Vol 14, (2008).
10. EPA, *The Lean and Environment Toolkit*, (2007) (www.epa.gov/Lean).
11. FROHMAN, A. Putting Technology into Strategy. *Journal of Business Strategy*. Vol. 5 (4), (1985).
12. GEORGE, M. (2003) *Lean Six Sigma for Services*, McGraw-Hill,
13. GIL, A. (2009) *Estudo de Caso*, Atlas.
14. GIL, A. (2010) *Como elaborar projetos de pesquisa*, Atlas.
15. GIL., A (2009) *Métodos e técnicas de pesquisa social*, Atlas
16. GORDON, P. (2001) *Lean & Green – Profit for your workplace and environment*, BK Publishers.
17. GUSTASHAW, D., & HALL, R. W., From Lean to Green: Interface, Inc. *Association for Manufacturing Excellence's Target Magazine*, 24(5). (2008).
18. HALL, R. (2010) *Compression – Meeting the challenges of sustainability through vigorous learning enterprises*, CPC Press.
19. HANSEN, P. (1999) *Gerenciamento e Processos de Indicadores de Desempenho – Engenharia da Produção*, PPGEP-UFRGS.
20. HAWKEN, P., LOVINS, A., LOVINS, H., (2001) *Natural Capitalism: Creating the new industrial revolution*, Little, Brown and Company.
21. HINES, P., SAMUEL, D. (2004) *The Development of Supply Chain Relationship: A multi-Lens Approach*, Lean Enterprise Research Institute, Cardiff University.
22. HINES, P., JENKINS, A. (2009) *Sustaining Discontinuous Improvement*, a chapter in *Living the Lean Toolbox*, Picsie Books.
23. HINO, S. (2009) *O Pensamento Toyota*, Bookman
24. ISO 14001:2004. *Environmental Management: Environmental Performance Evaluation – Guidelines*, Switzerland: ISO, (2004).
25. JASCH, C. Environmental Performance Evaluation and Indicators. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 8, (2000).
26. KIM, J. The measurement of corporate environmental performance and its application to analysis of efficiency in oil industry. *Journal of Cleaner Production* .Vol. 9 (6), (2001).

27. KING, A. A., & LENOX, M. J., Lean and Green? An empirical examination of the relationship between lean production and environmental performance. *Production and Operations Management*, 10(3), (2001).
28. KOTLER, P. (1998) *Marketing*, Atlas.
29. KUMAR, R. (2005) *Research Methodology*, Sage.
30. LANGEBWALTER, G. (2001) *Green Manufacturing*, Association for Manufacturing Excellence.
31. MAZUR, L., MILES, L., (2010) *Conversas com os mestres da sustentabilidade*, Gente.
32. MEADOWS, D. H., MEADOWS, D. L., RANDERS, J., & BEHRENS, W. W. (1972) *The Limits to Growth*, Universe.
33. NAWROCKA, D., PARKERA, T., Finding the connection: Environmental management systems and environmental performance. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 17, (2009).
34. O'REILLY, M., GELBER, M., WATHEY, D. ISO 14031: Effective Mechanism to Environmental Performance Evaluation. *Corporate Environmental Strategy. International Journal of Corporate Sustainability*. Vol. 7 (3), (2000).
35. OHNO, T., (1988) *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*, Productivity Press.
36. OLIVEIRA, F. (1999) *Implantação e Prática da Gestão Ambiental – Discussão e Estudo de Caso*, PPGEP-UFRGS.
37. ROBERT, K.-H., (2002) *The Natural Step story. Seeking a quiet revolution*, New Society Publishers.
38. RONDINELLIA, D., VASTAGB, G., Panacea, common sense, or just a label: The value of ISO 14001 environmental management systems. *European Management Journal*, Vol. 18, (2000).
39. ROTHER, M., SHOOK, J., (2003) *Learning to See*, Lean Enterprise Institute.
40. SAVELY, S., CARSONA, A., DECLOSA, G., An environmental management system implementation model for U.S. colleges and universities. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 15, (2007).
41. SENGE, P., SMITH, B., KRUSCHWITZ, N., LAUR, J., SCHLEY, S., (2008) *The necessary revolution – How individuals and organizations are working together to create a sustainable world*, Doubleday.
42. TIMBOR, T. & FELDMAN, I. (1996) *ISO 14001 – Um Guia para as Novas Normas de Gestão Ambiental, Futura*.
43. WOMACK, J., JONES, D., (1998) *Lean Thinking*, Free Press.
44. WOMACK, J., JONES, D., ROSS, D., (1991) *The Machine that changed the world: The Story of Lean Production*, Harper Perennial.
45. ZOKAEI, K., & HINES, P., Achieving consumer focus in supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 37(3), (2007).
46. ZOKAEI, K., Lean & Green research, *Lean Management Journal*, 2, (2010)
47. WCED, 1987