

## LEAN NO DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS - ESTUDO DE CASOS MÚLTIPLOS

ALVAIR SILVEIRA TORRES JUNIOR

Professor Doutor na Faculdade de Administração, Economia e C. Contábeis da Universidade de São Paulo  
São Paulo, Brasil  
alvair@usp.br

### RESUMO

A difusão do modelo de produção enxuta (lean production) tem levado pesquisadores e profissionais a estender seus princípios para toda organização, incluindo mais recentemente a área de desenvolvimento de produtos e processos, naquilo que se reconhece internacionalmente como práticas de LPPD (Lean Product and Process Development). O artigo promove inicialmente uma visão das últimas pesquisas sobre o tema, constatando dois grupos de teóricos: de um lado aqueles que consideram as práticas do LPPD como constituintes de um sistema mais abrangente, visando modelar todas as atividades de engenharia a partir de novos pressupostos migrados da experiência da Toyota em seu desenvolvimento de produtos e, de outro, aqueles que as enxergam como iniciativas complementares, somadas às práticas tradicionais, objetivando tão somente a melhoria contínua dos processos de rotina no desenvolvimento de produtos. Em seguida, através do método de estudo de casos múltiplos, o artigo apresenta pesquisa realizada em cinco empresas brasileiras, líderes em seus setores - aeronáutica, energia, aço, petróleo, fundição - sobre aplicação dos princípios do LPPD em suas áreas de Desenvolvimento de Produtos (DP). Os dados coletados apontam para diferenças de aplicação que acompanham as duas abordagens encontradas na literatura e conclui pela proposição de uma estratégia de implantação em fases, iniciando-se como melhoria contínua no desenvolvimento de produtos, e posteriormente, havendo alinhamento com os propósitos da organização, evoluir na difusão interna até romper com o modelo tradicional e alcançar o modelo lean completo e total no DP.

**Palavras chave:** *lean development, lean product, desenvolvimento de produtos, inovação, gestão de produtos*

### 1. INTRODUÇÃO

Nos anos 90 o sucesso da Toyota no desenvolvimento de suas plataformas de automóveis com qualidade acima da média e lançamentos rápidos e confiáveis, despertou o interesse de pesquisadores como Ward (1995), Morgan e Liker (2006) e Sobek e Ward (2013). Os autores revelaram um modelo de desenvolvimento focado na criação contínua de fluxos de valor rentável na Toyota, focado na eliminação de desperdícios nas rotinas de desenvolvimento, assim considerado atividades e recursos que não gerassem valor ao projeto, e também o uso de estratégias de antecipação dos problemas com vistas a lançamentos robustos e confiáveis. Uma tarefa dupla que inovava sobre modelos de controle tradicionais com conceito de *gates*, revisões e avaliações de inspiração burocrática. Todavia o modelo *toyotista* no desenvolvimento de produtos e processos não alcançou a mesma difusão que seu congênere na manufatura (WOMACK e JONES, 1996), e só mais recentemente nos últimos dez anos tem voltado o

interesse de pesquisadores e profissionais diante dos desafios crescentes da inovação nos mercados, constituindo-se um conjunto de investigações sobre o tema que em grande parte se identificam sob o acrônimo LPPD – Lean Product and Process Development ( KHAN et al., 2013). O problema básico é como estender os conceitos e práticas identificadas nos pioneiros trabalhos que investigaram o modelo de desenvolvimento da Toyota para outras organizações. Como entender esse modelo? Haveria um roteiro para sua implementação? Sua difusão caberia em quaisquer circunstâncias de negócios?

Trata-se de questionamentos que emergem e se intensificam desde o trabalho de Ward e colaboradores (1995) quando se objetivou entender a então surpreendente rapidez e confiabilidade nos lançamentos de produtos da Toyota. Naquele artigo, denominado “The Second Toyota Paradox“, os autores propunham desvelar a intrigante pergunta de como o desenvolvimento de produtos da Toyota usando mais pesquisas de alternativas, maior número de testes e protótipos, e postergando ao limite a decisão sobre o projeto final, conseguia lançar mais rapidamente carros relativamente baratos de qualidade superior à concorrência. Era o aparente paradoxo cuja resposta foi sendo obtida com mais precisão no decorrer dos anos a partir das pesquisas sobre LPPD.

De fato, foi uma decorrência do que acontecia com a manufatura *toyotista*, entendida, sistematizada e ampliada naquilo que hoje conhecemos como *lean production system*, comprovadamente com casos de sucesso no gerenciamento de operações, para que a extensão da experiência *lean* também fosse pensada na gestão e desenvolvimento dos produtos. Empresas que devem sua existência e competitividade aos produtos precisam não só de operações enxutas, como também desenvolvimento eficiente, veloz, com qualidade e confiáveis. Por sua vez, produtos estabelecem interfaces com várias dimensões da organização. Impactam desempenhos críticos em vendas, custos, manufatura e reputação da empresa. No interior dessa complexidade organizacional, *lean* aplicado ao desenvolvimento de produtos manifestou-se em dois sentidos. Primeiro focando o fluxo de desenvolvimento em si para dotá-lo das dimensões de qualidade, fluidez e redução de *lead-time* das atividades. Segundo, e imbricado com o primeiro, dotá-lo também de novos pressupostos e processos visando a geração de alternativas que garantam o máximo de criação de valor para o cliente, lançamentos livres de problemas e designs mais simples para manufatura. Espera-se com ambas direções alcançar resultados semelhantes ao da Toyota. Aumentar faturamento através da maior atratividade das soluções de produto oferecidas, ao mesmo tempo em que se diminui o esforço para produzi-las. Nas áreas de desenvolvimento tal esse conjunto de ações são objeto do LPPD, visando dotar o fluxo de trabalho com nova forma de pensar sua organização.

A trajetória de pesquisadores e praticantes no objetivo de construir esse modelo de LPPD - independentemente do tipo de produto - era o reconhecimento da importância estratégica de levar os benefícios do *lean*, reconhecido na manufatura, às origens da criação de valor nos projetos e desenhos de produtos. Os ciclos de vida são cada vez mais curtos e as exigências nas atividades de desenvolvimento têm aumentado dramaticamente nas últimas décadas. A competição através da capacidade de projetar e lançamento de novos produtos é um dos fatores críticos de sucesso para as organizações.

No Brasil, através de empresas inseridas na competição do mercado internacional surgiu a oportunidade de investigar a adoção desse modelo LPPD em suas áreas de desenvolvimento. Em

2014 cinco empresas foram reunidas por uma consultoria internacional especializada em *lean production system* e que propunha a implantação do modelo LPPD com referência nos trabalhos de Sobek e Ward (2013) e Morgan e Liker (2006). O pesquisador foi convidado e acompanhou as atividades, antes, durante e após a finalização do projeto. O grupo com gestores representantes das empresas foi denominado Grupo de Aprendizado e Aplicação do LPPD e foi constituído por organizações que já desenvolviam ações de implantação do *lean* na manufatura, reconhecendo os benefícios do modelo. O elemento motivador e aglutinador no grupo era a expectativa de experimentar benefícios semelhantes e ou maiores na área de desenvolvimento. Além do apoio dos consultores a estratégia envolvia trocar experiências, discutir os obstáculos e sucessos em reuniões abertas a todos participantes. O projeto estendeu-se até o final de 2015.

O presente artigo investiga a implantação do LPPD nessas cinco empresas a partir do método de estudo de caso múltiplo. Foram realizadas visitas e entrevistas com os participantes do grupo de aplicação, envolvendo observações diretas em etapas regulares que foram ajustadas com a consultoria e as empresas. As observações foram trianguladas com o protocolo desenvolvido a partir da fundamentação teórica e com as entrevistas. Como resultado, discutimos as diferenças registradas nos níveis de aprofundamento das práticas e conceitos, e à guisa de conclusão propomos uma abordagem de implantação por difusão gradual, estruturada em etapas alinhadas ao propósito estratégico da empresa.

## **2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

Embora o trabalho pioneiro de Womack et al. (1990) tenha permitido assumir que o desenvolvimento do produto na Toyota era diferente do tradicional, apenas ao longo do tempo os pesquisadores procuraram entender suas implicações na indústria automotiva, estimulados por pesquisas que buscavam novas fronteiras para o desenvolvimento em ambientes cada vez mais com desafios de projetos múltiplos e complexos (CLARK e FUJIMOTO, 1991). Afinal, Cooper e Kleinschmidt (1986) já assinalavam que o sucesso do novo produto/processo está intimamente ligado às etapas do processo de desenvolvimento, à forma pela qual se complementam e como são executadas. Era uma constatação diante das deficiências do Desenvolvimento de Produtos (DP) como função nas empresas. Embora dotadas de conceitos burocráticos de estruturação como toda organização, o DP apresentava-se àqueles autores, e ainda o faz na atualidade (MORGAN e LIKER, 2006; SOBEK e WARD, 2013), com problemas na omissão de atividades críticas ou mal conduzidas.

Diante dos problemas constatados nas rotinas do DP o exame da literatura sobre a adoção do LPPD se agrupou em duas linhas: de um lado aqueles que consideram as práticas do LPPD como constituintes de um sistema mais abrangente, visando modelar todas as atividades de engenharia a partir de novos pressupostos migrados da experiência da Toyota no desenvolvimento de produtos e, de outro, aqueles que as enxergam como iniciativas complementares, somadas às práticas tradicionais, objetivando tão somente a melhoria contínua dos seus processos de rotina.

### **2.1 Melhoria Contínua no Desenvolvimento de Produtos**

Um conjunto de problemas apontados por diversos autores identificam disfunções nas práticas do DP. Segundo Kennedy (2003), há vários aspectos a serem melhorados quando comparado com a empresa Toyota: valor agregado ao consumidor final relativamente menor, reduzida transferência de conhecimento entre projetos, variabilidade alta no desempenho comparativo entre os projetos,

atrasos e perdas de conhecimento com a mobilidade de especialistas.

As disfunções teriam sua origem não no modelo propriamente dito, mas em fatores específicos que precisariam ser melhorados. Brown e Eisenhart (1995), por exemplo, listam alguns fatores essenciais no processo de desenvolvimento do produto: comunicação, solução de problemas e administração apropriada da rotina. Olson *et al.* (2001) identificam que a comunicação e cooperação entre as áreas são fundamentais para o sucesso dos processos de DP, envolvendo P&D, Marketing e Manufatura. Logo, parte das disfunções estaria vinculada à especialização funcional e suas barreiras de linguagem, conflito de metas, diferenças de priorização de projeto, variações de reconhecimento e incentivo entre departamentos, gerando conflitos entre os participantes dos times multidisciplinares.

A partir dessa perspectiva de disfunções localizadas, a revelação das experiências da Toyota por parte de autores de modelo *lean* foi interpretada como procedimentos que poderiam sanar estas dificuldades, sem alterar as bases de pressupostos do pensamento linear de controles, *stage-gates* e *gatekeepers*, dentre outros mecanismos da tradição burocrática, funcional e verticalizada das organizações projetadas sobre as atividades de DP. Liker (2004), por exemplo, descreve a Toyota como organização de aprendizagem que envolve e desafia as pessoas na utilização da criatividade e iniciativa, visando melhoria contínua na solução de problemas e na revisão dos processos para eliminação de desperdícios. A participação de funcionários de todos os níveis é estimulada nesses grupos de melhoria, os chamados *kaizens*. Essa descrição de Liker e outras similares empreendidas por pesquisadores do *lean*, acabou sendo entendida, por uma parte dos autores e profissionais de DP, como a possibilidade de levar para suas áreas os elementos *lean* que melhor funcionariam na comunicação, relacionamento e solução de problemas, auxiliando na correção de suas deficiências pontuais.

Ilustrando esse movimento por melhoria contínua, Cooper (2009) descreve como o sistema *stage-gate* introduzido em meados da década de 1980 e auxiliou muitas empresas a impulsionar novos produtos para o mercado, sofreu ajustes para se tornar mais flexível e adaptável, seja pela construção de uma melhor governança, seja pela maior integração com a gestão de carteiras. Em última análise, frisa Cooper (2009), tais iniciativas buscavam um sistema mais rápido, focado e ágil para dar conta do ritmo rápido de inovação na atualidade.

Empresas passam a utilizar a ferramenta de mapeamento do fluxo de valor para identificar as disfunções vistas como desperdícios na linguagem dos praticantes *lean* (TYAGI *et al.*, 2015; SALGADO *et al.*, 2009). O objetivo principal é conseguir identificar oportunidades de melhoria nos processos de rotina que possibilitem a redução do *lead-time* de desenvolvimento, uma vez que o *time-to-market* é fundamental na competição pelos mercados.

A utilização de times multidisciplinares no processo de DP não é algo novo. Tem sido uma prática nas empresas apontadas por Henke *et al.* (1993) com as seguintes vantagens: (i) cruzam as linhas hierárquicas; (ii) descentralizam o processo decisório; (iii) reduzem o fluxo ascendente de informações desnecessárias e (iv) melhoram a qualidade de decisão dos indivíduos. Na esteira dessa solução das disfunções do DP através de equipes multifuncionais é que podemos entender a apropriação da ferramenta *kaizen* desempenhada por times na busca da melhoria contínua dos processos de desenvolvimento. Sandoval-Arzaga e Suárez-Barraza (2010) demonstram a utilização de times *kaizen* formados por especialistas para a solução de problemas dos projetos de

produto e na busca pela simplificação dos processos.

Na prática, essa corrente de trabalhos sobre utilizar os conceitos e práticas *lean* de forma localizada na melhoria de deficiências do modelo tradicional, acaba ignorando o funcionamento do modelo *lean* como um todo, não considerando a reestruturação dos pressupostos tradicionais da empresa. Dado colhido por Ward et al. (1995) ilustra essa diferença de abordagem. O autor destaca o caso da Toyota não utilizar times dedicados e co-localizados, ao contrário, faziam uso de estruturas tradicionais e matriciais. Alguns engenheiros foram observados permanecendo durante todo o projeto juntos e, outros, apenas nas fases críticas (por exemplo: protótipos), coordenados por um engenheiro-chefe experiente com a função de prevenir que os profissionais tomassem decisões sem evidências. Nessa breve constatação, à época em que Ward visitou a área de DP da Toyota, vislumbra-se que não é só a adoção de times multifuncionais que fazem a diferença, mas sua utilização, ou de qualquer outra unidade organizacional, com novos pressupostos. Vejamos essa abordagem mais ampla.

## **2.2 Lean como novo modelo no Desenvolvimento de Produtos**

Nessa segunda perspectiva os autores se referem ao conceito de pensamento enxuto (*lean thinking*) para reforçar a alteração do pressuposto no sentido de materializar o conceito de maximizar valor para o cliente nos produtos e nos processos para obtê-los. Na Europa, no início desta década, surge o projecto LeanPPD, apoiado pela Comissão Europeia. Um grupo de profissionais e pesquisadores analisou diferentes abordagens seguidas como modelo LPPD (Khan et al., 2011; Khan, 2012). Ao final estabeleceram um modelo que apresenta a estratégia de desenvolvimento SBCE como central. SBCE (Set Based Concurrent Engineering) pode ser definido como um processo onde conjuntos de soluções para diferentes subconjuntos e componentes são desenvolvidos em paralelo. À medida que o projeto progride, as equipes de projeto eliminam gradualmente seus respectivos conjuntos de soluções com base no conhecimento adquirido através de simulações, prototipagem e testes. O SBCE, ainda segundo esse modelo LPPD, é suportado por quatro capacitadores, assim chamados e que podem ser vistos segundo nossa análise como pressupostos de organização ou pensamento da ação: engenheiro chefe como um empreendedor e representante do cliente no projeto, foco sobre valor para o cliente, ambiente de desenvolvimento baseado em conhecimento profundo sobre o que está sendo feito e de como será utilizado pelo cliente e melhoria contínua dos processos.

A pesquisa de Khan et al. (2011) coletou, categorizou e descreveu os princípios da SBCE que mais tarde foram usados como base para o desenvolvimento da visão de atividade do modelo europeu LPPD. Este modelo foi aplicado em um estudo de caso aeroespacial por Al-Ashaab et al. (2013).

Ward *et al.* (1995) foi pioneiro na descrição do SBCE utilizado na Toyota tendo sido referência para os trabalhos de Khan (2012). Em trabalhos posteriores de Sobek (SOBEK e WARD, 2013) demonstra-se que no SBCE a definição da especificação final é deixada para o término da fase de desenho. No início trabalha-se com faixas de especificação, disputadas pelas diversas alternativas que concorrem entre si, congelando inicialmente somente as especificações mais críticas e as demais somente na medida em que evoluem os protótipos. Essa prática diminui o número de mudanças no projeto junto ao fornecedor, podendo-se, dessa forma, trabalhar sempre com ele para melhoria contínua de qualidade e custo. Segundo esses autores a participação dos fornecedores envolve apenas aqueles altamente qualificados.

Em relação aos participantes do processo, Sobek e Ward (2013) relatam que no LPPD se faz utilização de rotação de função entre os engenheiros a fim de obter maiores habilidades. Na Toyota, por exemplo, o engenheiro-chefe deve ter larga experiência na manufatura. Além dos engenheiros de desenvolvimento, outros funcionários outra posição na empresa podem participar do processo, ajudando engenheiros e projetistas no desenvolvimento, trazendo as considerações da linha de produção ou, distribuição, logística e consumo ao projeto.

Khan et al. (2013) promoveu uma investigação na área de engenharia de cinco empresas na Europa visando identificar práticas implementadas de LPPD através de observação, análise de documentos e entrevistas. Algumas práticas foram aplicadas informalmente, enquanto poucos foram formalmente implementados, e nenhum modelo consistente foi encontrado para articular as práticas e pressupostos em um todo coerente.

Apesar de haver um modelo formalmente construído para o LPPD a partir das pesquisas de Ward, Morgan e seus discípulos, este não se reproduziu integralmente nas aplicações ocidentais. Como consequência, Sopolana et al. (2012) investigam modelo de maturidade e ferramenta de avaliação chamado SMART desenvolvido como parte de um Lean Transformation Toolkit dentro do projeto LPPD Europeu, financiado pela Comissão Europeia (NMP-2008-214090). Este Modelo de Maturidade e ferramenta de avaliação tem três objetivos principais: 1) permitir que as empresas entendam quais são as principais práticas enxutas que são necessárias para alcançar um processo de desenvolvimento de produtos lean e as quatro perspectivas em que essas práticas são agrupadas; 2) Os níveis de maturidade atuais e desejados das empresas, a fim de desenvolver um plano de ação para a melhoria contínua e 3) obter de forma simples e automática os resultados da avaliação destacando as principais áreas de oportunidade. Os autores demonstram e descrevem os resultados de aplicação dessa ferramenta de avaliação em cinco empresas na Espanha e resumem os resultados evidenciando dificuldades na adesão e assimilação das melhores práticas do LPPD pelas empresas.

Haque, B., & James-Moore, M. (2004). Em artigo anterior já apresentavam as dificuldades na apreensão do modelo *lean* como um todo. Muito embora a estruturação do modelo ainda estivesse no início dos debates, os autores já identificavam as resistências em superar pressupostos enraizados na forma de pensar linear e funcional. O trabalho apresentado foi desenvolvido pela Sociedade Britânica de Empresas Aeroespaciais no âmbito do projeto UK Lean Aerospace Initiative, envolvendo 40 empresas aeroespaciais de todos os tamanhos do Reino Unido. Dois estudos de caso da indústria também são apresentados para demonstrar aspectos de aplicação Lean, em particular no design e desenvolvimento de produtos. Ao final, os autores identificam a aplicação no nível de reprodução de ferramentas e discutem os ajustes necessários para inculcar verdadeiramente a noção de valor para o cliente nos projetos. emandas de NPI eficazes e eficientes.

Apesar dos esforços de pesquisa e difusão dessa segunda perspectiva do *lean* como um novo modelo de desenvolvimento integral, investigações ainda precisam ser realizadas para subsidiar sua adoção completa. As ferramentas descritas e praticadas isoladamente ou em pequenos pacotes ainda dominam as aplicações, sobretudo porque algumas delas têm sido relatadas como ferramentas específicas para esse ambiente lean (RADEKA, 2013). Em especial ferramentas para trabalhar em pequenos grupos e com a gestão visual abrem caminho para usar práticas como SCRUM, em que os grupos de trabalho definem tarefas para um curto intervalo de atividades - 1

a 2 semanas - e acompanham as tarefas visualmente, discutindo os avanços do grupo e impedimentos. A idéia é trabalhar com ciclos de aprendizagem curtos (MASCITELLI, 2011).

Todavia, tais ênfases em ferramentas acabam direcionando a aplicação para a temática da melhoria contínua no desenvolvimento de produtos com suas limitações de abrangência já discutidas no tópico anterior. Neste sentido, seriam essas dificuldades de se realizar a mudança segundo a perspectiva completa do modelo *lean*, maiores, menores ou de mesmo grau na realidade brasileira. Para contribuir na resposta realizamos a pesquisa a seguir descrita.

### 3. METODOLOGIA

O presente artigo investiga a implantação do LPPD em cinco empresas com área de desenvolvimento de produtos no Brasil, através do método de estudo de caso múltiplo. Trata-se de empresas líderes no seu mercado, não concorrentes entre si, e que aqui serão designadas pela denominação geral de sua área de atuação principal no mercado internacional: AERONAÚTICA, ENERGIA, PETRÓLEO, FUNDIÇÃO, AÇOS. O pesquisador foi convidado e acompanhou as atividades de implantação do modelo LPPD, antes, durante e após a finalização do projeto. O grupo com gestores representantes das empresas foi denominado Grupo de Aprendizado e Aplicação do LPPD e foi constituído por organizações que já desenvolviam ações de implantação do *lean* na manufatura. A implementação era objetivo das empresas as quais foram prospectadas e orientadas por consultoria internacional em *lean* com representação no Brasil. As empresas tinham como expectativa experimentar benefícios semelhantes ao vivenciado com *lean production* em suas áreas produtivas e, agora, buscavam estender para as áreas de desenvolvimento. Além do apoio dos consultores a estratégia de ação envolvia trocar experiências, discutir os obstáculos e sucessos em reuniões abertas a todos participantes. O projeto estendeu-se de março de 2014 até outubro de 2015.

Yin (2003) afirma que os estudos de caso podem envolver casos únicos, casos múltiplos e diferentes níveis de análise. Dependendo do seu número, os estudos podem ser casos individuais ou casos múltiplos. De acordo com o nível de análise, estes casos podem ser de tipo incorporado - quando se consideram subunidades de análise - ou holísticos, quando o estudo apenas examina a unidade analisada de forma global. Esta pesquisa múltipla, com 5 unidades representadas pelas áreas de desenvolvimento de produtos de 5 empresas, desenvolveu-se com abordagem holística porque o caso é constituído de investigação na unidade como um todo, sem subdivisões de análise.

Hair et al. (2005) argumenta que o estudo de caso é uma pesquisa qualitativa freqüentemente utilizada quando o pesquisador procura respostas para questões de "como" e "por que" certos fenômenos são susceptíveis de acontecer. Nossa pesquisa se centra nestas perguntas a respeito da implantação de um modelo *lean* no DP ainda com relatos de adoção incompleta.

Ainda de acordo com Hair et al (2005) a pesquisa exploratória é útil quando o responsável pelas decisões tem poucas informações. Quando bem conduzida, abre uma janela para percepções e comportamentos, auxiliando na identificação das práticas inovadoras de produção e administração.

Portanto, esta pesquisa é um estudo de caso múltiplo, com natureza qualitativa e exploratória, que

tem como objetivo dar uma visão geral do fenômeno pesquisado. Inclui a comparação de práticas *lean* no processo de desenvolvimento de produto de cinco empresas multinacionais no Brasil e como pode ser entendida estruturada essa aplicação.

Foram coletados dados através de entrevistas não-estruturadas com os participantes do Grupo de Aplicação, incluindo dois consultores. As entrevistas foram sendo agendadas na medida em que o projeto de implantação evoluía e as visitas efetuadas nas empresas demonstravam a necessidade de esclarecimentos das mudanças efetuadas nos processos de desenvolvimento. As visitas tinham uma regularidade bimestral em cada empresa e eram efetuadas acompanhando os consultores. A estrutura de aprendizagem e aplicação conduzida pela consultoria com o grupo seguiu a aplicação resumida dos capítulos do livro de Sobek e Ward (2013) e que serviram como protocolo para a observação e coleta de dados deste estudo de caso.

As etapas de implantação e observação com as entrevistas foram então assim estabelecidas:

- 1) estabelecer o propósito da mudança com o Modelo LPPD;
- 2) Identificar o estado atual do DP e seus desperdícios de valor;
- 3) Projetar o estado futuro com ferramentas do LPPD: protótipos, conexões claras, front-loading;
- 4) Implantar a geração de alternativas de produto com SBCE;
- 5) Liderança (SHUSA) e times empreendedores acompanhando com gestão visual as mudanças em ciclos de PDCA até atingir o propósito.

O pesquisador não interferiu nas ações. O comportamento nas observações durante as visitas era de solicitar esclarecimentos de algumas medidas e discussões empreendidas entre os participantes e posteriormente realizar entrevistas individuais que possibilitassem uma triangulação entre o que estava sendo observado, as impressões dos entrevistados e o protocolo de observação com base nas orientações da consultoria. As entrevistas foram realizadas com 3 funcionários de cada empresa, participantes do grupo, 1 gerente da área de desenvolvimento e 2 engenheiros especialistas no produto.

#### **4. DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE**

Com base no protocolo de observação estabelecido a partir das etapas de implantação, orientadas pela consultoria e descritos na seção **METODOLOGIA**, foram coletados dados em cada empresa, os quais são aqui resumidos ao lado da análise comparativa de como elas se manifestaram em cada circunstância.

##### **4.1. Propósito da mudança com o Modelo LPPD**

Embora todas as empresas tivessem ingressado no Grupo com clareza da necessidade de melhorar o desempenho da área de desenvolvimento de produtos, por sua vez alinhado com perspectivas estratégicas do negócio, a amplitude natural das necessidades quando se começa a mudança exige que se estabeleça o primeiro foco da implantação.

Ao formular as primeiras perguntas “Onde aplicar o processo de desenvolvimento lean ? Por que?” Os participantes foram estimulados a encontrar as respostas no interior dos fluxos de trabalho, nas lacunas entre planejado e real, nos impactos estratégicos sobre o negócio.

De um lado empresas que precisavam desenvolver seus projetos de meios de produção para



fabricar os produtos finais, tais como a FUNDIÇÃO que desenvolve os modelos e macharias de fundição para industrializar as peças fundidas de seus clientes automotivos ou a ENERGIA que projeta e constrói ferramentais gigantescos para fabricar suas pás de rotores. Ambos envoltos em um ambiente de incertezas das modificações de produto ao longo do desenvolvimento tendo como resultado orçamentos reais com mais de 50% além do planejado. Tais empresas são aquelas cujos gerentes entrevistados destacaram a aplicação do *lean* como de forte impacto para o desenvolvimento do produto intermediário como um meio para obter produtos finais em negócios B2B. O modelo, o macho de areia, o dispositivo, enfim, são produtos-meio para obter o produto-fim, blocos de motor ou pás eólicas. Ali residiam fortes lacunas, ali iriam aplicar o conceito de desenvolvimento *lean*.

Por outro lado, gerentes e engenheiros de outras empresas destacaram a prioridade de aplicação nos fluxos de desenvolvimento dos produtos finais. Cada um em segmento específico em função do impacto esperado. A AERONÁUTICA na continuidade da construção de um modelo de desenvolvimento *lean* com objetivos de simplificação de seus projetos, através da aplicação do Lean Design e a ferramenta SBCE na geração de alternativas e comparação de protótipos visando um menor número de componentes para executar a mesma função. A AÇOS em como inserir a inovação estimulada por programa interno em seus fluxos de desenvolvimento, sem gerar conflitos ou demoras, ao mesmo tempo em que as inovações possam potencializar os resultados. A PETRÓLEO inserida em um mercado de equipamentos para extração de óleo e gás com longos *lead-times* esperava alcançar um acompanhamento preciso do desenvolvimento para detectar problemas mais cedo e garantir a industrialização nos prazos e custos estabelecidos.

#### **4.2. Identificar o estado atual do DP e seus desperdícios de valor**

Com o propósito da aplicação alinhada ao propósito do negócio as empresas passaram ao diagnóstico do estado atual dos processos que dão sustentação ao fluxo de desenvolvimento em questão. De forma visual o macro-fluxo de desenvolvimento de cada empresa foi desenhado para se observar as interações, conexões e localização do propósito de aplicação em meio aos demais fluxos. Em seguida, nos casos necessários, um dado fluxo foi detalhado em suas atividades.

A construção dos mapas do fluxo de desenvolvimento seguiu os princípios básicos do mapeamento de fluxo de valor, segundo descrito por Sobek e Ward (2013). Devem retratar a realidade e ser o produto de um time de pessoas que observa o que acontece no dia-a-dia da Engenharia como realmente ocorre, em detalhes operacionais. É a oportunidade em que os participantes puderam discutir a semelhança na ocorrência de desperdícios típicos. Casos de demora por falta de informação no momento de passagem da atividade, o chamado *hands-on*, outros casos com retrabalho em que as atividades precisam ser refeitas, falta de sincronização entre responsáveis de tarefas distintas criando filas de espera para conclusão, decisões tomadas por pressão de tempo e sem dados mais concretos da realidade, enfim, uma coleção de desperdícios que os engenheiros relataram nas entrevistas como objeto de discussões internas a partir dos dados do mapeamento do fluxo, e também foram observadas nas visitas às áreas enquanto acompanhamos as explicações sobre possíveis causas, as quais identificadas iniciariam posteriormente no próximo passo a construção de um novo fluxo.

Na FUNDIÇÃO e PETRÓLEO o desenho mostrou a necessidade de acompanhamento visual em ciclos menores das etapas ou diversos projetos que se acumulam em determinadas pessoas ou setores.

Na AERONAÚTICA o maior grau de maturidade na aplicação dos conceitos *lean* no desenvolvimento em função de consultorias anteriores, foi constatado pela existência prévia de mapas e várias ações de melhoria em andamento. Entretanto, em acordo com o princípio da melhoria contínua, novas oportunidades foram identificadas para realização de *kaizens* em problemas de informações incompletas recebidas nas diversas etapas do desenvolvimento.

Na AÇOS e ENERGIA as oportunidades de integração e melhor conexão entre as áreas foram também em maior número identificadas como fontes geradoras de desperdícios com informações e dados incompletos. O relato dos engenheiros foi incisivo na quantidade de tempo perdido com a busca de informações ou no refazer projetos em função de dados desatualizados. Em especial, na ENERGIA, a troca de informações entre as áreas de projeto do dispositivo e do produto foram avaliadas como de grande impacto nos retrabalhos e geração de custos.

#### **4.3. Projetar o estado futuro com ferramentas do LPPD: protótipos, conexões claras, front-loading**

Nessa fase todas as atividades foram discutidas, em especial nas suas conexões, para a criação de um estado futuro montado esquematicamente nos moldes dos ícones da ferramenta Mapa do Fluxo de Valor. A inserção dos mapas, diagnóstico e dos planos suscitados pela análise foram então consolidados em um Plano A3 (WOMACK e JONES, 1996) conhecida ferramenta *lean* que estrutura o PDCA de uma forma particular, e cuja elaboração foi muito além do registro. Permitiu que as empresas fossem estimuladas a discutir se as ações ali descritas em consenso apresentavam consistência com as causas e os resultados esperados. Na AERONAÚTICA, por exemplo, foi elaborado plano A3 cujas ações foram objeto de intensas discussões até assinatura final, visando assegurar a eliminação das causas de constantes revisões nos orçamentos planejados das ferramentas. O gerente de uma das áreas de desenvolvimento relatou que o simples encontro de diversos agentes do processo com o objetivo de simplificá-lo era em si “meio caminho andado”.

Na FUNDIÇÃO e PETRÓLEO o projeto futuro suscitou correções nos procedimentos de planejamento para nivelamento das atividades, evitando sobrecargas e oscilações entre as etapas de trabalho.

Na AÇOS a formação de uma Sala OBEYA, na qual os envolvidos de cada projeto de produto se reúnem diante de quadros de gestão visual para acompanhar e discutir os problemas de evolução das atividades, foi considerada no planejamento do estado futuro como ferramenta para estimular a integração.

Na ENERGIA o estado futuro foi construído sobre o exemplo do dispositivo de modelagem da pá cujas melhorias identificadas também foram consolidadas no Plano A3. Nesse produto desenhos preliminares são de grande importância e sua atualização na medida em que ganham maturidade, separando a informação do que ainda é passível de mudança daquilo que já é definitivo, são fundamentais para evitar retrabalhos. O procedimento foi melhorado. Ainda na ENERGIA a geração de alternativas e testes antecipados com protótipos também foi discutida como ações para antecipar problemas e corrigi-los mais cedo sem influenciar os custos, a chamada estratégia de *front-loading*. A decisão, por exemplo, sobre qual melhor modelo de ferramenta que deveria ser construído foi planejada para acontecer no estado futuro a partir da observação de *mock-ups*

construídos para cada alternativa e não mais apenas em reuniões observando as telas do CAD. Um líder de projeto com representação interna e perante o cliente foi outra solução para o estado futuro. Seu papel de liderança deve ser exercido na interação com todas as áreas.

#### **4.4 Implantar a geração de alternativas de produto com SBCE**

O fluxo de desenvolvimento foi considerado por todos representantes das empresas do grupo como um fluxo de decisões. De fato, se o desenvolvimento em si não é das atividades que mais consomem recursos em uma organização, por outro lado é daquelas cujas decisões mais impactam no custo do ciclo de vida total do produto. Para reduzir os erros que decisões do desenvolvimento impactam sobre etapas subsequentes na fabricação, comercialização e uso do produto, o modelo *lean* considera o princípio de gerar ideias concorrentes e de decidir mediante testes ou simulações antecipadas. Trata-se do conceito central do *set-based* colocado em prática pela ferramenta do SBCE. Na prática, esse conceito se realiza através da geração de sete alternativas de solução para um determinado problema ou função a ser atendida. Em seguida, as alternativas são submetidas à avaliação consensual segundo critérios pré-estabelecidos, depois, somente devem ser escolhidos os que prosseguirão no desenvolvimento mediante aprovação em simulação ou prototipagem.

Na AERONÁUTICA sua utilização foi observada e serviu de estímulo às demais empresas no caso de simplificação do desenho de determinados conjuntos. Observou-se como *mock-ups* feitos em escala 1:1 em papelão, isopor e materiais baratos eram mostrados e relatados como de grande auxílio por engenheiros na visualização de oportunidades de redução na quantidade de componentes de determinados produtos.

A PETRÓLEO considerou e praticou em um exemplo como poderia inserir as do SBCE em seu fluxo de desenvolvimento para gerar alternativas de construção com menos complexidade para manufatura. Introduziu a prática e obteve simplificações importantes em seus projetos. Foi confeccionada uma unidade do seu principal produto em desenvolvimento totalmente em papelão, fato que propiciou a interação de engenheiros e operadores e geração de várias sugestões de simplificação e redução de custos. O gerente de desenvolvimento relatou posteriormente a ação de formalizar em todo o processo de novos produtos a construção desses protótipos simplificados através da definição de um setor para sua confecção. Nessa etapa a PETRÓLEO reconsiderou sua declaração de propósito inicial e passou a considerar o objetivo da adoção do modelo *lean* como sendo da reformulação do seu modelo de desenvolvimento de produtos no sentido de incorporar mais inovações que surpreendessem seus clientes pelas soluções mais simples e com *lead-times* menores.

Na ENERGIA o desenvolvimento de ferramentas para moldagem das pás eólicas passou a considerar em seu fluxo de desenvolvimento atividade semelhante de construção de alternativas de ferramental em protótipos simples e baratos para avaliar a operacionalidade de cada alternativa. Formalizou-se como evento do projeto em que operadores, engenheiros e demais técnicos juntamente com a liderança podem discutir diante de um protótipo em escala 1:1 as facilidades e dificuldades construtivas de cada alternativa. “Se foi difícil fazer em papelão, imagina em aço”, relatou um engenheiro.

#### **4.5. Liderança (SHUSA) e times empreendedores acompanhando com gestão visual as mudanças em ciclos de PDCA até atingir o propósito**

Nessa fase foi planejada a condução do projeto, sua liderança e interação entre as partes, como elemento essencial para descobrir outras melhorias e solucionar problemas.

A liderança do projeto no modelo *lean* é prescrita como representante do cliente perante a empresa e, ao mesmo tempo, precisa conhecer profundamente o produto. É a figura do engenheiro chefe da Toyota, o SHUSA, um tipo de liderança empreendedora que devidamente adaptado aos contextos das empresas é vista como fator importante para prosseguir no melhoramento das conexões entre as áreas (Sobek e Ward, 2013; Morgan e Liker, 2006). Segundo esses autores, seu papel inclui o que um Gerente de Projetos tradicional executa, e vai além, incorporando um conhecimento de produto, da aplicação e das demandas dos clientes.

Na AERONAÚTICA a experiência alcançada com 2 anos de aplicação do conceito de SHUSA no desenvolvimento, relatada pelo seu gerente de desenvolvimento aos demais participantes foi centrada no realce que a figura desse líder empreendedor é fundamental ter ótimo trânsito entre áreas para o desempenho do bom desenvolvimento.

Como forma de instrumentalizar esta interação é essencial que a liderança empreendedora interaja com as demais áreas e profissionais em uma Sala que concentre a gestão visual do andamento do Projeto, são as chamadas salas OBEYA ou BIG ROOM. Engenheiros relataram que são treinados na AERONAÚTICA em condução de projetos nesses tipos de sala e um deles declarou “o que aprende naquela sala em algumas semanas equivale a anos de experiência.”

Todas as empresas instalaram esse modelo de sala nas quais didaticamente foram expostos quadros de gestão visual com os objetivos do projeto, suas entregas planejadas, o status das ações e os problemas relatados com seus respectivos encaminhamentos de soluções. Indicadores do projeto, seus resultados, também são acompanhados e monitorados em cada interação do time com a sala OBEYA em reuniões diárias que variavam de 20 a 40 minutos dependendo da empresa. Nessas reuniões diárias o líder empreendedor interage com o time caminhando e parando diante dos quadros alocados nas paredes, realizando um ciclo PDCA na medida em que interage com as informações dispostas de forma visual. Nesse processo de interação e gestão visual, novos problemas ou oportunidades de melhoria foram identificados e tratados pelo respectivo time em cada empresa.

Na PETRÓLEO se percebeu que o uso apenas do software de gestão de projeto não permitia identificar os problemas mais cedo e também os dados ficavam concentrados na área de gestão sem acesso livre e global para os participantes. Com milhares de linhas de ações para serem controladas por um grupo de gestão do projeto os problemas se acumulavam e precisavam de mais tempo para ser entendidos e resolvidos. Com a implantação da gestão visual foi seguido o princípio assim relatado pelo gerente da área: “Saber o que está acontecendo no projeto naquele momento em que se observa o quadro de gestão visual”. O primeiro passo foi separar os diversos projetos em etapas específicas e quantificar quantas ações deveriam estar concluídas em cada período de tempo, semanal ou mensal. Na medida em que as atividades se desenrolavam uma interface com o sistema de gestão de projetos apontava a quantidade de concluídos, de andamento no prazo e de atrasados para cada grupo de engenheiros de desenvolvimento. Reuniões diante do

quadro com os líderes passaram a identificar os problemas mais cedo e outro efeito, inesperado, foi das equipes não querer aparecer no quadro com atividades atrasadas e passaram a cuidar melhor do recebimento das informações para que não houvesse demoras. Nas palavras de um dos engenheiros, antes eles aceitavam informações “quadradas” e “arredondavam” ao longo da atividade, então ficavam atrasados, agora não. “Não vou ficar vermelho por ter recebido algo incompleto” nas palavras de um dos engenheiros entrevistados.

Na FUNDIÇÃO para cada projeto do cliente da indústria automobilística, negócio B2B, já era designado um engenheiro responsável, uma prática que permite a visão do todo por um profissional que interage entre as áreas e com o cliente. Entretanto a sobrecarga de alguns dos líderes, bem como de engenheiros, relatado nas entrevistas, levavam a constantes conflitos e “apagar de incêndios”. A construção de um quadro de gestão visual permitiu visualizar a concentração de atividades e melhorar sua distribuição entre os projetos. Com cartões de cada atividade alocados para cada executor ao longo de uma linha do tempo, os gargalos foram identificados e aquelas atividades em fila de espera. Ações para melhor distribuição e alocação passaram a ser discutidas diariamente pelo time de desenvolvimento diante do quadro.

Na AÇOS e ENERGIA empreendeu-se a iniciativa de implantar quadros de gestão visual do tipo SCRUM observados na AERONÁUTICA e que inspiraram os gerentes daquelas empresas. Os quadros foram instalados em pontos estratégicos das respectivas áreas de desenvolvimento munidos de cartões coloridos que identificavam quais atividades deveriam ser executadas em um período curto monitorado pelo quadro, 1 ou 2 semanas, distinguindo aquelas que já tinham sido realizadas (*done*), em andamento (*in process*) e quais estavam na fila para entrar em execução (*backlog*). Diariamente os envolvidos nos fluxos dos projetos se reúnem para atualizar o quadro e avaliar a evolução. Eventuais impedimentos são rapidamente identificados e buscam-se alternativas.

## 5. CONCLUSÃO

O grupo de empresas de aprendizagem e aplicação do LPPD desenvolveu o trabalho de implantação do modelo *lean* em passos graduais nas partes dos fluxos de desenvolvimento de certos modelos ou componentes escolhidos como “pilotos” em cada empresa. De forma geral os conceitos e ferramentas encontrados na literatura de LPPD foram apresentados e experimentados nos casos estudados, com exceção da ferramenta Plano A3 que não é encontrada explicitamente na literatura de LPPD, porém integra o *lean management* e por experiência das empresas e da consultoria foi introduzida para funcionar como elemento articulador das ações de implantação. De fato, não é um documento dirigido para DP, trata-se de ferramenta *lean* mais geral de planejamento. Especificamente essa discussão suscitada no fechamento da pesquisa possibilitou consulta ao *headquarter* da consultoria internacional que fez menção ao uso recente de *concept paper* como documento específico que planeja as premissas de valor a ser introduzidas no produto. Por outro lado, em que pese uma ou outra ferramenta estar presente em outro autor ou praticante de referência e ser desenvolvida e incorporada posteriormente – aqui, em nosso caso, foi utilizada como base a obra de Sobek e Ward (2013) – o fato é que as ações empreendidas nas cinco etapas de quatro das cinco empresas podem ser vistas como “*Melhoria contínua em desenvolvimento de produtos*” por terem realizado alterações em pontos específicos do fluxo e ainda conviver com todo um modelo linear, tradicional, de *stage-gates*. A exceção é a empresa AERONÁUTICA que no início da pesquisa já experimentava e aplicava o modelo LPPD há 2

anos. A principal diferença verificada é que na AERONAÚTICA o modelo *lean* já havia alterado o pressuposto de linearidade de tal forma que os novos produtos já começavam em suas primeiras fases com todos os conceitos *lean* incorporados: sala *obeya*, prototipagem, testes, antecipação de problemas acontecendo desde a fase anteprojeto até a última fase com produto entregue. A imagem para representar essa distinção é do holograma em que cada parte contém o todo, isto é, em cada fase de desenvolvimento todos os pressupostos de entrega de algo confiável e testado é seguido. De qualquer forma, naquela empresa nem todos os processos estão assim desenvolvidos, mas pelo estágio e diferenças marcantes perante as outras empresas, pode-se concluir que a AERONAÚTICA se classifica na categoria prevista na fundamentação teórica de “*Lean como novo modelo no Desenvolvimento de Produtos*”.

Por outro lado, o contraste da AERONAÚTICA suscitou a pergunta de como a empresa começou sua transformação e as informações obtidas nas entrevistas demonstraram que o início também se deu em processo piloto, assim como as outras empresas da amostra estavam realizando. Nas palavras do gerente da AERONAÚTICA “*Nós também começamos como vocês estão fazendo agora*”. De tal sorte que a conclusão aponta para uma estratégia de implantação que se inicia como melhoria contínua no desenvolvimento de produtos através do modelo *lean* e evolui na medida em que se ampliam as práticas até romper com a estrutura do modelo tradicional. Todavia há de se destacar que esse processo de difusão até emergência do novo modelo precisa estar estabelecido na fase de “*Propósito da mudança com o Modelo LPPD*” em que a organização definiria seu objetivo de perseguir a reformulação de todo desenvolvimento de produtos segundo o modelo *lean* e estabeleceria os resultados a alcançar com tais mudanças.

Essa afirmativa encontra evidências não só no histórico da AERONAÚTICA, como também na última visita empreendida nas empresas ao final do projeto, em que a PETRÓLEO era a outra empresa que prosseguia no aprofundamento das mudanças em outros pontos do fluxo e estrutura do desenvolvimento, passando a envolver todos os gerentes de desenvolvimento e iniciava modificações em seu manual e sistema de procedimentos. Relembrando as declarações de propósito que constam na primeira etapa do projeto, excluindo AERONAÚTICA, todas são de natureza limitada, inclusive a PETRÓLEO, que, entretanto, na etapa 4, entusiasmada com os resultados de experimentação do SBCE, reformula sua declaração e torna-a mais abrangente.

Essa mudança no propósito da PETRÓLEO indica também, ao lado de outras mudanças de percurso de menor monta, a influência observada pelo processo de compartilhamento de experiências entre as empresas – por sinal não concorrentes – que estimulou enfrentar algumas resistências organizacionais. Em especial o estágio mais adiantado da AERONAÚTICA serviu como referência para as outras organizações. O modelo de difusão em grupos de empresas não concorrentes merece ser considerado e mais avaliado como alternativa em processos de mudança organizacional e inovação.

Por fim, e não menos importante, o fato das experiências terem sido conduzidas em diferentes ambientes de desenvolvimento, com produtos simples (AÇOS, FUNDIÇÃO) ou complexos (AERONAÚTICA, PETRÓLEO, ENERGIA) e em todos eles multiprojetos, alcançando resultados de melhoria na redução de *lead-times* e retrabalhos, ao lado de alguns casos de desenvolvimento de soluções alternativas simplificadas de produto, apontam para uma sólida indicação de que o modelo LPPD, seja utilizado pontual ou de forma abrangente, apresenta potencial de inovações nos processos DP também na realidade brasileira.

## 6. REFERÊNCIAS

- AL-ASHAAB, A., GOLOB, M., ATTIA, U.M., KHAN, M., PARSONS, J., ANDINO, A., PEREZ, A., GUZMAN, P., ONECHA, A., KESAVAMOORTHY, S., MARTINEZ, G., SHEHAB, E., BERKES, E., HAQUE, B., SORLI M. AND SOPELANA, A. (2013), "The transformation of product development process into lean environment using set-based concurrent engineering: A case study from an aerospace industry", *Concurrent Engineering: Research and Applications*, Vol. 21 Iss. 4, pp. 268 - 285.
- BROWN, S.; EISENHART, K. Product Development: Past Research, Present Findings, and Future Directions. *The Academy of Management Review*, Apr 1995: 20,2: ABI/INFORM Global.
- CLARK, K. B., & FUJIMOTO, T. (1991). *Product Development Performance: strategy, organization and management in the world auto industry*. Boston: HBS Press.
- COOPER, G. e KLEINSCHMIDT, E. (1986) An Investigation into the New Product Process: Steps, Deficiencies, and Impact. *Journal of Product Innovation Management*, v.3, p.71-85.
- COOPER, R. (2009). How companies are reinventing their Idea-to-launch methodologies. *Technology Management*, 52(2), 47-57.
- HAIR, J. *et al.* (2005) *Fundamentos de Métodos de Pesquisa em Administração*. BOOKMAN. Porto Alegre. Brasil.
- HAQUE, B., & JAMES-MOORE, M. (2004). Applying lean thinking to new product introduction. *Journal of Engineering Design*, 15(1), 1-31.
- HENKE W. *et al.* (1993) Cross- Functional Teams: Good Concept, Poor Implementation! *Journal of Product Innovation Management*, v.1, p. 216 – 229.
- KENNEDY, M.. (2003) *Product Development for the Lean Enterprise*. The Oaklea Press. Virginia.
- KHAN, M., 2012. *The construction of a model for Lean Product Development* (PhD thesis). Manufacturing and Materials Department, School of Applied Sciences, Cranfield University.
- KHAN, M., AL-ASHAAB, A., DOULTSINO, A., SHEHAB, E., EWERS, P. AND SULOWSKI, R., (2011). Set-Based Concurrent Engineering process within the LeanPPD Process. *Proceedings of the 18th ISPE International Conference on Concurrent Engineering*, Massachusetts, USA 4-8 July 2011, pp. 433-430.
- KHAN, M., AL-ASHAAB, A., SHEHAB, E., HAQUE, B., EWERS, P., SORLI, M., & SOPELANA, A. (2013). Towards lean product and process development. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 26(12), 1105-1116.
- LIKER, J.. (2004) *The Toyota Way*. McGraw-Hill. New York.
- MASCITELLI, R. (2011) *Mastering lean product development*. Northridge, CA: Technology Perspectives.
- MORGAN, JAMES M. AND LIKER, JEFFREY K. (2006) *The Toyota Product Development System: Integrating People, Process and Technology*. New York: productivity Press.
- OLSON et al. (2001). J. Patterns of cooperation during new product development among marketing, operations and R&D: Implications for project performance. *The Journal of Product Innovation*. v.18, p. 258 – 271.
- RADEKA, K. (2013) *The mastery of Innovation – A Field Guide to Lean Product Development*. New York: CRC Press.
- SALGADO, E. G., MELLO, C. H. P., SILVA, C. E. S., OLIVEIRA, E. S., & ALMEIDA, D. A. (2009). Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos. *Gestão & Produção*, 16(3), 344-356.
- SANDOVAL-ARZAGA, F., & SUÁREZ-BARRAZA, M. F. (2010). Experts within kaizen teams: how to get the most from their knowledge. *Development and Learning Organizations*, 24(4), 10-13.
- SOBEK, DUWARD K. AND WARD, ALLEN C. (2013) *Lean Product and Process Development*. Cambridge, MA: Lean Enterprise Institute.
- SOPELANA, A., FLORES, M., MARTINEZ, L., FLORES, K., & SORLI, M. (2012). The application of an assessment tool for lean product development: an exploratory study in Spanish Companies. In *Proceedings of the 2012 18th International Conference on Engineering, Technology and Innovation* (pp. 1-10). Munich: IEEE.
- TYAGI, S., CHOUDHARY, A., CAI, X., & YANG, K. (2015). Value stream mapping to reduce the lead-time of a product development process. *International Journal of Production Economics*, 160, 202-212.
- YIN, R. (2003) *Case Study Research. Design and Methods*. USA. Sage Publications, Inc., 2003.
- WARD, A et al. (1995) *The Second Toyota Paradox: How Delaying Decisions Can Make Better Cars Faster*. *Sloan Management Review*, v. 36, n. 3, Spring.
- WOMACK, J; JONES, D.; ROOS, D.. (1990) *The Machine That Changed the World*. Harper Perennial, New York.
- WOMACK, J.; JONES, D.. (1996) *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster, New York.