Utilização da abordagem Toyota Kata para o ensino de Lean, com base em um ambiente simulado

Steffan Macali Werner (UFSC) steffan_m_w@yahoo.com.br
Helio Aisenberg Ferenhof (UFSC) dm@gotroot.com.br
Fernando Antônio Forcellini (UFSC) forcellini@gmail.com

Resumo:
Com a necessidade crescente de melhoria da qualidade e a redução de custos, as organizações vêm buscando diferentes alternativas em ferramentas e métodos, assim como a Produção Enxuta (Lean Production). Porém, muitas vezes a melhoria de desempenho ocorre apenas no momento da implementação das ferramentas ou métodos, após isto, a melhoria conquistada é perdida pela falta de sustentabilidade. Neste âmbito um aprendizado mais efetivo e duradouro pode ser alcançado por meio da Aprendizagem Baseada em Projeto (Project-Based Learning- PBL), esta pode ser operacionalizada pela abordagem Toyota Kata. Esta abordagem objetiva criar uma rotina sistematizada de melhoria contínua, utilizando experimentos de ciclos curtos para desenvolver tanto o processo quanto os colaboradores. Porém para as rotinas serem realizadas, há a necessidade de preparar as pessoas envolvidas para tal e também de um ambiente para executar os experimentos. Para tanto a simulação computacional pode ser utilizada nos experimentos, como ferramenta tanto para testar melhorias, quanto para o ensino. Neste contexto, o presente artigo tem por objetivo demonstrar um modelo de simulação para realizar experimentos lean em sala de aula utilizando a abordagem Toyota Kata como base. O teste ocorreu em uma turma de pós-graduação, em que com os ciclos de experimentação foi evidenciado a dificuldade de expressar a reflexão do aprendizado por parte dos participantes.
Palavras chave: Ensino de Lean, Simulação, Aprendizagem Baseada em Projeto – PBL, Toyota Kata, Dinâmica, Lean.

The utilization of the Toyota Kata Approach for Teaching Lean, Based on a Simulated Environment

Abstract
With the increasing necessity for quality improvement and cost reduction, organizations are seeking different alternatives in tools and methods, as well as Lean Production. However, often the performance improvement occurs only at the moment of implementing the tools or methods, after that, the improvement achieved is lost due to lack of sustainability. In this context, a more effective and lasting learning can be achieved through Project-Based Learning (PBL), this can be operationalized by the Toyota Kata approach. This approach aims to create a systematized routine of continuous improvement using short-cycle experiments to develop both the process and the collaborators. But for the routines to be performed, there is a need to prepare the people involved for this and also an environment to run the experiments. In order to do so, the computational simulation can be used in the experiments, as a tool both to test improvements and to teach. In this context, the present article aims to demonstrate a simulation model to perform lean classroom experiments using the Toyota Kata approach as the basis. The test occurred in a postgraduate class, with the cycles of experimentation evidenced the difficulty of expressing the reflection of the learning on the part of the participants.
Key-words: Lean learning, Simulation, Project-Based Learning– PBL, Toyota Kata, Lean

1. Introdução

Com a necessidade crescente de melhoria da qualidade e a redução de custos, as organizações vêm buscando diferentes alternativas em ferramentas e métodos. Dentre estas, a Produção Enxuta (*Lean Production*) vem sendo empregada como uma forma de melhor utilizar os recursos organizacionais, promovendo a redução de desperdícios em seus processos.

Porém, muitas vezes a redução de desperdícios ocorre apenas no momento da implementação das ferramentas ou métodos, após isto, a melhoria conquistada é perdida pela falta de sustentabilidade. Segundo Joosten, Bongers e Janssen (2009), o foco dos esforços é voltado para a aplicação de métodos e ferramentas para a obtenção de resultados imediatos, preocupando-se em menor proporção com os aspectos de mudanças de hábitos e de comportamentos das pessoas. Estima-se que 70% das transformações Lean, fracassam devido ao não entendimento da interação humana e de como as pessoas lidam com mudanças (BADURDEEN et al., 2010).

Tendo em vista que um aprendizado mais efetivo e duradouro pode ser alcançado em um ambiente de aprendizado ativo, em que os alunos planejam suas pesquisas, analisam, relatam suas descobertas e estruturam seu entendimento. A aprendizagem baseada em projetos (*Project-Based Learning* – PBL) pode ser utilizada, pois PBL é definida como os esforços de estudo dos alunos por um determinado período de tempo para alcançar um resultado específico por meio de uma participação ativa (BILGIN; KARAKUYU; AY, 2015).

Neste sentido, a abordagem Toyota Kata (ROTHER, 2009) busca desenvolver o engajamento dos participantes, para promover a perenidade das soluções propostas. Pois a abordagem preconiza uma rotina sistematizada que se utiliza da experimentação em ciclos curtos para desenvolver tanto o processo quanto os colaboradores que nele atuam. A abordagem foca no aprender fazendo, isto é, o instrutor (coach) corrige as ações dos colaboradores conforme suas necessidades. Assim os colaboradores vão se desenvolvendo ao mesmo tempo que vão melhorando o processo (ROTHER, 2009).

Porém para as pessoas consigam internalizar e melhor compreender a utilização da rotina, há a necessidade de realizar alguns ciclos de experimentação de teste em um ambiente que não apresente riscos aos processos em funcionamento e as pessoas em treinamento. Para executar os experimentos sem riscos, um ambiente de simulação pode ser empregado. Assim a utilização da simulação é um meio de se levar um ambiente industrial para dentro da sala de aula. A simulação pode ser utilizada como ferramenta tanto para testar melhorias, quanto para o ensino dos participantes. A utilização da simulação como um ambiente dinâmico para o aprendizado, denomina-se aprendizagem ativa (BONWELL; YOUNGDAHL, 1991). Este tipo de ensino busca capacitar as pessoas, de forma prática no entendimento dos princípios da abordagem proposta, facilitando a compreensão e a aceitação dos novos conceitos e princípios.

A simulação auxilia a demonstrar os possíveis ganhos no projeto de novos cenários produtivos, em que é possível testar diferentes ações, sem interferir no meio produtivo e com baixo custo (BANKS, 1998).

Neste contexto o presente artigo tem por objetivo demonstrar um modelo de simulação para realizar experimentos lean em sala de aula utilizando a abordagem Toyota Kata como base. O modelo utilizado foi desenvolvido com apoio do GEPPS (Grupo de Engenharia de Produto, Processo e Serviço) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Com este modelo, espera-se que os participantes consigam propor e testar soluções de acordo com os conceitos lean, além de poderem verificando suas proposições e realizarem reflexões

em cada experimentação.

2. Fundamentação Teórica

Neste tópico, os assuntos relacionados a abordagem lean, aprendizagem por PBL, abordagem Toyota Kata e simulação são apresentados brevemente, para embasar os conceitos aplicados ao ensino utilizando a simulação.

2.1. Abordagem Lean

A abordagem lean tem como base a criação de valor para os clientes enquanto elimina desperdícios. O termo advém da comparação do Sistema Toyota de Produção com a manufatura em massa, no qual o sistema lean faz cada vez mais com menos. Tendo sua visão voltada para a perfeição, busca a redução de custos, zero defeitos e zero estoques (WOMACK; JONES, 2003).

Neste âmbito a abordagem lean visa criar valor enquanto elimina desperdícios. Sendo o Valor descrito como atividade, etapa ou evento que melhora a experiência do consumidor (WICKRAMASINGHE et al., 2014). Para Womack e Jones (2003), o valor é definido pelo cliente final, atrelado ao produto (bem ou serviço), corresponde à capacidade de atender as necessidades do cliente a um custo específico e entregue em um momento específico.

A abordagem lean utiliza-se de métodos e ferramentas para amenizar ou tratar destes desperdícios, assim como: kanban, heijunka, 5S, MFV (Mapeamento do Fluxo de Valor), kaizen, dentre outras (GRABAN, 2011; TODOROVA; DUGGER, 2015).

2.2. Aprendizado por meio de Project-Based Learning

No ensino, os processos em que os alunos fazem suas próprias perguntas, planejam suas pesquisas, analisam e expressam suas próprias descobertas e estruturam seu próprio entendimento, possibilitam um aprendizado mais efetivo e duradouro. Dar ao aluno a oportunidade de questionar é importante para que este expresse suas opiniões e proponha soluções para os problemas. Porém, as instruções baseadas em pesquisa requerem uma grande interação entre ambiente, conteúdo, materiais, professor e aluno (ORLICH; HARDER; CALLAHAN; GIBSON, 1998). Desta forma, os resultados do ensino, tende a ser positivos, trazendo o fato de os alunos serem ativos, terem melhor compreensão e desenvolverem habilidades para entender melhor a natureza da ciência (METZ, 2004; WALLACE; TSOI; CALKIN; DARLEY, 2004). A abordagem de aprendizagem baseada em projetos (PBL) é uma abordagem de ensino que proporciona um ambiente de aprendizagem concreto e permite que os alunos participem de um ambiente de aprendizado ativo (ZACHARIAS; BARTON, 2004).

Uma forma de conduzir o PBL é por meio de pequenos ciclos de experimentação, desta forma a abordagem Toyota Kata pode-se complementar ao PBL ao ser empregada.

2.3. Abordagem Toyota Kata

O termo Kata, compreende as rotinas de ensino usadas para gerar o conhecimento, preservar e passar o know-how, tendo como significado “forma de fazer”. Ele se refere a forma ou padrão que pode ser praticada para desenvolver habilidades particulares e uma nova mentalidade (ROTHER, 2009). Por sua vez, Kata, pode ser desdobrado a todos os níveis da organização, de modo que ela se oriente para a melhoria contínua. Objetivando desenvolver maneiras sistemáticas e cientificas de desenvolver soluções em situações dinâmicas e incertas (ROTHER, 2009).

Destaca-se que a prática de Kata está fundamentada em dois conceitos, conforme Figura 1: Kata

de Melhoria e Kata de Coaching (ROTHER, 2009; BONAMIGO; WERNER; FORCELLINI, 2017).

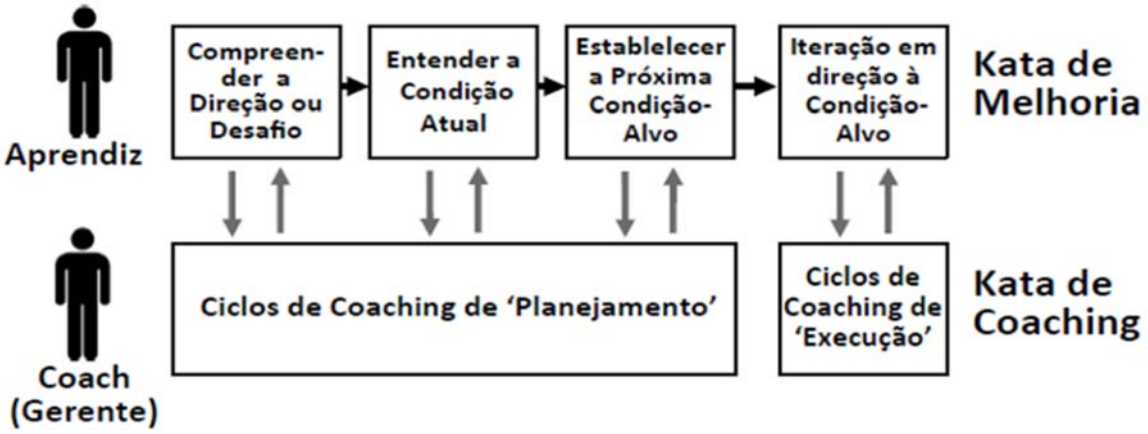


Figura 1 - Kata de Melhoria e Kata de Coaching
Fonte: Rother (2009)

2.4. Kata de melhoria

Kata de melhoria, visa fazer a melhoria contínua ser uma capacidade sistemática. Este deve ser aprendido pelos colaboradores afim de treinar e ensinar a toda a organização. Rother (2009) aponta quatro passos de Kata de melhoria.

Estes passos são descritos como:

1. Definir qual é o desafio. Antes de uma equipe agir, ela deve identificar um desafio, que esteja geralmente na direção da visão no longo prazo da organização, focando no valor aos envolvidos.

2. Compreender a situação atual. Cuidadosamente, devem ser analisados os fatos e dados de onde você está agora.

3. Estabelecer a próxima condição-alvo. Definir onde você quer estar posteriormente. Uma condição-alvo descreve uma combinação de atributos que você quer, em uma data específica no futuro. Alcançar uma condição-alvo é uma tarefa de aprendizado, pois você não tem pleno conhecimento dos obstáculos para alcança-la.

4. Navegar da Condição Atual até a Condição-alvo. A abordagem Kata de melhoria incorpora uma rotina sistemática e iterativa para navegar pela zona cinzenta imprevisível entre a condição atual e a Condição-Alvo. Conduzindo os ciclos PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) como experimentos rápidos, as equipes aprendem conforme elas se esforçam para alcançar sua condição-alvo e adaptar-se baseadas no que estão aprendendo.

Cada ciclo de PDCA realizado em direção ao alvo, é um "degrau", ou seja, um passo para a solução do problema, uma vez testada a propensa solução, pode-se verificar o que se aprendeu e o que pode influenciar no próximo "degrau" em direção a situação desejada (ROTHER, 2009).

2.5. Kata de Coaching

Kata de Coaching, é a maneira com a qual ensina-se a rotina de Kata de melhoria. O coach fornece suporte ao aprendiz, assim como um treinador experiente, que influencia o atleta (aluno) a praticar os novos comportamentos desejados. A presença do treinador favorece a prática do caminho de forma eficiente e eficaz para o processo de mudança de mentalidade e domínio do novo padrão (KOSAKA, 2013).

O coach deve garantir que o aprendiz está realizando os passos de Kata de melhoria, e ainda, deve ajudar o aprendiz a estabelecer as condições alvo que irão ser motivadoras e que trarão resultados para a empresa e para o aprendizado da equipe.

Kata de Coaching apresenta-se como um padrão de treinamento para ensinar e ajudar o aprendiz a internalizar a abordagem Kata de melhoria, de forma cíclica, ou seja, fazendo que as melhorias no sistema da organização não sejam apenas formadas por eventos ou ainda apenas recolher ideias dos colaboradores por meio de programas temporários da empresa. Estes ciclos são registrados em um storyboard, conforme Figura 2.

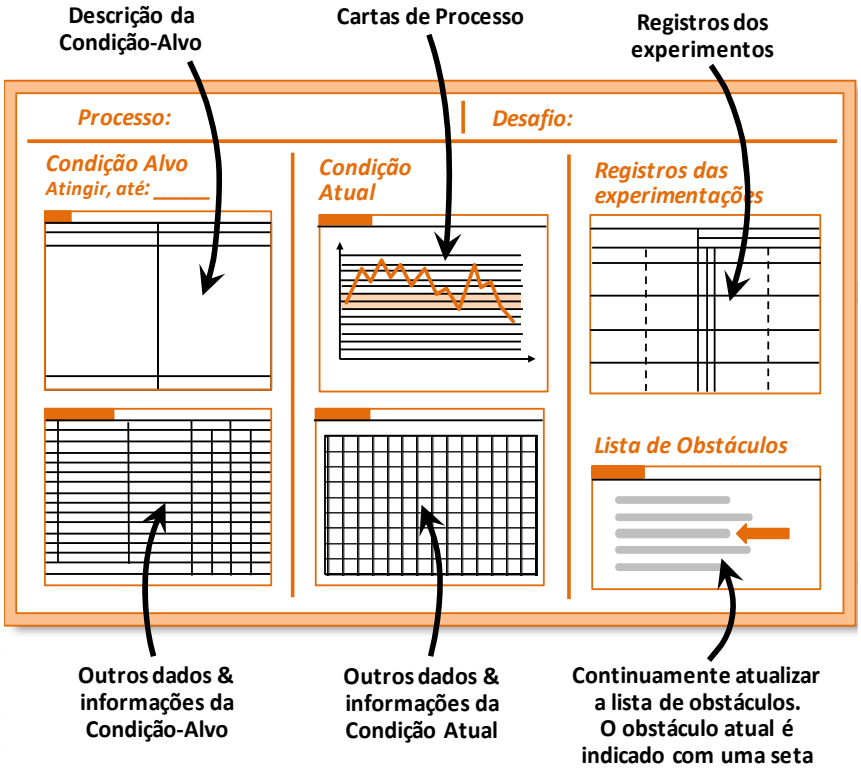


Figura 2: Storyboard do Aprendiz, utilizado nos ciclos coaching diários para apoiar o diálogo entre o Aprendiz e o Coach
Fonte: adaptado de Rother e Aulinger (2017).

Esta abordagem corresponde a rotina a ser utilizada em conjunto com o ambiente de simulação.

2.6. Simulação

A simulação é uma criação computacional que objetiva imitar o mundo real e auxiliar na compreensão do comportamento de um sistema ou processo ao longo do tempo. A simulação pode ser utilizada para criar ou testar processos, políticas, operações e suas possíveis reações a um baixo custo e sem afetar o sistema real (BANKS, 1998).

Os modelos de simulação podem ser caracterizados em: modelos estáticos, representados por equações; dinâmicos, correspondendo a equações que variam ao longo do tempo; modelos contínuos, em que o tempo é considerado de forma linear; e eventos discretos em que o tempo é separado em pedaços distintos (MOURTZIS et al., 2015).

Na simulação por eventos discretos, as mudanças de estado ocorrem em pontos discretos. As pessoas e objetos são representados individualmente com atributos específicos, que

determinam os comportamentos destes objetos ao longo da simulação (TAKO; ROBINSON, 2012).
A simulação por eventos discretos é uma ferramenta que auxilia na tomada de decisão, possibilitando à gestores testarem possibilidades ("*what if*"), e assim projetar melhorias nos processos ou novos sistemas.

2.7. Ambiente de Simulação

O ambiente de simulação consiste em uma fábrica fictícia de bicicletas. Desenvolvida pelo GEPPS (Grupo de Engenharia de Produtos, Processos e Serviços), com o objetivo de auxiliar os treinamentos de práticas lean realizando experimentos em um ambiente similar ao industrial, e que o mesmo respondesse de forma similar. O ambiente contempla 20 processos, que estão divididos em 5 setores, sendo estes: fabricação mecânica; pintura; montagem da bicicleta; sub-montagem do conjunto freio; e sub-montagem do conjunto controle. Para operar estes processos há 18 operadores, que conforme um sistema produtivo, contempla subutilização e sobrecarga de operadores, além disto, a simulação apresenta quebra de máquina, alto tempo de setups, falha de processamento, entre outros problemas.
O ambiente é apresentado aos participantes inicialmente pelo contexto, que conta os objetivos da empresa, os principais problemas identificados e suas metas produtivas. Com isto os participantes recebem o Mapa de Fluxo de Valor (vide Rother e Shook (2003)) da empresa para análise inicial e são apresentadas ao ambiente de simulação, conforme Figura 3.

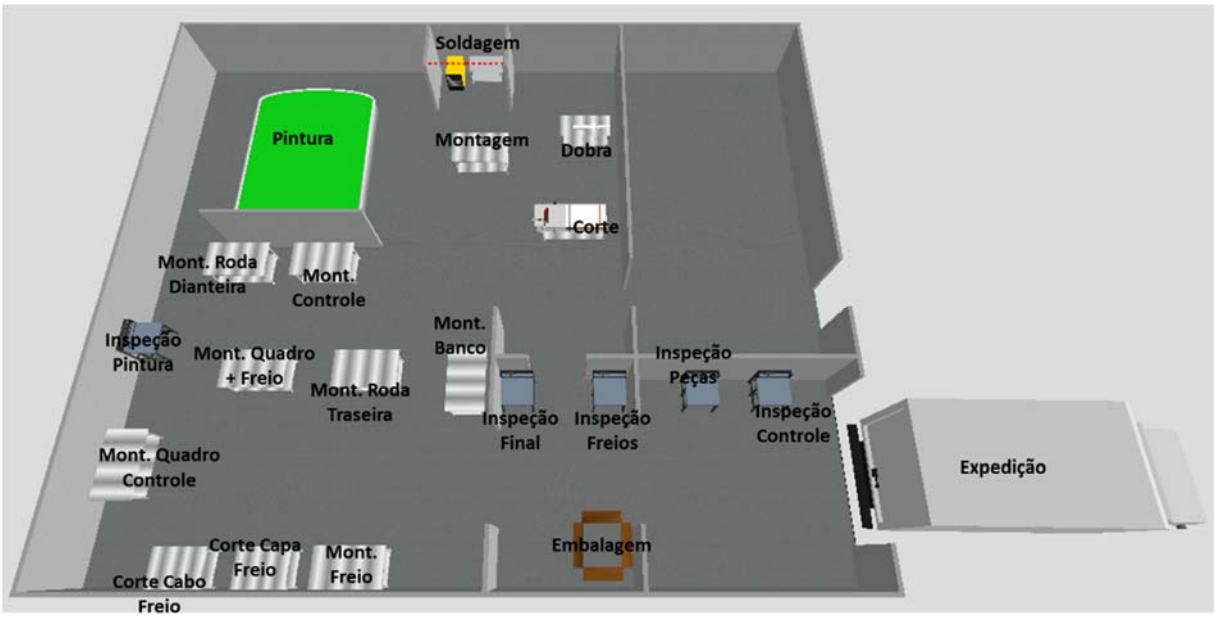


Figura 3: Ambiente de simulação
Fonte: elaborado pelos autores.

Com este contexto e a familiarização dos participantes ao ambiente, os mesmos estão aptos a darem início aos ciclos de experimentações.

3. Método

Para demonstrar o modelo de simulação, utilizou-se a pesquisa-ação, que procura unir a pesquisa à ação ou prática, de forma a tornar o processo de pesquisa um processo de aprendizagem para todos os participantes e a situação problemática é interpretada a partir do ponto de vista das pessoas envolvidas (ENGEL, 2000).

A pesquisa-ação possui dois objetivos, sendo o objetivo técnico voltado à resolução do problema em si e o objetivo científico voltado a produção ou desenvolvimento de conhecimento.

Desta forma, a pesquisa ação é conduzida pela abordagem Toyota Kata, em que os experimentos são planejados e descrito o que se espera com a realização destes. A experimentação ocorre no ambiente de simulação, que retorna a nova condição do sistema, isto é, os indicadores que caracterizam o funcionamento do sistema. Com isto, os participantes têm de descrever o que ocorreu e ainda realizar uma reflexão do que aprenderam que esta experimentação. Desta forma há o desenvolvimento do objetivo técnico, de melhoria do sistema produtivo simulado, e ao mesmo tempo, o coach consegue analisar o aprendizado dos participantes por suas reflexões.

Para a realização da demonstração, foi selecionada uma turma de pós-graduação de engenharia, com 13 alunos. Estes alunos foram os aprendizes, o papel de coach foi realizado pelo professor da disciplina e um aluno de pós-graduação.

A turma foi dívida em três grupos, sendo dois grupos com 4 integrantes e um com 5. Os grupos ficaram encarregados de executar as experimentações nos seguintes setores: fabricação mecânica; pintura e montagem da bicicleta. Este experimento foi conduzido em 3 aulas com duração de 2:00 horas cada.

4. Resultados

A dinâmica de ensino ocorreu em durante 3 aulas, em que os alunos utilizando a abordagem Toyota Kata propuseram soluções para os seus setores produtivos. Estas proposições foram geradas com base nos conceitos lean, previamente ensinado a estes alunos.

Para as aulas inicialmente os alunos foram integrados ao contexto da indústria de bicicletas, compreendendo seus objetivos no mercado, sua estratégia, seus principais problemas, assim como os fatos a respeito desta indústria, horário de trabalho, tipos de processos e quantidade de operadores.

Com estas informações as equipes foram divididas utilizou-se a simulação, para representar a situação da empresa em uma semana. Os dados resultantes desta semana foram utilizados para o preenchimento da Condição Atual. Após isto, os participantes elaboraram a Condição-Alvo em que desejavam chegar. Estas condições foram registradas no storyboard.

Com isto, deu-se início a identificação dos obstáculos/problemas que impedem de alcançar a Condição-Alvo. Neste momento, observou-se que os três grupos conseguiram identificar os obstáculos de cada setor, registrando-os no storyboard. A partir desta definição, cada grupo escolheu um dos obstáculos para abordar, cada grupo planejou uma ação, com base nos conceitos da abordagem lean aprendida em aula, para o obstáculo escolhido.

Além do planejado, os grupos tiveram de registradas no storyboard o que esperavam da atividade planejada. Deu-se início a um ciclo de coach com cada grupo com a validação do planejamento e do que se espera os grupos realizaram as suas ações planejadas. Dentre as ações foram apontadas: mapear e identificar os processos internos e externos do setup da dobra; mapear e identificar os processos internos e externos do setup da pintura; atuar no desbalanceamento do tempo de ciclo de produção.

Os resultados destas ações planejadas foram aplicados no ambiente de simulado, desta forma o novo tempo de setup da dobra e da pintura, assim como o balanceamento de trabalho dos trabalhadores. Os resultados desta experimentação vieram com o fim da simulação, simulando

o período de 1 semana com os novos parâmetros.

Os resultados foram analisados e registrados no storyboard descrevendo o que aconteceu e o que aprenderam. Além disto, uma nova ação para melhorar o processo a partir desta nova condição é proposto e novamente descrito e o que se espera com isto.

Realizando assim mais um ciclo de experimentação. Cada ciclo de experimentação durou aproximadamente 60 minutos. Entre os ciclos houve discussões em relação a execução da abordagem Toyota Kata e dúvidas de como preencher os campos corretamente. Ainda se destaca a dificuldade dos participantes de descreverem o que aprenderam. Em que descreviam apenas o que aconteceu, não conseguindo exprimir o que aprenderam com aquela experimentação.

Cada grupo realizou 3 experimentos, conseguindo reduzir a ociosidade de operadores, paradas para manutenção de máquina, redução do tempo de setup e a padronização de processos.

5. Considerações finais

Com a aplicação em uma turma de pós-graduação pôde-se observar a utilização de PBL e do modelo de simulação para o ensino de lean, realizar experimentos em sala de aula seguindo a rotina da abordagem Toyota Kata. Como no Project-Based Learning as atividades a serem realizadas são propostas pelos alunos, foi possível operacionaliza-las pela abordagem Toyota Kata, e a ainda, utilizar a simulação para testar/aplicar as ações/experimentações dos alunos.

Nestes experimentos foi possível observar a desenvoltura dos alunos em um PBL, para a aplicação de conceitos lean frente a problemas similares aos reais. Em que os conhecimentos dos alunos referente a abordagem lean foram verificados. As propostas dos alunos foram testadas no ambiente de simulação, e desta forma os alunos conseguiram observar os impactos de suas ações no sistema simulado de uma empresa.

Observa-se a possibilidade de utilização destas abordagens em conjunto para o ensino, desde conceitos gerais de lean á conceitos específicos, como apenas a gestão de ordens de produção ou de compras, o balanceamento de atividade de trabalho ou a movimentação interna de materiais.

Constatou-se o interesse dos participantes a cada rodada, tendo o objetivo de melhorar cada vez mais seu processo, assim como em um jogo. Assim o engajamento dos participantes foi positivo na participação dos estudantes com sua participação ativa nos experimentos.

Ainda foi observado a dificuldade dos alunos em expressarem o que aprenderam em cada rodada. Este item evoluiu ao longo das experimentações, em muitos casos a descrição do aprendizado era apena o que aconteceu.

Por fim a condução do da demonstração do experimento possibilitou os ajustes a novas aplicações e compreender os assuntos de maior facilidade e dificuldade dos estudantes em relação a abordagem lean. Possibilitando assim agir no ensino dos assuntos em que os alunos apresentaram maior dificuldade.

Referências

BADURDEEN, F.; MARKSBERRY, P.; HALL, A.; GREGORY, B. *Teaching lean manufacturing with simulations and games: A survey and future directions. Simulation & Gaming*, 41(4), 465-486, 2010.

BANKS, J. (Ed.). *Handbook of simulation: principles, methodology, advances, applications, and practice.* John Wiley & Sons, 1998.

BILGIN, I.; KARAKUYU, Y.; AY, Y. *The effects of project based learning on undergraduate students' achievement and self-efficacy beliefs towards science teaching*. Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, v. 11, n. 3, p. 469-477, 2015.

BONAMIGO, A.; WERNER, S. M.; FORCELLINI, F. A. *Modelo teórico de referência para a implementação e perenidade do programa 5S a partir do conceito Kata.* Anais - VII SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DO VALE DO SÃO FRANCISCO, 2017. p. 156-169.

BOWEN, D. E.; YOUNGDAHL, W. E. *"Lean" service: in defence of a production-line approach.* International Journal of Service Industry Management, 9(3), 207-225, 1998.

ENGEL, G. I. *Pesquisa-ação*. Educar em Revista, n. 16, p. 181-191, 2000.

GRABAN, M. *Lean hospitals: Improving quality, patient safety, and employee engagement.* CRC press, 2011. ISBN 1439870438.

JOOSTEN, T.; BONGERS, I.; JANSSEN, R. *Application of lean thinking to health care: issues and observations*. International Journal for Quality in Health Care, v. 21, n. 5, p. 341-347, 2009.

KOSAKA, D. *Kata: criando a cultura da melhoria contínua*. 2013. Disponível em: < http://www.lean.org.br/comunidade/clipping/clipping_265.pdf> Acesso em 21 jul. 2017.

METZ, K. E. *Children's understanding of scientific inquiry: Their conceptualization of uncertainty in investigations of their own design*. Cognition and Instruction, v. 22, n. 2, p. 219-290, 2004.

MOURTZIS, D.; PAPAKOSTAS, N.; MAVRIKIOS, D.; MAKRIS, S.; ALEXOPOULOS, K. *The role of simulation in digital manufacturing: applications and outlook*. International journal of computer integrated manufacturing, 28(1), 3-24, 2015.

ORLICH, D., HARDER, R., CALLAHAN, R., GIBSON, H. *Teaching Strategy: A Guide to Better Instruction.* 1998.

ROTHER M. *Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results.* New York: McGraw Hill; 2009.

ROTHER, M.; AULINGER, G. *Toyota Kata Culture - Building Organizational Capability and Mindset Through Kata Coaching*. New York, McGraw Hill, 2017.

ROTHER, M.; SHOOK, J. *Aprendendo a enxergar.* São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

TAKO, A. A.; ROBINSON, S. T*he application of discrete event simulation and system dynamics in the logistics and supply chain context.* Decision support systems, 52(4), 802-815, 2012.

TODOROVA, D.; DUGGER, J. *Lean Manufacturing Tools In Job Shop, Batch Shop and Assembly Line Manufacturing Settings.* Journal of Technology, Management & Applied Engineering, v. 31, n. 1, 2015.

WALLACE, C. S.; TSOI, M. Y.; CALKIN, J.; DARLEY, M. *Learning from inquiry-based laboratories in nonmajor biology: An interpretive study of the relationships among inquiry experience, epistemologies, and conceptual growth.* Journal of Research in Science Teaching, v. 40, n. 10, p. 986-1024, 2003.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. New York: Simon and Schuster, 2003. ISBN 1439135959.

ZACHARIA, Z.; BARTON, A. C. *Urban middle-school students' attitudes toward a defined science*. Science Education, v. 88, n. 2, p. 197-222, 2004.