

RETROFITTING, UM CAMINHO LEAN PARA A INDÚSTRIA 4.0

Steffan M Werner (UFSC)

steffan_m_w@yahoo.com.br

Danilo Ribamar Sá Ribeiro (UFSC)

danilo_saribeiro@hotmail.com

Raphael Odebrecht de Souza (UFSC)

raphael.odebrecht@posgrad.ufsc.br

Marco Antonio Maraia Villa (UFSC)

marcovilla.eng@gmail.com

Fernando Antonio Forcellini (UFSC)

forcellini@deps.ufsc.br



Os conceitos da Indústria 4.0 vem impulsionam mudanças nas organizações, proporcionando diferenciais competitivos. A abordagem lean, vem de encontro as mudanças da Indústria 4.0, uma vez que busca a melhoria dos sistemas constantemente. Cabe destacar que

Palavras-chave: PDP; Indústria 4.0; Lean; Retrofit

1. Introdução

Nos últimos anos, houve uma mudança de paradigma na indústria que agora adentra na Indústria 4.0. As organizações adotam essa tecnologia na busca por benefícios significativos por meio do aumento da produtividade, do aumento de receita, da maior visibilidade dos processos de fabricação otimizados e da entrega de serviços ao cliente melhores e com valor agregado. Em contrapartida, essa tecnologia requer desenvolvimento significativo, investimentos e custos de conversão para transformar as instalações de máquinas convencionais existentes. Estes são alguns dos desafios enfrentados por aqueles que desejam garantir sistemas inteligentes de manufatura (NSIAH et al., 2018; TUPTUK; HAILES, 2018). A abordagem *lean*, vem ao encontro das mudanças relacionadas com a indústria 4.0, uma vez que busca a melhoria dos sistemas continuamente. Esta abordagem, quando necessário, abarca as novas tecnologias para proporcionar eficiência aos seus processos, buscando garantir a entrega de valor aos clientes. Nos processos produtivos, as mudanças ocorrem em: pessoas, que conduzem os processos e desenvolvem a melhoria contínua; nos processos, principalmente no que tange ao padrão de operação; e nas tecnologias, relacionadas com a forma de controlar como os processos ocorrem (MORGAN; LIKER, 2008).

Cabe destacar que com o tempo, os equipamentos depreciam e acabam se tornando obsoletos, não conseguindo desempenhar novas ações necessárias para a produção dos produtos. Neste contexto, o *retrofit* é uma técnica que vem ganhando espaço, uma vez que proporciona uma melhora no desempenho e ampliação da vida útil de produtos, caracterizando um processo de modernização de um produto ou equipamento (SCHREIBER, 2017). Porém, a aplicação ocorre em casos específicos e utilizando fases genéricas, o que dificulta sua reprodução (Schlechtendahl et al., 2015; Aboulnaga; Moustafa 2016; Arjoni et al., 2017).

Neste sentido, este trabalho tem por objetivo apresentar a aplicação de uma estrutura para *retrofitting* em um equipamento, para aproximá-lo da Indústria 4.0, visando atender as necessidades dos clientes (valor). Para desenvolver-se o *retrofitting*, serão seguidas as fases da metodologia de desenvolvimento de produtos proposta por Rozenfeld et al. (2006), e operacionalizadas com a abordagem Toyota Kata.

A exemplificação, ocorre em uma máquina para a torrefação do café, que necessita um controle de temperatura adequado para a torrefação, sendo que esta temperatura varia conforme o tipo de café e o tipo de torrefação desejada.

2. Revisão de Literatura

2.1. *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). Isto é, buscando atender as necessidades do cliente a um custo específico e entregue em um momento específico, estas necessidades relacionadas ao produto ou serviço são caracterizadas como Valor (WOMACK; JONES, 2003).

Na busca de Valor para os clientes, as atividades podem ser classificadas em atividades que agregam valor, correspondendo a atividades que contribuem diretamente para a transformação do produto ou serviço, ou atividades que não agregam valor, descritas como desperdícios, que podem ser reduzidas ou eliminadas (WOMACK; JONES, 2003).

2.1.1. Toyota Kata

A abordagem Toyota Kata permite navegar pelo território da incerteza dando um pequeno passo de cada vez. O termo Kata significa "modo de fazer" e refere-se à forma ou padrão que pode ser praticado para desenvolver habilidades específicas e uma nova mentalidade. A abordagem do Toyota Kata é baseada em dois conceitos: Kata de Melhoria e Kata de *Coaching* (Rother, 2009).

A rotina de Kata de Melhoria destina-se a treinar e ensinar toda a organização, com o objetivo de tornar a melhoria contínua uma habilidade sistemática. Segundo Rother (2009) consiste nos seguintes passos: definir qual é o desafio, o desafio deve estar alinhado com a visão da organização; entender a Condição Atual, analisar os fatos de como os processos ocorrem neste momento; estabelecer a próxima Condição Alvo, constituída de uma combinação de atributos que deseja-se alcançar em uma data predeterminada; e Iterar da Condição Atual para a Condição de Alvo, que utiliza-se de ciclos PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) em experimentos rápidos.

Nesta rotina, os aprendizes (equipe) aprendem como devem direcionar esforços para atingir a condição desejada e se adaptar com base no que estão aprendendo. Um *storyboard* deve ser usado para registrar a condição atual, a condição alvo, os obstáculos identificados e as ações

descritas em cada ciclo PDCA realizado (O que planeja?; O que espera?; O que aconteceu?; e O que aprendeu?).

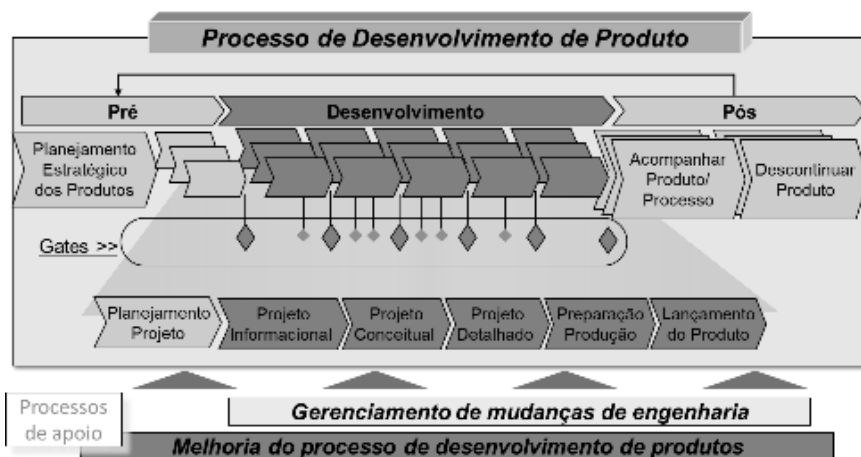
A rotina *Kata Coaching* é a maneira pela qual a rotina de *Kata* de Melhoria é ensinada. O *coach* fornece suporte ao aprendiz, assim como um treinador experiente influencia o aluno a praticar um novo comportamento desejado. A presença do *coach* favorece a prática do caminho de forma eficiente e eficaz para a mudança de mentalidade e domínio do novo padrão.

2.2. Desenvolvimento de Produtos

O Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), auxilia a organização na criação e desenvolvimento de seus produtos, podendo agregar diferenciais competitivos ao produto gerado. Neste trabalho, utilizamos o modelo proposto por Rozenfeld et al. (2006), como base para a transformação do produto.

O modelo de referência de Rozenfeld et al. (2006), traz uma estrutura de fases, para o desenvolvimento do produto caracterizadas com suas respectivas ferramentas para operacionalização, conforme Figura 1.

Figura 1 – Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP)



Fonte: Rozenfeld et al. (2006, pag. 44)

As fases do processo de desenvolvimento do produto são respectivamente:

- Planejamento do Projeto, em que se define o escopo do projeto e do produto, o orçamento e prazos;
- Projeto Informacional, especificações-meta, isto é, requisitos valorados;
- Projeto Conceitual, concepção do produto, com a arquitetura e alternativas de soluções;

- Projeto Detalhado, especificações finais como alista de materiais, planos de processos e desenhos finais;
- Preparação da Produção, especificação dos processos de produção;
- Lançamento do produto, especificação procedimentos de vendas, assistência técnica e distribuição.

2.3. Retrofit

Segundo Schreiber (2017), *Retrofit* é uma palavra em inglês originada do prefixo “*retro*”, que significa movimentar-se para trás, e do sufixo “*fit*”, que significa adaptação/ajuste. Este termo passou a ser utilizado pela indústria aeronáutica no início da década de 90 nos Estados Unidos e em países Europeus, para reportar-se à atualização de aeronaves, adaptando-as para novos equipamentos existentes no mercado. Nesta perspectiva, *retrofitting* industrial é o processo de atualização das máquinas, substituindo ou modernizando peças e softwares por modelos com versões mais recentes. O método implementa correções e novas funcionalidades a partir das características básicas do produto (WORREL; BIERMANS, 2005).

De acordo com Bakir, Bakir e Engels (2018), *Retrofit* é importante para a Indústria 4.0, uma vez que essa técnica oferece uma adaptação, não poderia haver a necessidade de uma nova máquina, o que requer um investimento inicial alto e, conseqüentemente, o aumento dos custos unitários.

Arjoni et al. (2017) afirmam que as estratégias de *retrofitting* têm um bom custo-benefício, permitindo que equipamentos antigos sejam utilizados como elementos da fabricação avançada com pouco esforço de programação e adaptação mecânica.

Schlechtendahl et. al. (2015) apresentam alternativas para adaptar sistemas que inicialmente não foram projetados com interface para indústria 4.0, podem ser expandidos para participar de uma fábrica 4.0, ao propor *retrofitting* baseado em conceitos de *gateways* de comunicação e em um servidor de informações.

Porém a estrutura utilizada por autores remete a fases genéricas que dificultando a compreensão e a replicação, como no trabalho de Abounaga e Moustafa (2016), em que o *retrofitting* é apresentado em cinco fases sendo: o planejamento do projeto; o diagnóstico do equipamento; identificação de oportunidades; testes; e verificação dos resultados.

2.4. Indústria 4.0

De acordo com Xu, Xu e Li (2018), o termo “Indústria 4.0” originou-se de um projeto iniciado pela estratégia de alta tecnologia do governo alemão para promover a informatização da manufatura. A Indústria 4.0 é considerada como a próxima fase na digitalização do setor manufatureiro.

A Indústria 4.0 introduz novas possibilidades que podem interromper a abordagem tradicional de planejamento e controle de produção. Refere-se a avanços tecnológicos recentes de automação na indústria de manufatura, tais como computação em nuvem, Internet das Coisas, sistemas ciber-físicos e *big data*. A Internet e tecnologias de suporte (por exemplo, sistemas embarcados) servem como uma espinha dorsal para a integração de objetos físicos, atores humanos, máquinas inteligentes, linhas de produtos e processos limites para formar um novo tipo de cadeia de valor inteligente, em rede e ágil, o que permite um melhor controle e operações a serem adaptadas em tempo real de acordo com a demanda variável (SCHUMACHER; EROL; SIHN, 2016; MOEUF et al., 2018; XU; XU; LI, 2018).

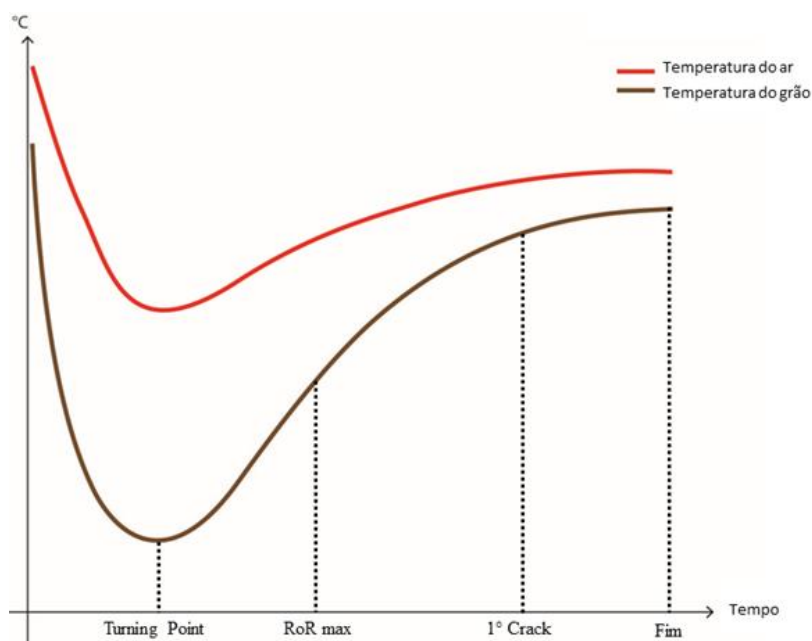
2.5. Torrefação do café

O café é uma bebida produzida a partir dos grãos torrados do fruto do cafeeiro. A torrefação do grão tem o objetivo de aumentar o sabor da bebida. Este pode ser dividido em três fases (SCHMIDT; MIGLIORANZA; PRUDÊNCIO, 2008):

- Secagem - em que a evaporação da água contida nos grãos reduz o percentual de umidade de 12% para cerca de 2%.
- Desenvolvimento de cor e sabor - após o grão chegar à temperatura de 200°C, dá-se início ao processo de reações químicas que geram a cor, o sabor e os aromas típicos de café torrado (FADAI et al, 2016).
- Resfriamento - fase em que os grãos devem ser resfriados para evitar a carbonização.

A torrefação do café segue uma curva de temperatura em um tempo determinado, conforme Figura 2.

Figura 2 – Curva com o perfil de torrefação do café.



Fonte: adaptado de Morten Münchow (2014)

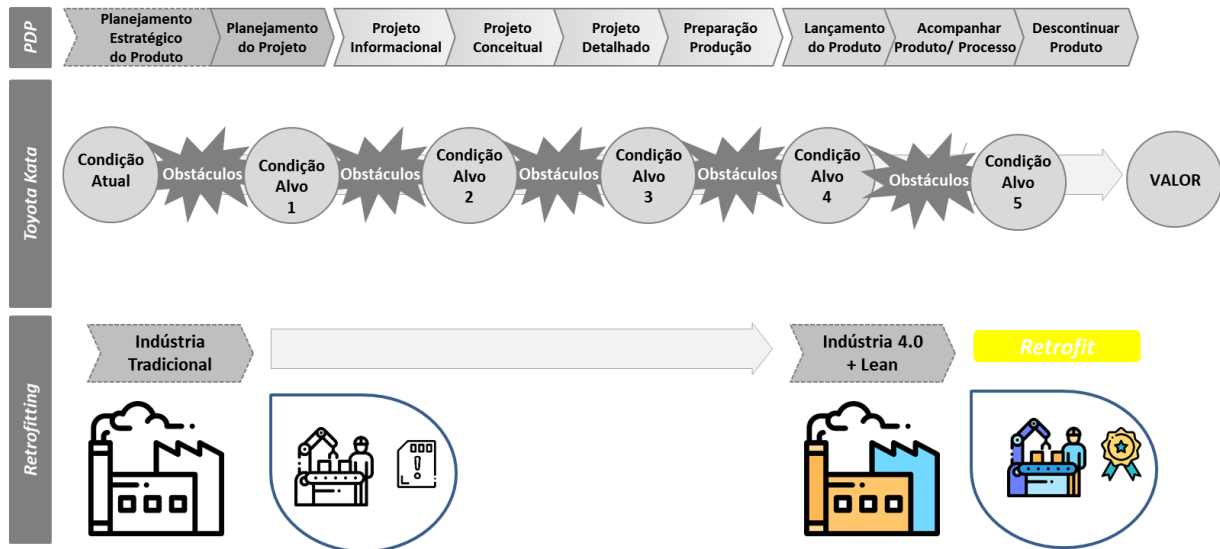
Esta curva inicia com uma queda de temperatura, ocasionada pela adição dos grãos de café verdes a temperatura ambiente em um torrador pré-aquecido, a este ponto dá-se o nome de “*Turning Point*”. Em sequência, a torrefação passa pelo ponto com a maior taxa de aumento de temperatura durante o processo, conhecido como *RoR max* (*Rate of Rise* – Taxa de Crescimento Máximo). O processo de evolução da torrefação continua a acontecer e ouve-se o Primeiro Crack (momento em que o grão gera um ruído similar ao de estouro de pipoca). A partir deste ponto, o café já é bebível e dá-se início a fase de desenvolvimento do sabor do grão. O ponto do fim da torrefação fica a critério do gosto do responsável pelo processo, com os grãos obtendo um aspecto mais escuro e torrado à medida que o tempo passa (SMITH; PARRISH, 2016).

Diferentes curvas de torrefação podem ser utilizadas para alcançar diferentes sabores de um café (Jung et al., 2017). Para alcançar os níveis de torrefação adequados, faz-se necessário o controle da temperatura no equipamento de torrefação, garantindo assim a qualidade no sabor do café.

3. Metodologia

Para a realização deste trabalho, segue-se as fases do PDP de Rozenfeld et al. (2006), operacionalizadas em ciclos curtos por meio da abordagem Toyota Kata. Esta estrutura para o *retrofitting* é ilustrada na Figura 3.

Figura 3 – Estrutura de *retrofitting*



Para exemplificação a fase de projeto conceitual é percorrida para o *retrofitting* de uma máquina utilizada para a torrefação do café, vide Souza, Werner e Forcellini (2018), que possui potência de 1000W e capacidade de processar 70g de café verde.

4. Exemplificação

Tanto o a abordagem *lean* quanto o PDP iniciam com a compreensão das necessidades do cliente, neste caso, o cliente é quem faz a torrefação do café. No PDP, as necessidades do cliente são transcritas em requisitos do produto, isto é, sendo representada em uma linguagem técnica e na sequência sendo ponderada para tornar-se uma especificação-meta.

Neste caso, os requisitos de temperatura, e sua variação permanecem os mesmos. Porém a característica de “controle dinâmico e automático da temperatura” é adicionado ao produto, afetando principalmente a fase de projeto conceitual. Desta forma inicia-se os ciclos experimentação para esta mudança.

4.1. Ciclo I

Seguindo a abordagem Toyota Kata, inicialmente foi estabelecido o desafio, sendo: ter um sistema de torrefação do café que consiga reproduzir a curva estabelecida pelo operador de forma automática. Desta forma seguindo a os passos da abordagem, a Condição Atual do da máquina de torrar café foi descrita no *storyboard*, Quadro 1. Na sequência a Condição Alvo (que para a exemplificação, não foi adicionada data) foi estabelecida e escrita no *storyboard*, os obstáculos que impediam que o sistema mude de condição foram identificados. O obstáculo “desconhecimento da estrutura funcional necessária” foi selecionado para ser

atacado no primeiro ciclo, com isto uma ação foi planejada e foi descrito o que se esperava com a realização desta ação.

Quadro 1 – Primeiro ciclo

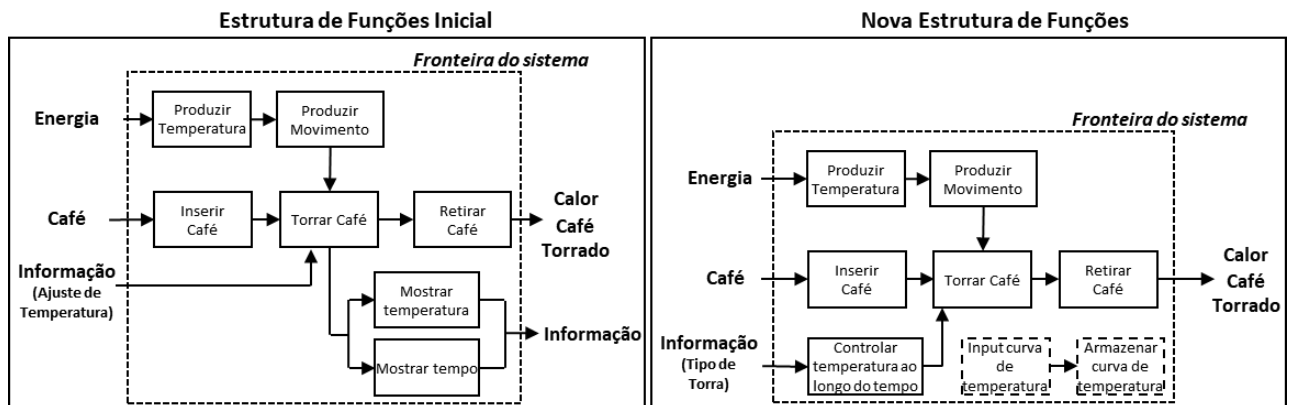
Condição Atual: Torrefação com desvios na curva de temperatura em função da resposta do operador Controle de temperatura manual Controle do tempo de torrefação manual Alternativas de solução desconhecida Funções necessárias desconhecidas	Condição Alvo: Torrefação sem desvios da curva de temperatura Controle da temperatura automática Controle do tempo de torrefação automatizado Alternativa de solução selecionada Funções necessárias conhecidas	O que planeja? 1. Elaborar a estrutura de funções do torrador, por meio de um fluxo com as funções exercidas, ressaltando as principais entradas e saídas.	O que espera? 1. Um fluxo com as principais funções para a realização da torrefação do café.
		O que aconteceu? Obstáculos: - Desconhecimentos das funções necessárias para a máquina de torrar café - Desconhecimento das alternativas de solução das funções - Desconhecimento do conjunto de alternativas mais adequado	O que aprendeu?

Após estas definições, o primeiro ciclo foi realizado em que a equipe relatou ao *coach* a sua Condição Atual, a Condição Alvo, o que planeja e o que espera. Com a aprovação do *coach*, deu-se início ao primeiro ciclo de experimentação, realizando a ação proposta.

4.2. Ciclo II

Após a realização da ação, obteve-se nova estrutura de funções necessária, esta estrutura de funções foi comparada com a estrutura inicial do torrador de café, conforme Figura 4.

Figura 4 – Comparação entre as estruturas funcionais



Verificou-se que houve a remoção das funções “Mostrar Temperatura” e “Mostrar Tempo”, estas funções eram necessárias anteriormente pois a mudança da temperatura ocorria de forma manual. Além disto, observou-se que para as novas funções elencadas deve-se identificar possíveis alternativas de soluções. Estas informações foram registradas no

storyboard, correspondendo a nova condição atual do sistema, o que aconteceu e o que aprendeu, conforme mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Segundo ciclo

Condição Atual: Torrefação com desvios na curva de temperatura em função da resposta do operador Controle de temperatura manual Controle do tempo de torrefação manual Alternativas de solução desconhecida Funções necessárias desconhecidas Funções necessárias conhecidas	Condição Alvo: Torrefação sem desvios da curva de temperatura Controle da temperatura automática Controle do tempo de torrefação automatizado Alternativa de solução selecionada Funções necessárias conhecidas	O que planeja? 1. Elaborar a estrutura de funções do torrador, por meio de um fluxo com as funções exercidas, ressaltando as principais entradas e saídas. 2. Propor alternativas de soluções para as funções do torrador, com base em um <i>brainstorming</i>	O que espera? 1. Um fluxo com as principais funções para a realização da torrefação do café. 2. Listagem de possíveis alternativas que cumpram as respectivas funções
Obstáculos: - Desconhecimentos das funções necessárias para a máquina de torrar café - Desconhecimento das alternativas de solução das funções - Desconhecimento do conjunto de alternativas mais adequado		O que aconteceu? 1. A estrutura com as funções do torrador de café foi elaborada.	O que aprendeu? 1. A estrutura funcional propiciou a compreensão de quais funções necessitam ser alteradas

Durante o segundo ciclo, foi questionado pelo *coach* como seria realizada a obtenção das alternativas de soluções na matriz morfológica. A equipe relatou que utilizaria o método *brainstorm* com foco na Indústria 4.0. Após a explicação, e com a concordância do *coach*, a ação planejada foi colocada em prática, sendo então realizado o terceiro ciclo de experimentos.

4.3. Ciclo III

Com a realização do Ciclo II, obteve-se 17 alternativas de soluções para as 3 funções, conforme Figura 5.

Figura 5 – Matriz morfológica

Função	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5	Alternativa 6	Alternativa 7	Alternativa 8
Controlar temperatura ao longo do tempo	Termopar	Termistor NTC	Termômetro Manual Culinário e alteração manual	Dimmer digital	Dimmer manual	Controlador eletrônico	Dispositivos termoresistores	Controle por dispositivos infravermelho
Input dados da curva	Manual	Teclado Físico	via Wi-fi	via Bluetooth	via USB	Tela Touchscreen		
Armazenar Curva de temperatura	Dispositivo eletrônico (celular, computador)	No torrador	Nuvem					

Registrou-se o que aconteceu em relação a ação planejada e o que foi aprendido no *storyboard*, conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Terceiro ciclo

Condição Atual: Torrefação com desvios na curva de temperatura em função da resposta do operador	Condição Alvo: Torrefação sem desvios da curva de temperatura Controle da	O que planeja? ... 2. Propor alternativas de soluções para as funções do torrador, com base em um	O que espera? ... 2. Listagem de possíveis alternativas que cumpram as respectivas funções. 3. Conjunto de alternativas propostas
--	--	--	---

Controle de temperatura manual Controle do tempo de torrefação manual Alternativas de solução desconhecidas Funções necessárias conhecidas	temperatura automática Controle do tempo de torrefação automatizado Alternativa de solução selecionada Funções necessárias conhecidas	<i>brainstorming.</i> 3. Propor conjuntos de alternativas, concatenando as alternativas propostas.	
Obstáculos: - Desconhecimento das alternativas de solução das funções - Desconhecimento do conjunto de alternativas mais adequado		O que aconteceu? ... 2. Dezessete alternativas foram propostas para as três funções estabelecidas.	O que aprendeu? ... 2. O uso de <i>insights</i> da indústria 4.0 no <i>brainstorm</i> facilitou a geração de alternativas.

Com as alternativas listadas, notou-se a necessidade de selecionar conjuntos de soluções possíveis para atender as necessidades do projeto. Com o aval do *coach*, a equipe deu início ao novo ciclo.

4.4. Ciclo IV

Como resultado da ação planejada, oito conjuntos de alternativas, denominados de soluções foram gerados, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Soluções geradas

Função	Solução 1	Solução 2	Solução 3	Solução 4	Solução 5	Solução 6	Solução 7	Solução 8
Controlar temperatura ao longo do tempo	Termopar	Termopar	Termistor NTC	Controle por dispositivos infravermelho	Controle por dispositivos infravermelho	Dimmer digital	Dimmer digital	Dimmer digital
Input dados da curva	via USB	via Wi-fi	via Bluetooth	via USB	via Wi-fi	wi-fi	wi-fi	Bluetooth
Armazenar Curva de temperatura	No torrador	No torrador	Nuvem	Dispositivo eletrônico (celular, computador)	Nuvem	No torrador	nuvem	No torrador

Esta informação foi registrada no *storyboard* no campo “o que aconteceu”, além disto, também foi registrado no campo “o que aprendeu” o aprendizado, conforme Quadro 4.

Quadro 4 – Quarto ciclo

Condição Atual: Torrefação com desvios na curva de temperatura em função da resposta do operador Controle de temperatura manual Controle do tempo de torrefação manual Alternativas de solução desconhecidas Alternativas de solução conhecidas e não selecionada Funções necessárias conhecidas	Condição Alvo: Torrefação sem desvios da curva de temperatura Controle da temperatura automática Controle do tempo de torrefação automatizado Alternativa de solução selecionada Funções necessárias conhecidas	O que planeja? ... 3. Propor conjuntos de alternativas, concatenando as alternativas propostas. 4. Selecionar a solução que atenda às necessidades, ponderando frente as necessidades do cliente.	O que espera? ... 3. Conjunto de alternativas propostas. 4. Solução que atenda às necessidades selecionadas.
Obstáculos: - Desconhecimento das alternativas de solução das funções		O que aconteceu? ...	O que aprendeu? ...

- Desconhecimento do conjunto de alternativas mais adequado	3. 8 conjunto de alternativas foram propostas.	3. Observou-se a impossibilidade concatenar algumas alternativas durante a proposição dos conjuntos.
---	--	--

Com as soluções geradas, planejou-se fazer o ponderamento e seleção da solução que melhor atenda as especificações-metas. Com o aval do *coach*, a equipe deu início ao novo ciclo.

4.5. Ciclo V

Como resultado, obteve-se que a Solução 6, que concatena o controle da temperatura por *dimmer* digital, o input dos dados por *wi-fi* e o armazenamento da curva de temperatura na máquina de torrefação. Estas informações foram registradas no *storyboard*, conforme Quadro 5.

Quadro 5 – Quinto ciclo

<p>Condição Atual: Torrefação com desvios na curva de temperatura em função da resposta do operador Controle de temperatura manual Controle do tempo de torrefação manual Alternativas de solução conhecidas e não selecionada Alternativas de solução selecionada Funções necessárias conhecidas</p>	<p>Condição Alvo: Torrefação sem desvios da curva de temperatura Controle da temperatura automática Controle do tempo de torrefação automatizado Alternativa de solução selecionada Funções necessárias conhecidas</p>	<p>O que planeja? 1. Elaborar a estrutura de funções do torrador, por meio de um fluxo com as funções exercidas, ressaltando as principais entradas e saídas. 2. Propor alternativas de soluções para as funções do torrador, com base em um <i>brainstorming</i>. 3. Propor conjuntos de alternativas, concatenando as alternativas propostas. 4. Selecionar a solução que atenda às necessidades, ponderando frente as necessidades.</p>	<p>O que espera? 1. Um fluxo com as principais funções para a realização da torrefação do café. 2. Listagem de possíveis alternativas que cumpram as respectivas funções 3. Conjunto de alternativas propostas. 4. Solução que atenda às necessidades selecionadas.</p>
<p>Obstáculos: - Desconhecimento do conjunto de alternativas mais adequado</p>		<p>O que aconteceu? 1. A estrutura com as funções do torrador de café foi elaborada. 2. Dezessete alternativas foram propostas para as três funções estabelecidas. 3. 8 conjunto de alternativas foram propostas. 4. A Solução 6 foi selecionada, em função de atender de forma adequada as necessidades.</p>	<p>O que aprendeu? 1. A estrutura funcional propiciou a compreensão de quais funções necessitam ser alteradas 2. O uso de <i>insights</i> da indústria 4.0 no <i>brainstorm</i> facilitou a geração de alternativas. 3. Observou-se a impossibilidade concatenar algumas alternativas durante a proposição de conjuntos. 4. A utilização das necessidades como fator para o ponderamento facilitou a ação.</p>

Com estas informações, pode-se dar início ao desenvolvimento das demais etapas da fase de projeto conceitual, como definição de arquitetura, listagem de sistemas, subsistemas e componentes, macro processo produtivo, e na sequência a realização da fase do projeto detalhado.

5. Considerações finais

Com base no que foi exposto nesta pesquisa, este trabalho cumpre com o objetivo de apresentar a aplicação de uma estrutura para o *retrofitting* em um equipamento para aproximá-lo da Indústria 4.0, visando atender as necessidades dos clientes (valor). Apresentou-se em 5 ciclos, como utilizar as necessidades do cliente para criar um conceito de solução com foco na Indústria 4.0.

O método utilizado, segue a aplicação de ciclos curtos registrados em um *storyboard*, apresentou-se como uma forma eficaz de estruturar e direcionar as ações, ao formalizar o registro do conhecimento e possibilitar compartilhamento, desenvolvendo um padrão e uma rotina de iteração contínua.

Em relação ao equipamento, havia a necessidade dos clientes de alcançar a característica “controle dinâmico e automático da temperatura”. Esta característica foi obtida com a proposição da Solução que concatena o controle da temperatura por *dimmer* digital, o *input* dos dados por *wi-fi* e o armazenamento da curva de temperatura na máquina de torrefação. Esta proposição é uma das fases do *retrofitting* para a obtenção do *retrofit* do equipamento (condição desejável).

Agradecimentos

Agradecemos a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo auxílio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ABOULNAGA, Mohsen; MOUSTAFA, Mohamed. Sustainability of higher educational buildings-Retrofitting approach to improve energy performance and mitigate CO2 emissions in hot climates. **Renewable Energy and Environmental Sustainability**, v. 1, p. 28, 2016
- ARJONI, D.H. et al. Manufacture Equipment Retrofit to Allow Usage in the Industry 4.0. In: **2017 2nd International Conference on Cybernetics, Robotics and Control (CRC)**. IEEE, 2017. p. 155-161.
- BAKIR, Dennis; BAKIR, Robin; ENGELS, Florian. Industry_Integrator como solução de retrofit para métodos de fabricação digital em plantas industriais existentes: Paper ID: 134. **Procedia Manufacturing**.
- FADAI, N. T.; MELROSE, J.; PLEASE, C. P.; SCHULMAN, A.; VAN GORDER, R. ANABIL T. FADAI; JOHN MELROSE; COLIN P. PLEASE; ALEXANDRA SCHULMAN, ROBER A. VAN GORDER. A heat and mass transfer study of coffee bean roasting. **International Journal of Heat and Mass Transfer**, 104, p. 787-799, 2017

- JUNG, S.; KIM, M. H.; PARK; J. H.; JEONG, Y.; KO, K. S. Cellular antioxidant and anti-inflammatory effects of coffee extracts with different roasting levels. **Journal of medicinal food**, v. 20, n. 6, p. 626-635, 2017.
- MOEUF, Alexandre et al. The industrial management of SMEs in the era of Industry 4.0. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 3, p. 1118-1136, 2018.
- MORGAN, J. M.; LIKER, J. K. **Sistema Toyota de desenvolvimento de produto: integrando pessoas, processos e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2008. 392 ISBN 8577803651.
- MORTEN MÜNCHOW. **Roast profile analysis**. 2014. Disponível em: <https://coffee-mind.com/profile/>. Acessado em 20 de agosto de 2017
- NSIAH, K. A. et al. An open-source toolkit for retrofit industry 4.0 sensing and monitoring applications. In: **2018 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC)**. IEEE, 2018. p. 1-6.
- ROTHER, M. **Toyota Kata: Managing People for Improvement, Adaptiveness and Superior Results**. New York: McGraw Hill; 2009.
- ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F.A.; AMARAL, D.C., TOLEDO, J.C.; ALIPRANDINI, D.H.; SCALICE, R.K. **Gestão do Desenvolvimento de Produtos – uma abordagem para a melhoria do processo**. Editora Saraiva, 2006.
- SCHLECHTENDAH, Jan et al. Making existing production systems Industry 4.0-ready. **Production Engineering**, v. 9, n. 1, p. 143-148, 2015.
- SCHMIDT, C. A. P.; MIGLIORANZA, E.; PRUDÊNCIO, S. H. Interação da torra e moagem do café na preferência do consumidor do oeste paranaense. **Ciência Rural**, v. 38, n. 4, p. 1111-1117, 2008.
- SCHREIBER, I. F. **A relação entre o retrofit e a satisfação do usuário: Estudo de caso em uma empresa do Vale dos Sinos**. Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade do Vale do Rio dos Sinos. São Leopoldo, 2017.
- SCHUMACHER, A.; EROL, S.; SIHN, W. A maturity model for assessing Industry 4.0 readiness and maturity of manufacturing enterprises. **Procedia Cirp**, v. 52, p. 161-166, 2016.
- SMITH, D.; PARRISH, S. **The S-Curve Roasting Profile: Exploring Roasting Basis**. 2016. Disponível em <https://www.perfectdailygrind.com/2016/02/the-s-curve-roast-profile-exploring-roasting-basics/>. Acessado em: 20 de agosto de 2017
- Souza, R. O.; Werner, S. M.; Forcellini, F. A. Demonstração da utilização da abordagem Toyota Kata em um projeto DIY para realizar a torra de grãos de café. Em: anais **VIII Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção – VIII Conbrep** 2018. 2018.
- SUNG, Tae Kyung. Industry 4.0: a Korea perspective. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 132, p. 40-45, 2018.
- TUPTUK, N.; HAILES, S. Security of smart manufacturing systems. **Journal of manufacturing systems**, v. 47, p. 93-106, 2018.
- WORRELL, Ernst; BIERMANS, Gijs. Move over! Stock turnover, retrofit and industrial energy efficiency. **Energy Policy**, v. 33, n. 7, p. 949-962, 2005.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation**. Simon and Schuster. 2003.



XU, Li Da; XU, Eric L.; LI, Ling. Industry 4.0: state of the art and future trends. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 8, p. 2941-2962, 2018.