

# **INOVAÇÃO DE PROCESSO NO SETOR FERROVIÁRIO: COMO A TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO PODE OTIMIZAR A COLETA DE DADOS NAS ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO FERROVIÁRIA<sup>1</sup>**

Resumo: O presente artigo tem como objetivo apresentar uma inovação de processo desenvolvida para a área de manutenção de uma empresa que atua no setor de transporte ferroviário de cargas. Por meio do mapeamento do processo e da busca pela redução dos desperdícios, identificou-se na *e-maintenance* oportunidades para otimizar as atividades relacionadas à coleta de dados de manutenção. Com o redesenho do processo é possível visualizar graficamente os benefícios resultantes da inovação. Por fim, o cálculo da viabilidade econômica sinaliza o tempo de retorno do investimento, auxiliando na decisão da implementação da inovação tecnológica.

Palavras-Chaves: Inovação de processo, Inovação tecnológica, Redução de desperdícios, Mapeamento do fluxo de valor, *E-maintenance*.

## **PROCESS INNOVATION IN THE RAILROAD SECTOR: HOW THE INFORMATION TECHNOLOGY CAN IMPROVE THE DATA COLLECTION IN THE RAILROAD MAINTENANCE ACTIVITIES**

Abstract: This paper aims to present a process innovation developed for a maintenance sector in a company that provides cargo railroad transportation. This study mapped a specific process and research for waste reductions. An *e-maintenance* innovation was suggested in order to optimize the data collection tasks. It is possible to understand the innovation benefits through the process redesign. The economic viability analysis presents the payback and helps the decision to implement the technological innovation.

Keywords: Process innovation, Technological innovation, Waste reduction, Value Stream Mapping, *E-maintenance*.

Área do artigo: Casos práticos de inovação

---

<sup>1</sup> COELHO, N.; BARBOSA, F. Inovação de processo no setor ferroviário: como a tecnologia da informação pode otimizar a coleta de dados nas atividades de manutenção ferroviária. **Delfos**: fórum de discussão multidisciplinar acerca do tema inovação, Belo Horizonte, nov. 2017.

## **1. Introdução**

O presente artigo tem como objetivo apresentar um estudo de caso sobre a inovação de processo desenvolvida na área de manutenção de componentes de uma empresa que atua no setor de transporte ferroviário de cargas e as vantagens que a sua implementação podem gerar para a companhia. Para o melhor entendimento dos termos utilizados e da maneira como as discussões foram conduzidas, o referencial teórico engloba os assuntos de inovação, Sistema Toyota de Produção, mapeamento e redesenho de processo, confiabilidade, rastreabilidade e *e-maintenance*.

Após a definição desses conceitos, tem-se o detalhamento da metodologia utilizada e, em seguida, são apresentadas as discussões em relação aos dados coletados e os resultados encontrados. Ao final, estão descritas as conclusões do estudo realizado, assim como as limitações identificadas.

Este trabalho é uma pesquisa aplicada, cujas análises possuem abordagem qualitativa e quantitativa. Para o seu desenvolvimento foram realizadas entrevistas, observação de tarefas, cronoanálises, testes na área piloto, análise de viabilidade financeira e dos demais dados coletados.

## **2. Referencial Teórico**

### **2.1. Inovação**

A inovação é um processo contínuo, no qual diversos participantes contribuem para o seu desenvolvimento, ou seja, não é uma “atividade individual” (TIDD; BESSANT, 2015). O primeiro momento, referente à geração da ideia, é chamado de invenção, enquanto o processo de implementá-la é a ação de inovar (FAGERBERG, 2004).

A inovação pode ser uma resposta da empresa às mudanças externas ou até mesmo uma maneira de influenciar o ambiente, se antecipando às possíveis alterações (DAMANPOUR, 1996). Ela não precisa estar diretamente relacionada à tecnologia de ponta, qualquer inclusão de um novo elemento no sistema é uma maneira de inovar (PALLONE, 2014), seja ela uma melhoria ou uma novidade (COZZENS; KAPLINSKY, 2009).

Devido a essa diversidade de mudanças, podemos classificá-las de acordo com a “escala, natureza, grau de novidade e outros” (TIDD; BESSANT, 2015, p. 57). Dentre os tipos ou naturezas existentes, podemos citar a inovação de produto, de processo, novo mercado, nova

fonte de matéria-prima, mudança organizacional (SCHUMPETER, 1997), posição – cuja definição é a alteração da maneira como os produtos e serviços são disponibilizados, paradigma – que está relacionada à alteração das diretrizes organizacionais (TIDD; BESSANT, 2015), e marketing – que envolve uma mudança nos métodos de divulgação dos produtos e serviços (OCDE; EUROSTAD, 2005).

Quando consideramos o impacto ou o grau da novidade, temos a pequena melhoria, chamada de inovação incremental (TIDD; BESSANT, 2015), o novo para a empresa, para o mercado ou setor, para a nação (OCDE; EUROSTAD, 2005) e para o mundo, sendo a última categorização também conhecida como inovação radical ou disruptiva (NELSON; ROSENBERG, 1993).

Além disso, ao associarmos a atividade de inovar às empresas, temos a inovação tecnológica, que envolve o desenvolvimento tecnológico (OCDE; EUROSTAD, 2005), ou seja, a criação de novos produtos e processo ou a melhoria dos já existentes com o intuito de aumentar a qualidade, a produtividade e, conseqüentemente, a competitividade (STEFANINI, 2014). Caso essa novidade resulte em redução dos danos gerados ao meio ambiente, seja como objetivo principal ou secundário, podemos denominá-la inovação tecnológica sustentável (KEMP; ARUNDEL, 1998).

## **2.2. Sistema Toyota de Produção**

O Sistema Toyota de Produção (STP) busca uma produção eficiente, ou seja, que atenda à demanda a um custo competitivo (OHNO, 1988), sem redução da qualidade (BERTI, 2006). Com esse intuito, ele atua na identificação e na eliminação de atividades que não agregam valor ao produto final, os desperdícios, o que propicia o aumento da eficiência da produção. Dentre as classificações de desperdício existentes, podemos citar:

- i. Superprodução: produção acima do necessário ou antes do prazo estabelecido (OHNO, 1988);
- ii. Tempo de espera: tempo em que a produção não ocorre devido à espera por insumos, manutenção, recursos, entre outros (OHNO, 1988);
- iii. Transporte: materiais e informações sendo movimentados sem necessidade (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2017);
- iv. Processo: tarefas e etapas que não agregam valor ao produto final e processamento inferior ou superior ao pré-determinado (ART OF LEAN, 2017);

- v. Estoque: armazenagem do material resultante da superprodução, assim como dos produtos necessários para atender ao cliente, caso o tempo de produção não esteja ajustado à demanda (OHNO, 1988);
- vi. Movimento: ações desnecessárias realizadas pelo empregado (OHNO, 1988);
- vii. Defeitos: erros, itens fora do padrão ou sem qualidade, o que pode resultar na necessidade de refazer atividades ou de descartar o produto (OHNO, 1988);
- viii. Talento humano: ideias e recursos que não são utilizados (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2017).

### **2.3. Mapeamento e redesenho de processos**

Processo é um conjunto de tarefas organizadas que transformam insumos em produtos ou serviços. O mapeamento de processos consiste em identificar esses elementos, através de pesquisas, observação de tarefas e entrevistas; e na representação gráfica dos mesmos. A partir dessas informações, é possível visualizar a interação entre as tarefas, analisá-las e buscar melhorias. A proposta de alteração da sequência previamente mapeada é denominada redesenho de processo (CONGER, 2011).

Dentre as representações gráficas existentes, podemos citar o fluxograma ou mapa do processo (CÉSAR, 2011) e o mapa do fluxo de valor (VSM). Essas ferramentas utilizam figuras geométricas para representar as etapas do processo, as quais são conectadas por setas, de acordo com a sequência em que ocorrem (VERGUEIRO, 2002), sendo que o VSM inclui dados de tempo e demanda, fornecendo uma visão geral do sistema (ROTHER; SHOOK, 2013).

### **2.4. Confiabilidade**

A confiabilidade é uma medida de comparação (MISHRA, 2006) que informa a probabilidade do produto ou sistema não falhar, ou seja, de desempenhar sua função de acordo com as condições de operação e tempo pré-estabelecidas (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2011). Podemos dizer, portanto, que é uma medida de sucesso do produto ou sistema (GOBLE, 2010).

Uma falha pode representar diversas perdas para uma empresa, desde um custo direto como reparações e *recalls*, como um custo indireto que envolve a insatisfação do cliente, a redução nas vendas e até a perda de vidas, que é uma situação extrema (KLEYNER, 2011). Por esse motivo, a importância desse atributo tem aumentado com a complexidade dos sistemas (GNEDENKO; USHAKOV, 1995) e, conseqüentemente, com a sua influência na

manutenibilidade, na qualidade (SANCHES, sem data), na confiança e na segurança (MISHRA, 2006).

## **2.5. Rastreabilidade**

Rastreabilidade é “seguir o rastro de fabricação de um produto” (BRASCOMM, 2017), ou seja, é a capacidade de relacionar dois itens ou mais (IEEE, 1990) que são produtos de determinado processo, sejam eles dados ou objetos. Para tal, é importante planejá-la e gerenciá-la (GOTEL et al., 2012), garantindo que esteja presente em todas as etapas (NORDIC CONCIL OF MINISTERS, 2008).

## **2.6. E-maintenance: Manutenção e a Tecnologia da Informação e Comunicação**

A manutenção é a necessidade de modificar um sistema ou restaurá-lo, como intuito de corrigir falhas ou melhorar sua performance (IEEE, 1990). A coleta dos dados durante esse processo pode ser facilitada pela tecnologia da informação e comunicação (TIC), que possibilita uma maior eficiência através da utilização de dispositivos portáteis e de plataformas digitais (HOLMBERG et al., 2010). Essa associação da TIC à manutenção é denominada *e-maintenance*.

## **3. Metodologia**

O presente artigo é um estudo de caso desenvolvido no setor de recuperação de componentes de locomotiva de uma empresa nacional de grande porte, cuja atividade fim é o transporte ferroviário de cargas. Essa definição foi baseada na facilidade de acesso aos processos e às informações pela autora.

A pesquisa teve início com a identificação de um problema concreto por meio de conversas informais com os trabalhadores do setor de recuperação de componentes de locomotiva. Para uma melhor compreensão das dificuldades mencionadas, diretamente relacionadas à coleta de dados e ao manuseio de documentação técnica, foram extraídos relatórios do sistema de gerenciamento de documentação contendo os tipos de documentos existentes (formulários ou *checklists*, procedimentos operacionais, entre outros), a quantidade e o número de impressões realizadas. Devido à diversidade de componentes, atividades e documentação técnica, foi necessário definir uma unidade de análise para direcionar o estudo e observar o processo com maior detalhamento e profundidade.

Para isso, foram elaboradas pela autora duas matrizes de decisão, uma para a escolha da área, pois o setor a ser estudado possui três macroprocessos (recuperação de componentes elétricos, mecânicos ou eletrônicos), e outra para a definição da célula de trabalho onde as análises seriam realizadas, pois cada macroprocesso se subdivide em diversos processos menores. A utilização dessa ferramenta se baseia na criação de uma matriz contendo critérios (linhas) e alternativas (colunas) que são avaliados através de uma nota, podendo ou não ter pesos distintos. A decisão ocorre a partir da maior pontuação obtida por meio da soma dos valores de cada coluna (CÉSAR, 2013).

Para a pesquisa em questão, as notas poderiam variar de acordo com uma escala de 1 (menor relevância) a 5 (maior relevância), os critérios possuíam o mesmo grau de importância (peso igual a um) e foram criados considerando o problema identificado. Para a definição da área, a pontuação foi fornecida por um empregado com visão macro do setor de recuperação de componentes de locomotivas. É possível verificar na Tabela 1 que foram considerados seis critérios e que a área com a maior pontuação foi a de recuperação de componentes elétricos.

**Tabela 1: Matriz de Decisão – Área Crítica**

Item / Área	Componentes elétricos	Componentes mecânicos	Componentes eletrônicos
Facilidade de acesso - documentos digitais	5	5	5
Facilidade de acesso - documentos impressos	5	5	5
Quantidade de formulários	5	4	1
Páginas por formulário	5	5	4
Impacto de preenchimento indevido em auditoria	5	4	1
Facilidade de intervenção no processo	5	5	4
Total	30	28	20

**Fonte: Elaborada pela autora com dados fornecidos pelo funcionário com visão global do setor.**

Já para a escolha da célula de trabalho, as pontuações foram fornecidas por três colaboradores do setor definido pela primeira matriz, sendo um com função de coordenador e os demais de suporte técnico. O resultado considerou o maior valor resultante da média das três notas obtidas para cada alternativa. Podemos verificar na Tabela 2 que dez critérios auxiliaram na seleção da unidade de análise, a célula de recuperação de baterias.

Tabela 2: Matriz de Decisão – Célula Crítica

Item / Célula	Bateria	Teste	Estacionários	Recuperação	Montagem Pequenos Rotativos	Montagem Motor e Gerador	Desmontagem
Menor quantidade de componentes por célula	4,7	1,3	2,0	1,3	1,3	1,0	1,0
Maior quantidade de formulários por componente	3,0	3,7	3,3	3,7	3,0	2,3	1,0
Páginas por formulário	4,7	3,0	2,0	3,3	2,0	2,7	1,0
Erros por formulário	4,7	1,3	3,0	3,0	3,0	2,0	1,0
HH para preenchimento de formulário	4,7	3,7	3,0	2,7	2,0	2,3	1,0
HH para revisão de formulário	4,7	3,3	3,0	2,7	2,0	2,0	1,0
Impacto de preenchimento indevido em auditoria	5,0	2,3	3,0	3,0	3,0	2,3	1,0
Criticidade do processo / componente / dado	4,3	4,3	4,3	3,7	4,3	4,3	1,0
Facilidade de intervenção no processo	3,7	3,7	2,3	2,3	3,3	3,7	3,7
Interesse dos <i>Stakeholders</i> no projeto	4,3	4,3	3,7	3,7	4,3	3,7	2,3
Total	43,7	31,0	29,7	29,3	28,3	26,3	14,0

**Fonte:** Elaborada pela autora com a média dos dados fornecidos pelos três funcionários do setor de recuperação de componentes elétricos.

Com a unidade de análise definida, a investigação documental e a pesquisa de campo foram direcionadas para o processo de recuperação de baterias. Os estudos do procedimento operacional padrão e dos *checklists* utilizados para a coleta dos dados de manutenção, assim como a observação de tarefas, a cronoanálise e as entrevistas com os mantenedores permitiram uma maior compreensão de cada atividade, auxiliando na elaboração do Mapa do Fluxo de Valor (VSM) e do fluxograma do processo de utilização da documentação técnica, foco do estudo.

Esses mapas, o VSM e o fluxograma, permitiram visualizar como as tarefas estão interligadas e onde estão localizados os desperdícios, ou seja, aquelas atividades que podem ser retiradas sem prejudicar as saídas do processo. Após a análise dos mesmos, foi elaborada uma proposta de redesenho do processo, considerando uma inovação incremental nas etapas de coleta de dados, o *checklist* digital.

Para validar a melhoria sugerida foram realizados testes na unidade de análise, sendo que o dispositivo portátil utilizado foi o *laptop* e o *software* foi o Microsoft Office Excel. O pré-teste teve como objetivo validar as funções do *checklist* digital, ou seja, verificar se os

parâmetros definidos no meio virtual estavam de acordo com o procedimento operacional padrão. Para tal, dois mantenedores digitaram os dados do processo durante a execução da atividade de recuperação de bateria. Em seguida, eles informaram as divergências identificadas e sugeriram algumas melhorias no sistema. Após realizar as devidas correções, foi realizado o teste inicial, etapa em que todos os funcionários da célula piloto conheceram a versão digital do formulário, as funcionalidades e puderam testar individualmente a digitação das informações. Este foi o único teste realizado fora do ambiente real de trabalho, ou seja, ele ocorreu em um escritório, pois o objetivo era ensinar como utilizar o *checklist* digital e verificar as dúvidas dos principais usuários. Por último, temos o teste final, no qual quatro empregados, na célula de trabalho, realizaram o preenchimento total dos formulários em meio virtual e cujos tempos foram cronometrados.

Com o intuito de validar a inovação tecnológica com um maior número de empregados e mapear as expectativas dos envolvidos com o impacto de sua implementação, foram realizadas dezessete entrevistas. Dessas, dez foram com os usuários de formulários: cinco mantenedores da unidade de análise ou de outras áreas, dois assistentes responsáveis pela impressão e três empregados que atualizam os documentos e auxiliam tecnicamente os mantenedores. As demais foram realizadas com sete empregados que exercem a função de líder: três eram mantenedores da célula crítica ou de outras áreas e atualmente fornecem suporte à gestão da produção, um é auditor de processo (o que inclui a parte de preenchimento de informação técnica), dois são coordenadores das áreas que realizam a manutenção dos componentes elétricos e mecânicos e um é o gerente do setor de recuperação de componentes de locomotivas.

Por fim foi realizado o estudo de viabilidade econômica considerando dois cenários, um em que os mantenedores compartilham *tablets*, o que envolve um menor custo de investimento, e outro em que são adquiridos um por usuário. Os valores referentes ao investimento de capital foram orçados em três lojas online, sendo escolhido aquele de menor custo, e a quantidade necessária foi verificada com os gestores de cada área. Para o cálculo da EBITDA foi considerada a economia gerada com a eliminação dos desperdícios, como a redução dos valores de homem-hora consumidos pelo deslocamento, por atividades de conferência e digitação. A depreciação, o valor residual, a alíquota do Imposto de Renda (IR) e da Contribuição Social sobre o Lucro Líquido (CSLL) consideraram o tipo de equipamento a ser adquirido, a maneira como a empresa declara os resultados e a legislação vigente. Essas



informações permitiram o cálculo do Valor Presente Líquido (VPL), da Taxa Interna de Retorno (TIR) e do *payback* ou tempo de retorno de investimento.

Portanto, o trabalho em questão é uma pesquisa aplicada (VERGARA, 1998), com abordagem quantitativa, quando consideramos as entrevistas e as informações coletadas durante as observações do processo (LOCKE; SPIRDUSO; SILVERMAN, 2014), e quantitativa, nas etapas de análise da quantidade de documentação com erro, do tempo das atividades, das “tendências, atitudes ou opiniões de uma população ao estudar uma amostra dela” (CRESWELL, 2007, p. 161-162) e da viabilidade da inovação.

#### **4. Resultados e discussões**

A definição de uma unidade de análise permitiu um estudo mais aprofundado do processo e a realização dos testes em uma célula piloto. Entretanto, as análises sobre quantidade de documentação, impressões, deslocamento e viabilidade financeira foram realizadas considerando o setor de recuperação de componentes de locomotivas como um todo, para verificar a viabilidade de implementar a inovação nas três áreas que o compõem.

O setor de recuperação de componentes de locomotivas possui 663 documentos utilizados durante a manutenção, o que representa 29% do portfólio da companhia. 61% dessa documentação são classificadas como formulários ou *checklists*, os quais precisam ser impressos sempre que um componente entra no processo, pois neles são anotados diversos dados técnicos, que são utilizados em análise de falhas, estudos de ciclo de vida, entre outros. Conforme relatório de impressão da empresa, em 2016 os formulários foram responsáveis por 87.795 folhas impressas por esse setor, o que representa uma média diária de 416 folhas e uma média mensal de 7.316 folhas, e que gerou um custo de R\$ 3.480 no ano.

Atualmente, para garantir que os *checklists* estejam disponíveis na versão mais atual, os mesmos são impressos apenas no momento em que começa o processo de manutenção. Sendo assim, sempre que um componente inicia a recuperação, é necessário que um funcionário se desloque para buscar o documento, que a pessoa com o perfil para impressão esteja disponível e que tenha licença para o acesso ao formulário. Além disso, para garantir a confiabilidade e a rastreabilidade, todas as informações preenchidas nos *checklists* são conferidas e digitadas em uma planilha de Excel, para garantir uma maior agilidade na consulta das mesmas.

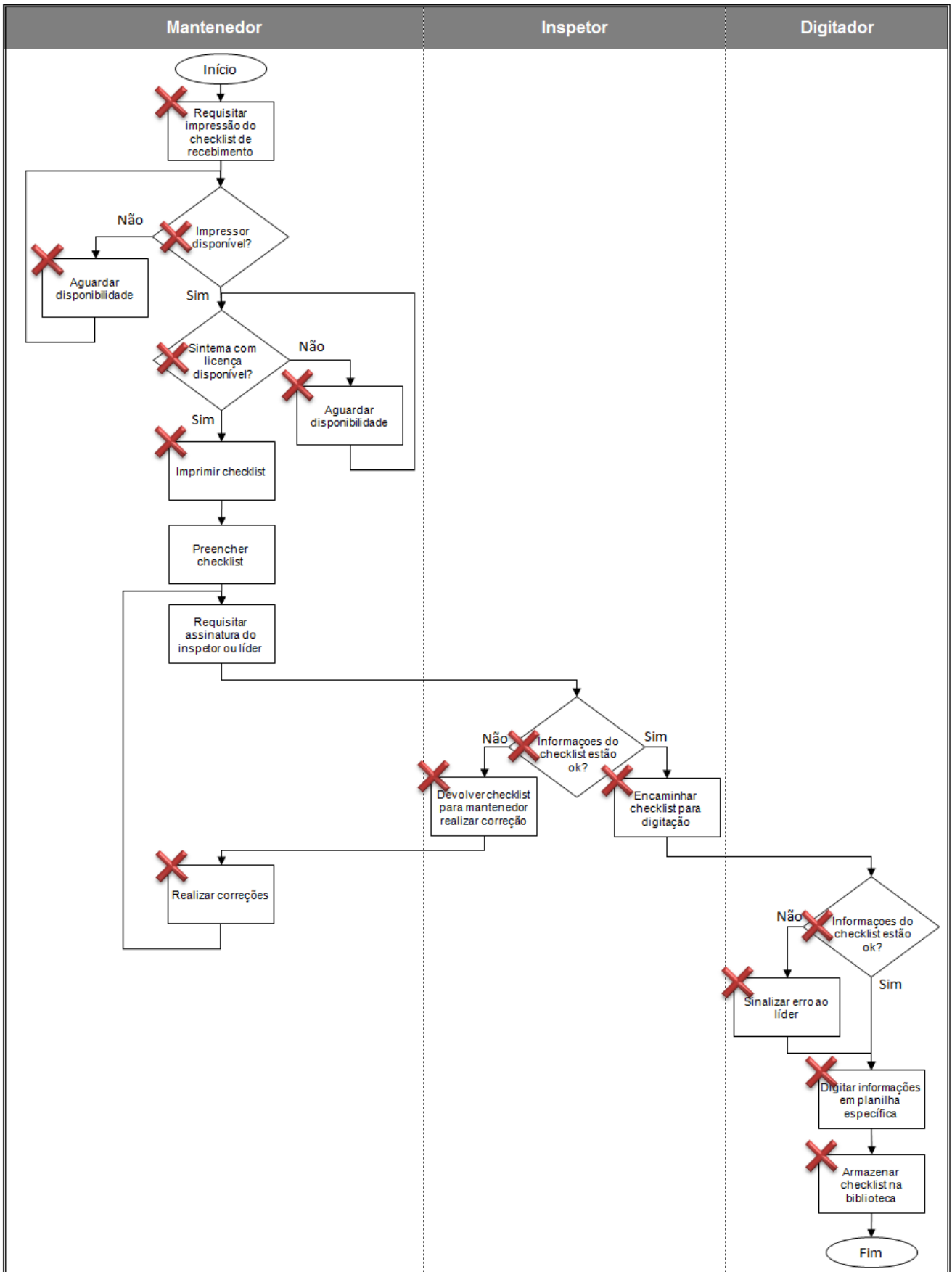
Nessa breve descrição do processo, é possível identificar o desperdício de movimentação, de tempo de espera, de processo – quando consideramos as atividades manuais que podem ser

alteradas pelo processamento digital, e de talento humano – que se refere às atividades que não agregam valor, como conferência e digitação. Além disso, em uma análise de 513 formulários preenchidos em 2016 pelos mantenedores da célula crítica, foram identificadas rasuras em 76% dos documentos, o que sinaliza a presença frequente de defeitos nessa atividade.

Com o objetivo de otimizar o processo, foram desenvolvidas soluções que buscassem reduzir ou eliminar os desperdícios identificados. Sugestões como a aquisição de impressora para as células e a compra de licenças do software de gerenciamento de documentação foram propostas, mas, além do custo envolvido, as mesmas não teriam impacto nos defeitos. Para reduzi-los, seria necessário atuar diretamente na coleta dos dados, atividade que poderia ser controlada e conferida automaticamente por um sistema que denominamos de *checklist* digital.

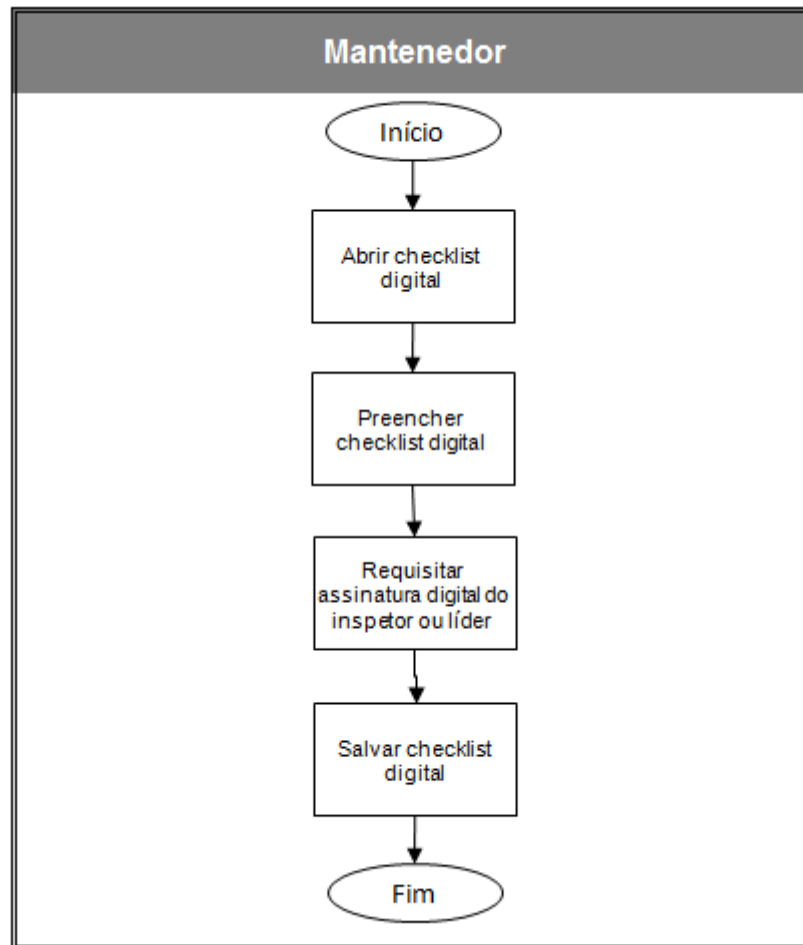
Essa ferramenta pode criar bloqueios para a entrada das informações, fazer análise dos dados considerando as regras do procedimento e sinalizar alguns erros de digitação. Além disso, ela pode ser utilizada diretamente da célula de trabalho através de dispositivos portáteis, como *smartphones* e *tablets*, o que permite o acesso aos dados em tempo real. Essas melhorias podem ser visualizadas nos fluxogramas que mostram o processo atual (Figura 1), que sinaliza com um “x” as atividades que podem ser eliminadas, e o processo futuro (Figura 2), que considera a substituição do formulário impresso pelo digital.

Figura 1: Mapeamento do processo de utilização de *checklist* e sinalização das possíveis melhorias



Fonte: Elaborado pela autora.

**Figura 2: Redesenho de Processo - Utilização do *checklist* digital**



**Fonte: Elaborado pela autora.**

Além da redução considerável das atividades do processo e da economia de R\$ 3.480 com impressões, que não serão necessárias com o *checklist* digital, também há uma redução no valor do homem-hora (HH) consumido com o deslocamento, a conferência e a digitação. Ao multiplicar o custo padrão do HH da empresa pelo tempo utilizado por essas atividades e pela quantidade de vezes que foram realizadas no ano de 2016, obtemos um valor de R\$ 9.503 para o primeiro desperdício e um total de R\$ 12.912 para os outros dois itens. Somando os três valores mencionados, temos uma economia total de R\$ 25.895 por ano.

Para equipar o setor com dispositivos portáteis, utilizados para a coleta dos dados de manutenção, foi considerada a aquisição de *tablets* de 16GB de memória interna, com uma tela de 7" e da marca Positivo, cujo menor valor encontrado em uma busca online realizada no dia 27/03/2017 foi de R\$ 664,99. Além disso, também foram consultados valores de capa protetora, película e bolsa aquática, para ser utilizada nos ambientes mais agressivos, como a célula de recuperação de bateria. A quantidade necessária e os valores totais para o Cenário 1,

em que os *tablets* serão compartilhados na área de recuperação de componentes elétricos, estão disponíveis na Tabela 3. Esse compartilhamento não foi considerado para as demais áreas devido às características específicas dos processos, conforme sinalizado pelos coordenadores.

**Tabela 3: Investimento em *tablets* x área**

Área	Quantidade de <i>tablets</i>	Capa	Película	Bolsa	Positivo 7"
Componente Elétrico	12	12	10	2	R\$ 8.663,66
Componente Eletrônico	2	2	2	-	R\$ 1.435,76
Componente Mecânico	26	26	26	-	R\$ 18.664,88
Investimento Total	40	40	38	2	R\$ 28.764,30

Fonte: Elaborada pela autora.

Ao analisar o retorno de investimento, é possível verificar na Tabela 4 que o VPL é positivo e a TIR é maior do que a taxa de desconto de 9,25%, valor referente à Selic diária do dia 26/07, o que demonstra a viabilidade da inovação.

**Tabela 4: Retorno do Investimento - Cenário 1**

Itens	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
	0	1	2	3	4	5
(-) Investimentos ( <i>tablets</i> + acessórios)	-28.764,30					
(=) Lucro Operacional (EBITDA)		25.895,59	25.895,59	25.895,59	25.895,59	25.895,59
(-) Depreciação ( <i>tablet</i> ) = 20%		-5.319,92	-5.319,92	-5.319,92	-5.319,92	-5.319,92
(=) Lucro antes do Imposto de Renda (LAIR)		20.575,67	20.575,67	20.575,67	20.575,67	20.575,67
(-) IR = 15%		-3.086,35	-3.086,35	-3.086,35	-3.086,35	-3.086,35
(-) CSLL = 9%		-1.851,81	-1.851,81	-1.851,81	-1.851,81	-1.851,81
(=) Lucro Líquido		15.637,51	15.637,51	15.637,51	15.637,51	15.637,51
(+) Depreciação		5.319,92	5.319,92	5.319,92	5.319,92	5.319,92
(+) Valor Residual						5.440,00
(=) Fluxo de Caixa Livre (FCL)	-28.764,30	20.957,43	20.957,43	20.957,43	20.957,43	26.397,43
(=) Fluxo de Caixa Acumulado (FCA)	-28.764,30	-7.806,87	13.150,56	34.107,99	55.065,41	81.462,84
Taxa de Desconto		9,25%				
Valor Presente Líquido (VPL)		R\$ 55.722,10				
Taxa Interna de Retorno (TIR)		68,44%				
Payback (ano)		2018,37				
Payback (meses)		16,48				
				(+) Valor de Mercado (160,00)		6.400,00
				(-) Valor contábil		0,00
				(-) IR = 15%		-960,00
				(=) Valor residual		5.440,00

Fonte: Elaborada pela autora.

Durante as entrevistas realizadas foram sinalizadas preocupações com relação ao compartilhamento do dispositivo portátil, principalmente quando consideramos a quebra do mesmo. Pensando nessa situação, criamos um Cenário 2, no qual teremos um *tablet* para cada mantenedor da área da elétrica. Nesse caso, seria necessária a aquisição de 26 *tablets* e capas, 22 películas e 4 bolsas aquáticas, o que resultaria em um investimento de R\$ 18.683,48 para a

área e de R\$ 38.784,12 para o setor. Mesmo com o aumento do investimento no Cenário 2, ele ainda se mostra viável, com um VPL positivo e uma TIR maior do que a taxa de desconto utilizada, conforme Tabela 5.

**Tabela 5: Retorno do Investimento - Cenário 2**

Itens	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano
	0	1	2	3	4	5
(-) Investimentos ( <i>tablets</i> + acessórios)	-38.784,12					
(=) Lucro Operacional (EBITDA)		25.895,59	25.895,59	25.895,59	25.895,59	25.895,59
(-) Depreciação ( <i>tablet</i> ) = 20%		-7.181,89	-7.181,89	-7.181,89	-7.181,89	-7.181,89
(=) Lucro antes do Imposto de Renda (LAIR)		18.713,70	18.713,70	18.713,70	18.713,70	18.713,70
(-) IR = 15%		-2.807,05	-2.807,05	-2.807,05	-2.807,05	-2.807,05
(-) CSLL = 9%		-1.684,23	-1.684,23	-1.684,23	-1.684,23	-1.684,23
(=) Lucro Líquido		14.222,41	14.222,41	14.222,41	14.222,41	14.222,41
(+) Depreciação		7.181,89	7.181,89	7.181,89	7.181,89	7.181,89
(+) Valor Residual						7.344,00
(=) Fluxo de Caixa Livre (FCL)	-38.784,12	21.404,30	21.404,30	21.404,30	21.404,30	28.748,30
(=) Fluxo de Caixa Acumulado (FCA)	-38.784,12	-17.379,82	4.024,48	25.428,79	46.833,09	75.581,39
Taxa de Desconto	9,25%					
Valor Presente Líquido (VPL)	R\$ 48.652,62					
Taxa Interna de Retorno (TIR)	48,92%					
Payback (ano)	2018,79					
Payback (meses)	21,50					
				(+) Valor de Mercado (160,00)		8.640,00
				(-) Valor contábil		0,00
				(-) IR = 15%		-1.296,00
				(=) Valor residual		7.344,00

**Fonte: Elaborada pela autora.**

Por fim, 95% das entrevistas sinalizaram uma boa aceitação da solução proposta e uma expectativa positiva em relação a sua implementação. Apenas um entrevistado (5%) não acredita no potencial da inovação devido à agressividade do ambiente de manutenção, ou seja, ele identifica problemas na durabilidade e no funcionamento do dispositivo. Inclusive, essa questão representa 18,5% dos pontos negativos citados, sendo seguida por situações como a interação homem-máquina (15%), a aceitação por parte dos empregados (11%), a bateria descarregada (11%), o travamento do *tablet* (11%), a perda de dados (7%), o sistema fora do ar (4%) e o lançamento incorreto de dados (4%). Os demais entrevistados consideraram que não há pontos negativos no *checklist* digital (18,5%).

Dentre as melhorias apontadas, a eliminação dos defeitos e a otimização do processo representam 25% cada. Em seguida temos a sustentabilidade (25%), o aumento da qualidade e da acessibilidade da informação (15%), a eliminação dos desperdícios de tempo de espera (8%), de superprodução e de estoque (4%), de processo e talento humano (3%) e de movimento (3%). Vale ressaltar que o entrevistado poderia sinalizar mais de um ponto positivo ou negativo referente ao redesenho do processo.

Durante as entrevistas, portanto, foi possível confirmar que a inovação tecnológica atende aos objetivos propostos, ou seja, solucionar os problemas identificados e reduzir os desperdícios

do processo. Além disso, também permitiu analisar possíveis entraves na implementação e, conseqüentemente, planejar ações que evitem ou reduzam seus efeitos. Para exemplificar, podemos citar o Cenário 2 da análise da viabilidade do projeto, que foi construído considerando a preocupação dos entrevistados em relação ao compartilhamento e às possíveis quebras que poderiam acontecer. Essa situação pode ser visualizada quando um dos líderes comenta que “vai criar uma preocupação: falta de cuidado. Vai que cai e quebra?”, e por um dos usuários ao mencionar que “um ponto negativo é esses negócios de estragar. Um estraga e sobra pra todo mundo”.

Dentre as outras análises realizadas em relação aos possíveis problemas, podemos mencionar o treinamento para reduzir dificuldades na interação homem-máquina, a atualização do *software* e a substituição dos dispositivos portáteis para evitar travamentos devido à obsolescência ou capacidade insuficiente, criação de pontos de recarga nas oficinas de manutenção para evitar que a bateria descarregue durante o horário de trabalho, configuração do sistema para salvamento automático para evitar que os dados se percam caso algum erro ocorra.

## **5. Conclusões**

A tecnologia da informação e comunicação pode proporcionar diversos benefícios nas etapas de coleta de dados do processo de manutenção e, por esse motivo, a utilização da *e-maintenance* nas indústrias tem crescido (HOLMBERG et al.; 2010. MULLER; MARQUEZ; IUNG, 2008). O *checklist* digital segue essa tendência ao utilizar um sistema que permite bloqueios, os quais reduzem erros de preenchimento e, conseqüentemente, diminuem o retrabalho e aumentam a qualidade das informações.

Essa inovação incremental de processo resulta em uma maior confiabilidade dos dados de manutenção e garante a rastreabilidade em tempo real, já que as informações ficam disponíveis no meio virtual no momento em que são coletadas. Além disso, ela também reduz desperdícios, tais como: movimentações, tempo de espera, defeitos e talento humano.

O *checklist* digital também pode ser considerado uma inovação tecnológica sustentável, pois, além dos diversos benefícios que proporciona ao processo, também reduz a quantidade de impressões, gerando menos impacto ao meio ambiente.

### **5.1. Sugestões e contribuições**

Vale ressaltar que para a implementação e a continuidade dessa ferramenta, é importante que a empresa disponibilize profissionais qualificados para realizar a manutenção dos dispositivos, o controle e gerenciamento do banco de dados e o desenvolvimento de melhorias, como adequações no sistema, inserção de novos documentos e até atualização referente a mudanças de tecnologia. Esses funcionários dedicados já existem no processo atual, quando consideramos os responsáveis por atualizar os formulários de acordo com a mudança do processo, inserir esses novos *checklists* no sistema de gestão de documentação e gerar relatórios. Logo, não há necessidade de um aumento no quadro de empregados, mas uma atualização nas funções, algumas movimentações e treinamentos, de acordo com os conhecimentos que possuem.

## 5.2. Limitações

A principal limitação durante este estudo ocorreu na etapa do teste do *checklist* digital, momento em que foi necessária uma interface com outros setores e a burocracia resultante da estrutura organizacional da empresa gerou alguns impasses, principalmente relacionado aos prazos necessários para as requisições serem atendidas. Entretanto, devido à facilidade em criar ambientes de simulação no meio virtual, os testes foram realizados sem maiores prejuízos ao projeto.

## Referências

ART OF LEAN. **Toyota production system basic handbook**. [S.l.]: Art of lean [online] Disponível em: <[http://www.artoflean.com/files/Basic\\_TPS\\_Handbook\\_v1.pdf](http://www.artoflean.com/files/Basic_TPS_Handbook_v1.pdf)>. Acesso em: 05 nov. 2017.

BERTI, A. **Contabilidade e análise de custo**. Curitiba: Juruá, 2006. p. 22.

BRASCOMM. **Como funciona a rastreabilidade de produtos**. Disponível em: <<https://www.brascomm.net.br/como-funciona-rastreabilidade-de-produtos/>>. Acesso em: 25 out. 2017.

CÉSAR, F. **Ferramentas básicas da qualidade**. 1. ed. São Paulo: Biblioteca 24 horas, 2011. p. 107.

CÉSAR, F. **Ferramentas gerenciais da qualidade**. São Paulo: Biblioteca 24 horas, 2013.

CONGER, D. **Process mapping and management**. New York: Business Expert Press, 2011. p. 5-6.

COZZENS, S.; KAPLINSKY, R. Innovation, poverty and inequality: cause, coincidence, or co-evolution?. In: LUNDVALL, B. et al. **Handbook of innovation system and developing countries**. Massachusetts: Edward Elgar, 2009. cap. 3. p 58.



CRESWELL, J. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. Tradução de Luciana Rocha. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

DAMANPOUR, F. Organizational complexity and innovation: developing and testing multiple contingency models. **Management Science**, v. 42, n. 5, maio 1996, p. 693-716.

FAGERBERG, J. Innovation: A Guide to the Literature. In: FAGERBERG, J.; MOWERY, D.; NELSON, R. **The Oxford handbook of innovation**. New York: Oxford University Press, 2004. cap. 1.

FOGLIATTO, F.; RIBEIRO, J. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

GNEDENKO, B.; USHAKOV, I. **Probabilistic reliability engineering**. New York: John Wiley & Sons, 1995.

GOBLE, W. **Control system safety evaluation and reliability**. 3. ed. Unites States of America: International Society of Automation, 2010. cap. 3. p. 60.

GOTEL, O. et al. **Traceability Fundamentals**. In: HUANG, J.; GOTEL, O.; ZISMAN, A. Software and systems traceability. New York: Springer, 2012. p. 3-22.

HOLMBERG, K. et al. **E-maintenance**. Londres: Springer, 2010. p. 45-49.

IEEE. **IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology**. 1990. Disponível em: <[http://www.mit.jyu.fi/ope/kurssit/TIES462/Materiaalit/IEEE\\_SoftwareEngGlossary.pdf](http://www.mit.jyu.fi/ope/kurssit/TIES462/Materiaalit/IEEE_SoftwareEngGlossary.pdf)>. Acesso em: 25 out. 2017.

KEMP, R.; ARUNDEL, A. Survey indicators for environmental innovation. **IDEA Paper Series**, n. 8. Holanda: STEP Group, 1998. Disponível em: <<https://brage.bibsys.no/xmlui/bitstream/handle/11250/226478/Idea8.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 02 nov. 2017.

KLEYNER, A. Foreword. In: RAHEJA, D.; GULLO, L. **Design for reliability**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **Onde está o desperdício?**. Disponível em: <[http://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo\\_250.pdf](http://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo_250.pdf)>. Acesso em: 24 out. 2017.

LOCKE, L.; SPIRDUSO, W. SILVERMAN, S. **Proposals that work: a guide for planning dissertations and grant proposals**. 6. ed. United States of America: Sage, 2014. cap. 5.

MISHRA, R. **Reliability and maintenance engineering**. New Delhi: New Age International, 2006. p. 1.

MULLER, A.; MARQUEZ, A.; IUNG, B. On the concept of e-maintenance: Review and current research. **Reliability Engineering and System Safety**, n. 93, 2008, p. 1165-1187.

NELSON, R.; ROSENBERG, N. Technical Innovation and National Systems. In: NELSON, Richard R. **National Innovation Systems: A Comparative Analysis**. New York: Oxford University Press, 1993. cap. 1. p. 4.

NORDIC CONCIL OF MINISTERS. **Food contract materials** – in-house documentation and traceability. Copenhagen: Ekspressen Tryk & Kopicenter, 2008. cap. 5.

OCDE; EUROSTAD. **Manual de Oslo**. 2005. Brasil Inovador. Disponível em: <[http://download.finep.gov.br/dcom/brasil\\_inovador/arquivos/manual\\_de\\_oslo/prefacio.htm](http://download.finep.gov.br/dcom/brasil_inovador/arquivos/manual_de_oslo/prefacio.htm)>. Acesso em: 02 nov. 2017.

OHNO, T. **Toyota production system beyond large-scale production**. Tradução de Norman Bodek. New York: Productivity Press, 1988.

PALLONE; S. Inovação em serviço. **Revista Eletrônica de P, D&I**, 30 set. 2014. Disponível em: <<http://www.inovacao.unicamp.br/dicas-de-leitura/inovacao-em-servicos/>>. Acesso em: 02 nov 2017.

ROTHER, M.; SHOOK, J. (2012). **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. Tradução de Lean Institute Brasil. Cambridge: Lean Enterprise Institute, 2013. v. 1.4.

SANCHES, D (sem data). **Tópicos especiais em eletroeletrônica**. p. 21. Disponível em: <[https://www.livrebooks.com.br/livros/topicos-especiais-em-eletronica-durval-sanchesn44vlc\\_paxdoc/baixar-ebook](https://www.livrebooks.com.br/livros/topicos-especiais-em-eletronica-durval-sanchesn44vlc_paxdoc/baixar-ebook)>. Acesso em: 25 mar. 2017.

SCHUMPETER, J. (1964) **Teoria do desenvolvimento econômico**. Tradução de Maria Sílvia Possas. São Paulo: Nova Cultural, 1997.

STEFANINI. **Inovação tecnológica é primordial para a sobrevivência das empresas**. 2014. Disponível em: <<https://stefanini.com/br/2014/05/inovacao-tecnologica-e-primordial-para-sobrevivencia-das-empresas/>>. Acesso em: 04 nov. 2017.

TIDD, J.; BESSANT, J. **Gestão da inovação**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

VERGARA, S. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

VERGUEIRO, W. **Qualidade em serviços de informação**. São Paulo: Arte & Ciência, 2002. p. 53-54.