

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

STEPHANIE D'AMATO NASCIMENTO

***KARAKURI*: UM MÉTODO DE AUTOMAÇÃO DE BAIXO CUSTO E
ALTERNATIVA PARA A REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS EM UNIDADES DE
SAÚDE**

Rio das Ostras

2021

STEPHANIE D'AMATO NASCIMENTO

***KARAKURI*: UM MÉTODO DE AUTOMAÇÃO DE BAIXO CUSTO E
ALTERNATIVA PARA A REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS EM UNIDADE DE
SAÚDE**

Projeto de Fim de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia de Produção (UFF/PURO), como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro de Produção.

Orientador

Prof. Robisom Damasceno Calado, D.Sc.

Rio das Ostras

2021

Ficha catalográfica automática - SDC/BRO
Gerada com informações fornecidas pelo autor

N244k Nascimento, Stephanie D'Amato
Karakuri: Um método de automação de baixo custo e alternativa para a redução de desperdícios em unidades de saúde / Stephanie D'Amato Nascimento ; Robisom Damasceno Calado, orientador. Niterói, 2021.
93 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção)-Universidade Federal Fluminense, Instituto de Ciência e Tecnologia, Rio das Ostras, 2021.

1. Automação. 2. Sistema Toyota de produção. 3. Lean seis sigma. 4. Engenharia de produção. 5. Produção intelectual. I. Calado, Robisom Damasceno, orientador. II. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Ciência e Tecnologia. III. Título.

CDD -

STEPHANIE D'AMATO NASCIMENTO

***KARAKURI: UM MÉTODO DE AUTOMAÇÃO DE BAIXO CUSTO E
ALTERNATIVA PARA A REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS EM UNIDADE DE
SAÚDE***

Projeto de Fim de Curso apresentado ao curso de Graduação em Engenharia de Produção (UFF/PURO), como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro de Produção.

Aprovado em 24 de setembro de 2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Robisom Damasceno Calado, D.Sc - UFF

Prof. Flávio Silva Machado, D.Sc.- UFF

Prof. Mateus Carvalho Amaral, D.Sc - UFF

Prof. Paulo Camargo, D.Sc - UTFPR

Rio das Ostras

2021

Dedico este trabalho à minha mãe Denise e à minha avó Walkíria (in memoriam), duas mulheres fortes e meus exemplos de garra, dedicação, perseverança e fé.

AGRADECIMENTOS

O término deste Projeto de Final de Curso representa a conclusão de uma longa e importante jornada em minha vida, assim, não posso deixar de agradecer a todos que me acompanharam nesta trajetória.

Agradeço antes de tudo a Deus por me abençoar e ser meu guia e socorro presente, por ser meu ânimo em momentos difíceis e me ensinar a lidar com as pedras que porventura encontrei no caminho.

À minha família, por ser minha base e me proporcionar todo o suporte necessário para que eu chegasse até aqui. Aos meus avós, Arsênio e Walkíria (in memoriam), por serem meu exemplo de dignidade e amor. À minha mãe Denise pelos incansáveis conselhos e que apesar da distância esteve sempre junto a mim através de suas orações, por me inspirar e apoiar. Ao meu irmão e cunhada, pelo companheirismo e cumplicidade e por estarem sempre torcendo por mim.

Ao meu orientador Robisom Damasceno Calado, por sua generosidade em me permitir aprender pelo seu exemplo e trabalho duro, acreditando em minha capacidade e confiando-me autonomia para alçar voos cada vez mais altos.

Aos professores e amigos Mateus, Ana Paula, Maria Helena, Sandra e Eduardo, pelas experiências vivenciadas e por todo o aprendizado compartilhado. Aos amigos que estiveram presentes aliviando a carga destes anos, em especial à Ana Carolina, Vera, Jonas e Marcela, por todo o carinho, amizade e pelo apoio nos momentos difíceis.

Aos colegas de pesquisa do Laboratório de *Design Thinking*, Gestão e Engenharia Industrial e do Projeto Lean nas UPAs 24h por todo o aprendizado e trabalho em equipe durante estes quase 4 anos de pesquisas, eventos e convivência.

A Toyota do Brasil e ao Ricardo Alves, gerente de engenharia da Toyota, pelas contribuições teóricas com este trabalho.

Agradeço também à Universidade Federal Fluminense e à Fundação Euclides da Cunha, que viabilizaram o projeto de pesquisa financiado pelo Ministério da Saúde do Brasil; TED 125/2019, número: 25000191682201908.

RESUMO

Com a tendência de crescimento demográfico, crises sanitárias e necessidade de melhoria nos níveis de serviço da saúde pública, a automação de baixo custo pode cumprir um importante papel para a melhoria de processos. Este projeto introduz o *Karakuri*, uma técnica de automação milenar japonesa que se beneficia de princípios da física e que vem trazendo benefícios como redução de emissão de CO₂, melhorias ergonômicas, melhoria de tempos produtivos e segurança para grandes indústrias no cenário global. Neste sentido, o propósito deste projeto foi evidenciar as diversas aplicações do *Karakuri*, analisando seu uso e possíveis impactos na Saúde. O método Kano foi abordado como instrumentos da pesquisa, possibilitando conhecer as principais características da técnica (diminui esforço físico, promove criatividade dos colaboradores, são simples e de fácil manutenção, melhora condições de trabalho, possui baixo custo e utiliza energia limpa). Através da visita técnica à empresa Alfa e análise da literatura foram levantados importantes aspectos, benefícios de sua implementação e mecanismos utilizados. Foram analisados 824 reportes de desperdícios nas Unidades de Pronto Atendimento, dos quais destacam-se a não utilização do talento humano (26,7%), defeitos ou retrabalho (25,5%), movimentação (19,2%) e espera (14,6%). Consolida-se por fim o entendimento da técnica *Karakuri* com a proposição de três soluções que demonstram potenciais benefícios para sua aplicação no dia a dia de unidades de saúde. O *Karakuri* demonstra-se atrativo para a melhoria de fluxos e redução de desperdícios na saúde, apontando ganhos de produtividade e ergonomia a custo acessível.

Palavras-chave: Karakuri; Lean healthcare, Automação de baixo custo; Sistema Toyota de Produção.

ABSTRACT

With the demographic growth trend, health crises, and the need for improvements in public health service levels, low-cost automation can play an important role in process improvement. This project introduces Karakuri, a millenary Japanese automation technique that benefits from physics principles and brings benefits such as reduced CO2 emissions, ergonomic improves, time and safety improvements for industries in the global scenario. In this sense, the purpose of this project was to highlight the various applications of Karakuri, analyzing its use and possible impacts on health. The Kano method was used as the research instrument, making it possible to know the main characteristics of the technique (reduce physical effort; promote employees' creativity; are simple and easy to maintain; improve working conditions; have a low cost; use clean energy). The technical visit to the Alfa company and the literature analysis, allow knowing important aspects, benefits of its implementation, and used mechanisms were raised. 824 reports of waste were analyzed from 50 Emergency Care Units. The non-use of human talent (26.7%), defects or rework (25.5%), movement (19.2%), and waiting (14.6%) were the most reported wastes. The Karakuri technique understanding was consolidated with the proposition of three solutions that demonstrate benefits for its application in the daily routine of health units. Karakuri proves to be attractive for improving flows and reducing waste in health, promoting productivity and ergonomic gains through affordable automation.

Keywords: Karakuri; Lean Healthcare; Low-cost automation; Toyota Production System.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: A casa do Sistema Toyota de Produção	21
Figura 2: Karakuri Kyudo	28
Figura 3: Karakuri servidor de chá	29
Figura 4: Carruagem que aponta para o Sul	29
Figura 5: Ciclo da Motivação Karakuri	31
Figura 6: Ponto de vista do Karakuri Kaizen	31
Figura 7: Plano Inclinado	33
Figura 8: Rolamentos	34
Figura 9: Alavancas	34
Figura 10: Polias	35
Figura 11: Engrenagens	35
Figura 12: Cames	36
Figura 13: Cremalheira	36
Figura 14: Etapas da metodologia da pesquisa	40
Figura 15: Processo de Seleção de Artigos	42
Figura 16: Karakuri esteira transportadora de preparo a alta temperatura	48
Figura 17: Karakuri esteira transportadora	49
Figura 18: Karakuri Carrinho para locomoção de peças entre duas estações	50
Figura 19: Karakuri rack de fluxo com sistema irrigador acoplado	51
Figura 20: Karakuri para troca de bobinas	52
Figura 21: Karakuri Racks de fluxo	53
Figura 22: Karakuri Unidade de tombamento	53
Figura 23: Karakuri simulador de cavalgada	55
Figura 24: Vista do Dojo <i>Karakuri</i>	57
Figura 25: Karakuri Alavanca	58
Figura 26: Karakuri Guincho	58
Figura 27: Karakuri Fluidos Hidráulicos	59
Figura 28: Karakuri Polias	60
Figura 29: Karakuri Cremalheira	61
Figura 30: Karakuri de transferência de rotação	62
Figura 31: Karakuri de alimentação vertical de insumos com retorno	63
Figura 32: Karakuri de alimentação de linha	64
Figura 33: Questões Funcionais e Disfuncionais	66
Figura 34: Modelo de aplicação Método Kano	67
Figura 35: Formulário de Prática Lean nas UPAs 24h	71
Figura 36: Tela inicial do aplicativo de Praticas nas UPAs 24h	71
Figura 37: Armário de Medicamentos e Insumos	73
Figura 38: Proposta Karakuri Plano Inclinado	74
Figura 39: Porta da sala de Observação Pediatria	75
Figura 40: Karakuri para retorno automático da porta	75
Figura 41: Dispenser para Álcool em gel	76
Figura 42: Karakuri <i>dispenser</i> de Álcool em Gel	77

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação das UPAs por porte	16
Quadro 2: Os Oito Desperdícios e Exemplos na Saúde	24
Quadro 3: Oito desperdícios associados à Literatura	45
Quadro 4: Características de um bom Karakuri	65
Quadro 5: Características de um Karakuri	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação de Coeficientes (Método <i>Kano</i>)	68
---	----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Distribuição de Registros por ano de publicação.....	43
Gráfico 2: Distribuição de registros por tipo de fonte de publicação.....	44
Gráfico 3: Distribuição de registros por tipo de abordagem utilizada.....	44
Gráfico 4: Gráfico de Pareto de desperdícios associados à Literatura em Karakuri.....	45
Gráfico 5: Gráfico de Kano para os atributos do Karakuri.....	69
Gráfico 6: Gráfico de Pareto de Desperdícios Reportados nas UPAs.....	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

JIT	<i>Just In Time</i>
LM	<i>Lean Manufacturing</i>
ODS	<i>Objetivos de Desenvolvimento Sustentável</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
RAU	Rede de Atenção às Urgências
SAMU	Serviço de Atendimento Móvel de Urgência
SUS	Sistema Único de Saúde
TPS	<i>Toyota Production System</i>
UFF	Universidade Federal Fluminense
UPA	Unidade de Pronto Atendimento

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO INICIAL	14
1.2. A OPORTUNIDADE E O PROBLEMA DE PESQUISA.....	16
1.3. OBJETIVO	17
1.3.1. Objetivo Geral	17
1.3.2. Objetivos Específicos	17
1.4. JUSTIFICATIVAS	18
1.5. DELIMITAÇÕES.....	18
1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2. REVISÃO DA LITERATURA	20
2.1. SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	20
2.2. PENSAMENTO ENXUTO	22
2.3. OS OITO DESPERDÍCIOS	23
2.4. FERRAMENTAS LEAN	25
2.5. SUSTENTABILIDADE	26
2.6. A TOYOTA E A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL.....	26
2.7. KARAKURI	28
2.8. KARAKURI KAIZEN	30
2.9. MECANISMOS E MÁQUINAS SIMPLES	32
2.10. QUALIDADE ATRATIVA E O MÉTODO KANO	32
3. METODOLOGIA DE PESQUISA	39
3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	39
3.2. ETAPAS DO PROJETO	40
3.3. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	40
4. APLICAÇÃO	43
4.1. ANÁLISE DA LITERATURA	41
4.1.1. Análise Estatística da Pesquisa.....	42
4.1.2. Levantamento dos Desperdícios Encontrados na Literatura	45
4.2. ESTUDO DOS CASOS CORRELATOS	47
4.2.1. Caso Correlato A	48
4.2.2. Caso Correlato B.....	48
4.2.3. Caso Correlato C.....	49
4.2.4. Caso Correlato D	50
4.2.5. Caso Correlato E.....	51
4.2.6. Caso Correlato F.....	52
4.2.7. Caso Correlato G	53
4.2.8. Caso Correlato H	54
4.2.9. Caso Correlato I.....	54
4.2.10. Análise dos Casos Correlatos	54

4.3.	ANÁLISE DE APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA.....	55
4.3.1	Visita Técnica à Empresa	56
4.3.1.1	Karakuri Alavanca	56
4.3.1.2	Karakuri Guincho	57
4.3.1.3	Karakuri Fluidos Hidráulicos	58
4.3.1.4	Karakuri Polias	59
4.3.1.5	Karakuri Cremalheira	59
4.3.1.6	Karakuri de Transferência de Rotação.....	60
4.3.1.7	Karakuri de alimentação vertical de Insumos com retorno	61
4.3.1.8	Karakuri de de alimentação de linha	62
4.3.2.	Construção dos Questionários	63
4.3.3.	Aplicação do Método Kano	66
4.3.4.	Análise dos Dados Coletados	68
4.4.	PROPOSTA DE APLICAÇÃO NA SAÚDE.....	69
4.4.1.	Coleta de Dados das Unidades de Saúde.....	69
4.4.2.	Análise de Kaizen nas Unidades de Saúde	71
4.4.3.	Propostas de Aplicação Karakuri nas UPAs.....	71
4.4.3.1	Karakuri Plano Inclinado para Acesso a Itens no Armário de Medicamentos.	72
4.4.3.2	Karakuri para Retorno Automático de Portas.....	73
4.4.3.3	Karakuri Dispenser de Alcool Gel.....	76
5.	RESULTADOS.....	78
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO	80
6.1.	LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	80
	REFERÊNCIAS	81
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO.....	87
	APÊNDICE B – RESUMO CASOS CORRELATOS.....	91

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO INICIAL

No cenário mundial de pandemia, declarada pela OMS em janeiro de 2020, a atenção mundial voltou-se para a área de saúde e torna-se considerável o aumento de reportagens e publicações relativas ao tema não apenas na área de saúde, mas também em áreas como gestão, tecnologias e políticas públicas (NASCIMENTO et al, 2021). A superlotação em serviços de saúde é um problema enfrentado em nível mundial que tem ganhado um enfoque a cada dia mais abrangente nesse cenário. Países desenvolvidos como Espanha e Itália estatizaram hospitais para garantir atendimento à grande demanda causada pela pandemia, demonstrando a importância de um sistema de saúde pública bem estruturado (PÉREZ et al., 2020).

No Brasil, o SUS, Sistema Único de Saúde, destaca-se como o único sistema de saúde público universal que atende a mais de 100 milhões de pessoas (MELO; COSTA; DEL CORSO, 2019). Segundo a Pesquisa Nacional de Saúde (2019) estima-se que 80% da população dependa do SUS para ações relacionadas à assistência à saúde.

Segundo Pinto e Giovanella (2018), no Sistema Único de Saúde a atenção básica é a porta de entrada para a redução de internações e superlotação, neste contexto, surgem em 2003 as Unidades de Pronto Atendimento.

As Unidades de Pronto Atendimento (UPA 24h) são unidades de saúde pública lançadas como parte da Política Nacional de Urgência e Emergência com o intuito de concentrar atendimentos de saúde de complexidade intermediária, diminuindo a demanda por prontos socorros de hospitais e aumentando a área de abrangência de atenção hospitalar e a capacidade de atendimento do Sistema Único de Saúde (SUS) (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

No setor de cuidados com a saúde há constante pressão política e social para aumentar os níveis de serviço e diminuir custos, segundo Grandlund e Wiktorsson (2013), este cenário se agrava ainda com a tendência de crescimento demográfico e possibilidades de tratamentos de saúde cada vez melhores. Benzidía et al (2019) afirmam que no contexto atual, a automação pode desempenhar um papel importante para a criação de valor e satisfação do paciente.

A automação, de acordo com Granlund e Wiktorsson (2013), mostra-se como uma maneira bem-sucedida de diminuir o tempo de atenção a atividades que não agregam valor no ambiente da saúde. Os autores apontam como maior dificuldade encontrar o tipo e o nível certo

de automação que possa atender aos requisitos físicos e organizacionais de cada instituição. Segundo Shigematsu (2018), devido aos crescentes custos de mão de obra, companhias começaram a dar importância à implementação de sistemas de automação de baixo custo, no entanto, a introdução de sistemas automatizados envolve o risco de aumentar os custos.

Segundo Madu e Georgantzas (1991) as decisões para automatizar nem sempre produzem os resultados esperados e podem levar a mais frustração e que, para isso a tomada de decisão com relação ao nível de automação deve ser baseada nos seguintes critérios: flexibilidade, qualidade, informação, custo, dependência e redução de trabalho direto para alcançar a melhoria da produtividade total. Bhanu e Kumar (2018) apontam que processos industrializados não apenas impõem o problema de alto custo de instalação e operacional, mas também demandam de mão de obra qualificada, portanto, os autores concluem que automatizar com qualidade, na quantidade certa e nos processos certos pode atrair benefícios, criando ambientes semiautomatizados e sem necessidade de mão de obra especializada.

No contexto da necessidade de redução de desperdícios, aumento da qualidade e produtividade, o *Lean Manufacturing* (LM), ou Produção Enxuta, se destaca com a abordagem de “fazer mais com menos” (DE HAAN; NAUS; OVERBOOM, 2012). O LM é uma abordagem proveniente do Sistema Toyota de Produção (TPS – *Toyota Production System*) cujo foco é reduzir desperdícios, diminuir tempos e aumentar a qualidade dos processos produtivos (OHNO, 1988). O termo *Lean Manufacturing* tornou-se conhecido em meados dos anos 90 com o livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (WOMACK; JONES; ROOS, 1990) seu potencial tem sido desde então reconhecido e indústrias de todos os segmentos têm buscado no *Lean* a melhoria de seus processos.

O *Karakuri*, segundo Bhanu, Bellur e Kumar (2018), é parte da estratégia LM que acaba sendo por vezes negligenciado em favor de outras técnicas de automação. Os autores citam que embora a indústria a nível mundial esteja se adaptando à Indústria 4.0 e automações mais dispendiosas envolvendo Internet das Coisas, esta não é a solução mais acessível no contexto de pequenas e médias empresas. Para estas, segundo pontuam, a aplicação da automação *Karakuri* fornece soluções acessíveis, enxutas, de manutenção simples e com um rápido retorno do investimento. O termo *Karakuri* tem como significado “mecanismo” ou “truque” e designava bonecos autômatos que realizavam movimentos inteligentes utilizando princípios da física. Hoje, o termo denomina dispositivos de características semelhantes e que vem sendo utilizados para aumentar a produtividade do ambiente de trabalho em automações acessíveis e de fácil implementação (RANI et al., 2015). Em geral, o *Karakuri* possui estruturas mecânicas

de acionamento simples, onde com um único movimento do colaborador, é possível que o dispositivo realize outros diversos movimentos diminuindo seu esforço físico e mental durante suas atividades.

Considerando o exposto, destaca-se o *Karakuri* como um método de automação de baixo custo capaz de promover qualidade ao trabalhador e redução de desperdícios.

1.2 A OPORTUNIDADE E O PROBLEMA DE PESQUISA

De acordo com a Portaria nº 10 de 3 de janeiro de 2017, publicada no Diário Oficial da União (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017), o termo UPA 24h, ou Unidade de Pronto Atendimento 24h, é considerado o estabelecimento de saúde pública que em conjunto com a atenção básica, o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (SAMU), a Atenção Domiciliar e a Atenção Hospitalar possibilita o melhor funcionamento da Rede de Atenção às Urgências – RAU no âmbito do Sistema Único de Saúde (SUS), tendo como diretrizes o funcionamento ininterrupto, o quantitativo de equipe assistencial compatível ao atendimento com qualidade, acolhimento e a classificação de riscos.

De acordo com o diário oficial da união, as UPAs se classificam de acordo com a população locada na área de abrangência de cada unidade, respeitando o número mínimo de leitos de observação e salas de urgência conforme demonstra o Quadro 1 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017).

Quadro 1: Classificação das UPAs por porte

Categoria	População da área de abrangência	Nº mín. leitos de observação	Nº mín. leitos em sala de urgência
UPA Porte I	50.000 a 100.000 habitantes	7	2
UPA Porte II	100.001 a 200.000 habitantes	11	3
UPA Porte III	200.001 a 300.000 habitantes	15	4
Sala de estabilização	Menor que 50.000 habitantes	-	-

Fonte: (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017)

As UPAs objeto deste estudo fazem parte do Projeto de reestruturação e implantação da humanização no fluxo de atendimento de pacientes em UPAs 24 horas, ou, Projeto Lean nas UPAs 24h. O projeto é uma iniciativa da Universidade Federal Fluminense (UFF) com apoio

do Ministério da Saúde (MS) criado com o intuito de melhorar e acelerar o atendimento ao paciente (UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE, 2020). De acordo com o Ministério da Saúde (2020), a abordagem Lean traz inúmeros benefícios quando implementada nos atendimentos de emergência, assim o projeto Lean nas UPAs se beneficia do uso das ferramentas Lean para melhoria dos fluxos, atingindo em sua primeira etapa uma redução de 39,5% no tempo médio de permanência de pacientes em 43 unidades beneficiadas.

Por meio do Projeto Lean nas UPAs são cumpridas três metas: Desenvolver habilidades organizacionais, apoiar estratégias de gestão e a condução de equipes na reorganização dos processos e monitorar e apresentar resultados (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

As UPAs beneficiadas com o projeto Lean nas UPAs estão localizadas em 9 Unidades Federativas, sendo estas: Ceará, Distrito Federal, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Rio de Janeiro, Santa Catarina, São Paulo e Tocantins. Destas, 22 UPAs são classificadas como Porte II e 28 UPAs como Porte III, atingindo uma abrangência global de **13 milhões de usuários** da rede pública do país (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

Neste contexto, com a necessidade de agilidade no fluxo de atendimento do paciente, frente ao desafio de inovar em um cenário de crise e com pouco investimento, o *Karakuri* pode se destacar na redução de desperdícios dentro das UPAs, portanto, com o desenvolvimento deste projeto, buscou-se responder à seguinte pergunta: Como o *Karakuri* pode promover a melhoria de fluxos e qualidade nas UPAs?

1.3 OBJETIVO

1.3.1 Objetivo Geral

O presente trabalho objetiva de investigar evidências de aplicação do *Karakuri* e analisar seus possíveis impactos na Saúde, relacionando a redução de desperdícios.

1.3.2 Objetivos Específicos

Visando alcançar o objetivo geral os seguintes objetivos específicos são apresentados:
Estudar o estado da arte sobre o tema *Karakuri*;

Identificar e analisar experiências de *Karakuri* já implementados e reportados na literatura;

Estudar o desenvolvimento do *Karakuri* e suas interações em uma planta industrial;

Identificar características de soluções *Karakuri* já implementadas;

Identificar os desperdícios encontrados nas UPAs estudadas;

Propor o desenvolvimento de soluções *Karakuri* nas UPAs estudadas.

1.4 JUSTIFICATIVAS

O estudo da aplicação do *Karakuri* nas UPAs, portanto, se justifica por sua simplicidade e potencial de automação simples trazendo proposta de melhorias e inovação acessível no ambiente de cuidados com a saúde ao passo em que contribui para a redução dos desperdícios relacionados aos processos.

A Toyota pontua a importância de processos *Karakuri* como uma ferramenta fundamental para a redução de emissão de CO₂ em suas plantas produtivas. Em contrapartida, apesar de inspirar-se em uma técnica milenar, a implementação no *Karakuri* ainda é pouco explorada por outras empresas do setor industrial. Pontua-se também a baixa quantidade de informações acadêmicas disponíveis sobre a técnica. Assim, o estudo também contribuirá para o aumento de conhecimento teórico/prático sobre o tema *Karakuri*.

Por fim, o projeto contribui para a formação acadêmica e profissional a ponto que permitirá ao autor a vivência da pesquisa e contato com empresas dos segmentos de indústrias e serviços, além de proporcionar a busca por conhecimento de uma técnica ainda a se popularizar no mercado. Permitindo para isso que diversas disciplinas da graduação venham a ser utilizadas como base para a construção do conhecimento necessário para a execução deste projeto, tais como engenharia de métodos, gestão, logística e qualidade.

1.5 DELIMITAÇÕES

Dadas limitações, o projeto não irá englobar fases de aplicação das soluções nas unidades, tampouco ou disponibilidade física da ideia para experimentação.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este estudo foi dividido em 6 capítulos, organizados da seguinte forma:

Introdução: Nesta seção foi apresentada a contextualização inicial deste estudo, trazendo informações tais como a contextualização inicial, os objetivos (geral e específicos), justificativas e delimitações do estudo.

Revisão da Literatura: Neste capítulo são apresentados os principais conceitos que norteiam o decorrer do trabalho, contemplando os temas: Pensamento Enxuto, Sistema Toyota de Produção, Os oito Desperdícios, *Kaizen*, Ferramentas *Lean* e Sustentabilidade.

Metodologia da Pesquisa: Serão apresentados os métodos e descritas as etapas realizadas para chegar-se à conclusão do presente estudo.

Aplicação: Neste capítulo, serão apresentadas as 4 etapas de aplicação do presente projeto: Análise da Literatura, Estudo de casos correlatos, Análise de aplicação na indústria e Proposta de aplicação na saúde, incluindo os resultados ao final de cada uma das etapas

Resultados: Os resultados alcançados ao longo deste projeto serão apresentados neste capítulo em formato de síntese.

Considerações Finais e conclusão: O estudo é finalizado por uma análise geral de aderência da técnica *Karakuri* ao ambiente da UPA, envolvendo possíveis benefícios, além de recomendações futuras para a implementação da técnica na rotina das Unidades de Saúde. Neste capítulo também se apresentam as limitações e recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo destina-se a realizar uma revisão geral dos conceitos que nortearão este trabalho. Para isto, realizou-se uma revisão da literatura nas principais bases de conhecimento de engenharia (*Scopus, Web of Science e Compendex*), além da consulta a conteúdos adicionais encontrados pela busca por assunto no Portal Periódicos Capes. Os conceitos aqui apresentados serão utilizados como base de conhecimento para a elaboração das próximas etapas do projeto.

Assim, será apresentada a priori uma visão do Sistema Toyota de Produção (STP), seus princípios e os oito desperdícios e Sustentabilidade. E em sequência, será apresentada uma revisão bibliográfica sobre a técnica *Karakuri*, trazendo uma visão geral de sua história e implementação.

2.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

A base do sistema Toyota de produção é, segundo Taiichi Ohno (1988), a eliminação de desperdícios. Para isso, segundo o autor, dois pilares precisam suportar o sistema, sendo estes o *just-in-time* e a automação, que é muito reconhecida também pela palavra *jidoka* (automação com um toque humano).

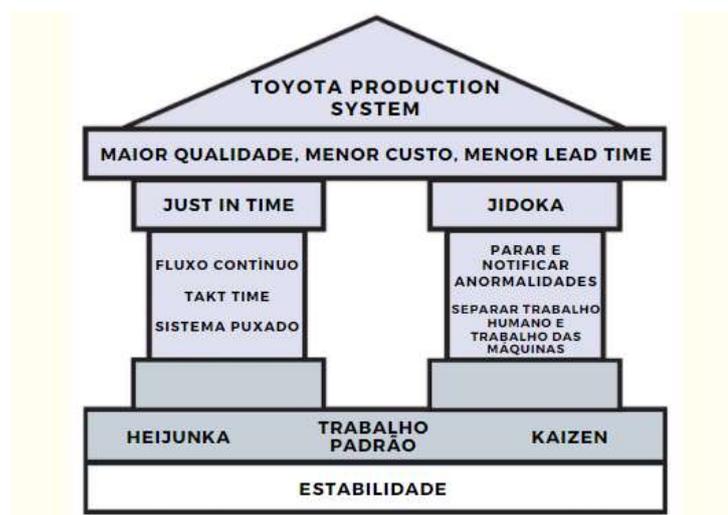
O *Just In Time*, conhecido pela sigla em inglês JIT refere-se à capacidade do processo de que cada parte necessária chegue no tempo e na quantidade exata necessária para aquele processo (Ohno, 1988). Em seu livro "Sistema Toyota de Produção", Ohno menciona que a aplicação do JIT seria o estado ideal de uma produção, porém, reconhece a dificuldade em aplicar o princípio em células de produção com grande número de peças e processos envolvidos, sendo necessária para isso uma mudança no convencional método de gestão.

Da necessidade imediata de um grande número de peças no tempo exato necessário para a produção, proveniente do JIT, surge o conceito de produção puxada. Neste conceito, o início do processo ocorre na última etapa de produção de um produto e, então, quando o mesmo é entregue ao cliente, um sistema indica que há necessidade de produzir um novo item. Essa informação, é passada de processo em processo pelo *kanban* (cartão, em japonês) de indicação, garantindo que sempre haja a quantidade mínima necessária para a consecução de um novo produto no tempo em que o mesmo for solicitado. Ainda segundo Ohno (1988), cada posto de

uma cadeia JIT é conectado e sincronizado, resultando também em uma redução na necessidade de força de trabalho gerencial.

O outro pilar do Sistema Toyota de Produção (Figura 1) é chamado por Ohno (1988) de automação, ou *jidoka*, e refere-se ao princípio de fornecer autonomia a máquinas e operadores. A ideia central do *jidoka*, é evitar propagação de erros e anormalidade que cause perdas para o todo o processo produtivo. A ideia teve origem da invenção de uma máquina de tear, produzida por Toyota Sakichi, que parava no instante em que fosse detectado algum erro em seu funcionamento. De acordo com o autor, parar uma máquina quando há problemas força a consciência de todos. Assim, em qualquer processo, deve se ter distinção clara entre operações normais e anormais e contramedidas necessárias devem ser acionadas para evitar que o problema ocorra, pois quando um problema é entendido abre possibilidade para melhorias. Ohno também esclarece que a automação não é própria de sistemas automatizados, portanto, em sistemas manuais e semiautomatizados, também cabe aos trabalhadores apertar o botão de parada para interromper a produção. Para o autor, a chave deste princípio está em dar "inteligência humana" à máquina e adaptar o simples movimento do operador a máquinas autônomas.

Figura 1: A casa do Sistema Toyota de Produção



Fonte: (LEAN ENTERPRISE INSTITUTE, 2008)

Hoje empresas em todo o planeta baseiam-se nos ensinamentos de Taiichi Ohno e no Sistema Toyota de Produção para melhorias em seus sistemas produtivos. A expressão Produção Enxuta, ou “*Lean Production*” foi definida pelo pesquisador John Krafcik e popularizada com o livro “A Máquina que Mudou ao Mundo” (WOMACK, JONES e ROOS,

1990) ao verificar que o sistema produtivo da Toyota utilizava menores recursos em comparação à produção em massa: mão de obra, espaço físico das plantas, investimentos, horas de planejamento, estoques e tempo de produção diminuía de forma considerável na nova abordagem produtiva, resultando em menos defeitos e uma maior variedade de produtos.

O conceito Lean, para Bhanu, Bellur e Kumar (2018), permeia em manter os custos de produção os mais baixos possíveis ao mesmo tempo em que se garante a qualidade. Os desperdícios ou *mura*, em japonês, podem ser tomados, segundo o autor, como atividades que não agregam valor ao cliente, segundo o autor, a eliminação de desperdícios resulta em diminuição de inventários, melhor qualidade de trabalhos, produtos e serviços aprimorados levando por sua vez a construir um melhor relacionamento com clientes e fornecedores. Em suma, a produção enxuta funciona com um conceito simples, porém vital, de eliminar o desperdício e fornecer produtos e serviços de boa qualidade.

2.2 PENSAMENTO ENXUTO

O Pensamento Enxuto é baseado no conceito de produção enxuta proveniente do Sistema Toyota de Produção (TPS). No contexto, segundo Haan, Naus e Overboom (2012), o Lean se destaca com a filosofia de “fazer mais com menos” e com a grande capacidade de diminuição dos custos por meio da eliminação ou redução de desperdícios. Segundo os pesquisadores Womack, Jones e Roos em seu livro, "A máquina que mudou o mundo", a indústria automobilística japonesa mostra ao mundo sua superioridade na manufatura através da produção enxuta (WOMACK; JONES; ROOS, 1990).

Segundo Holweg (2007) o Sistema de Produção faz a Toyota mais competitiva por meio de seu desempenho e força os concorrentes a reaprender. Em seu trabalho, ele pesquisa e analisa, resumindo de 1930 ao início da conceptualização da produção enxuta em 1990, terminando com algumas aplicações e literatura relevante até o ano de 2006.

De acordo com Engelseth e Gundersen (2018), um dos principais caminhos para o desenvolvimento no pensamento enxuto é entender o presente com base no passado; melhorando assim a produção futura. A modelagem extensiva e contínua de processos e a análise para redução de desperdícios preparam o terreno para mudanças incrementais.

2.3 OS OITO DESPERDÍCIOS

A eliminação de desperdícios é parte integral do Sistema Toyota de Produção. Para Ohno (1988), ao pensar sobre a eliminação de desperdícios deve se levar em consideração dois pontos: **(1)** Melhorar a eficiência só faz sentido quando a melhoria está vinculada à redução de custos; e **(2)** A eficiência deve ser melhorada a cada etapa e, ao mesmo tempo, para a planta como um todo.

Segundo Ohno (1988), uma verdadeira melhoria de eficiência é alcançada quando não se produzem desperdícios, ou seja, quando se produz apenas a quantidade necessária, com a capacidade de mão de obra necessária. Assim, a primeira etapa para aplicação do TPS deve ser a identificação completa de desperdícios.

Os sete desperdícios do STP, propostos por Ohno (1988) são apresentados abaixo junto ao oitavo desperdício proposto por Liker e Meier (2006).

Superprodução: Produzir itens mais rápido ou em quantidade maior do que o necessário. A superprodução, segundo Liker e Meier (2006), dá origem a outros desperdícios, tais como excesso de estoque e aumento nos custos de transporte.

Espera: Operadores ou processos inoperantes em virtude da espera por uma máquina finalização de etapas do processo, ou falta de ferramentas, suprimentos, informações ou peças.

Transporte: Partes ou produtos movidos de forma desnecessária. Incluindo movimentação de peças em processo de um local para o outro, ou movimentação de materiais, peças ou produtos para dentro/fora do local de armazenamento ou entre processos.

Super processamento: Realizar um processo desnecessário, que não agrega valor ao produto ou serviço produzido. Liker e Meier (2006) completam a definição deste desperdício incluindo também processamento ineficiente devido à ferramenta e design do produto inadequados, causando movimento desnecessário e produzindo defeitos. De acordo com o autor, o “trabalho extra” pode ser uma maneira encontrada dos trabalhadores para gastar o seu tempo ocioso, ao invés de gastá-lo esperando.

Estoque: Matéria prima, trabalho em processamento (ou WIP, do inglês *Work in Process*) ou produtos acabados além do necessário para se ter um sistema controlado. Conforme pontuam Liker e Meier (2006), o excesso de estoque pode causar obsolescência, prazos mais longos, maiores custos de transporte, armazenamento e atrasos além de esconder problemas na produção como falhas na cadeia de suprimento, defeitos, tempo de inatividade de equipamentos e longos tempos de setup.

Movimentação: Movimentação extra que os colaboradores tenham que realizar durante uma tarefa e que não agreguem valor a peça, tais como: estender a mão, procurar, empilhar caixas no estoque, caminhar, entre outros.

Defeitos: Necessidade de inspeção, retrabalho ou existência de produtos ou partes defeituosas. Segundo Liker e Meier (2006) a realização de retrabalho, substituição e inspeção indicam desperdícios de movimentação, tempo e esforço.

Não utilização do talento humano: Não utilização da criatividade/talento das pessoas: Temos esta perda quando tempo, ideias, habilidades, melhorias e oportunidades de aprendizagem não são aproveitados. O oitavo desperdício, de acordo com os autores, deve-se ao não engajamento ou a não ouvir os colaboradores.

Ao apresentar o oitavo desperdício descrito acima, Liker e Meier (2006) apontam que a principal razão para que Ohno (1988) considerasse os 7 desperdícios críticos se baseia no impacto que estes causam ao oitavo desperdício. Os sete desperdícios escondem problemas e essa omissão não permite que os colaboradores sintam a real necessidade da mudança e que, por consequência, não sejam engajados a pensar. De acordo com o autor, reduzir desperdícios expõe problemas e faz com que os colaboradores possam usar sua criatividade para resolvê-los.

No contexto de globalização acelerada, segundo Murata et al. (2013), novos problemas de gerenciamento foram reconhecidos e com eles, necessidades como a transferência dos conhecimentos da gestão enxuta da indústria para outros segmentos. Costa e Filho (2016) apresentam em seu trabalho uma revisão sistêmica com fim de avaliar a evolução da literatura em *Lean Healthcare* tendo como base 107 artigos pesquisados, os autores também exemplificam os 8 desperdícios Lean na saúde (*Lean Healthcare*) conforme o Quadro 2.

Quadro 2: Os Oito Desperdícios e Exemplos na Saúde

Desperdício	Definição por Ohno (1988) e Liker e Meier (2006)	Exemplo na Saúde por Costa e Filho (2016)
Superprodução	Produzir mais cedo ou em quantidade maior do que o necessário	Realizar tratamento desnecessário
Espera	Operações, processos ou trabalhadores inoperantes a espera do fim de um processo, falta de ferramentas, suprimentos, peças ou informação.	Esperar por uma consulta médica
Transporte	Partes ou produtos movidos de forma desnecessária	Transferir pacientes entre quartos

Super processamento	Realizar processo desnecessário que não agregue valor ao produto	Preenchimento de fichas e formulários desnecessários
Estoque	Matéria prima, produtos acabados ou em processo além da quantidade necessária para um sistema controlado	Medicamentos em falta ou em excesso no estoque
Movimentação	Movimentação extra por parte dos colaboradores que não agregue valor ao produto final	Procura por medicamentos
Defeitos	Necessidade de retrabalho ou produtos defeituosos	Inspecionar trabalho já realizado a procura de erros
Não utilização do talento humano	Perda de tempo, ideias, melhorias, habilidades e criatividade	(-)

Fonte: Adaptado de (OHNO, 1988), (LIKER, 2006) e (FREITAS, 2016)

Para Nascimento et al (2018) o pensamento enxuto tem influenciado diversos outros segmentos de negócios a alcançar os mesmos resultados satisfatórios e se manterem competitivos no mercado global. Para tanto, convém o estudo, além dos princípios do pensamento enxuto, das ferramentas Lean.

2.4 FERRAMENTAS *LEAN*

Para facilitar a transição da cultura enxuta entre os diversos segmentos, os autores Murata et al (2013) propõem o estudo de ferramentas modulares *Lean* tais como o *Karakuri*, o *Poka-Yoke* e a Gestão Visual. Eles indicam que essas três tecnologias já demonstram eficácia em melhorar a capacidade dos sistemas de produção e funções da cadeia de suprimento sendo tecnologias compactas e de pouca complexidade. Segundo os autores, o grau de enxugamento de operações é elevado quando utilizadas combinações de tecnologias elementares. De acordo com Page (2014), sistemas modulares aportam o uso da criatividade, contribuindo para a eliminação do oitavo desperdício *Lean*. A autora pontua que a importância de soluções modulares *Lean* está na flexibilidade relativa à variação da demanda, ou seja, a produção deve se adaptar e se rearranjar a demanda atual. Indústrias com uma grande carga de trabalho manual em suas montagens e serviços devem oferecer estações de trabalho ergonômicas e flexíveis. Outro benefício, segundo a autora, é que as soluções modulares podem ser personalizadas de

acordo com a necessidade: pequenas mudanças e alterações podem ser feitas permitindo o exercício da criatividade.

Segundo Liker (2006), a redução de custos tem sido uma paixão desde que Taiichi Ohno criou o STP no chão de fábrica, no entanto, mais do que reduzir custos, a Toyota é movida por um senso filosófico de propósito, que se sobrepõe a qualquer tomada de decisão de curto prazo.

2.5 SUSTENTABILIDADE

Segundo Martins et al (2019) o uso do conceito de sustentabilidade tem sido discutido em diversos âmbitos, ocasionando em interpretações de acordo com o propósito de cada pesquisa. Essa transdisciplinaridade torna difícil encontrar uma definição padrão que abranja todos as dimensões da sustentabilidade. O modelo *Triple Bottom Line*, criado por John Elkington para medição de desempenho organizacional, separa o conceito de sustentabilidade em três dimensões, sendo estas: Sustentabilidade Ambiental, Social e Econômica.

Segundo Calabrese et al (2021), a agenda 2030 das nações unidas para o Desenvolvimento Sustentável introduzindo um paradigma de sustentabilidade que desafia as empresas privadas. O documento das Nações Unidas, convoca um esforço global pela sustentabilidade do planeta estabelecendo 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que se desdobram em 169 metas.

Para Calabrese et al. (2021), o papel do setor privado para se alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável não pode ser subestimados uma vez que as organizações privadas podem influenciar stakeholders, mobilizar recursos e inovar.

2.6 A TOYOTA E A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

Em 19 de Abril de 2021, a Toyota publicou um comunicado intitulado “*Toyota aims for carbon neutrality by 2050*” (Em tradução literal: Os objetivos da Toyota para a neutralidade em carbono em 2050) (TOYOTA MOTOR CORPORATION, 2021) por meio de seu site oficial, sobre esforços mundiais da companhia em neutralizar suas emissões de carbono. No comunicado, a empresa reafirma o compromisso de redução de emissão de CO₂ (Dióxido de Carbono) para apoio ao Acordo de Paris, tomando a responsabilidade por meio de pesquisas e desenvolvimentos de uma linha completa de veículos elétricos. Além disso, empresa afirma que

para alcançar a neutralidade de carbono na indústria automotiva é necessário integrar políticas de energias (como utilização de energia renovável e infraestrutura sustentável) e políticas industriais (como subsídios, suporte a fornecedores e sistemas de reciclagem de baterias), inteirando que se trata de um esforço global, envolvendo todo o ciclo de vida dos veículos produzidos. (TOYOTA MOTOR CORPORATION, 2021)

Este esforço é notável nos relatórios ambientais da empresa. No relatório de 2020, a Toyota (TOYOTA MOTOR CORPORATION, 2020) apresenta 6 desafios globais e os relaciona aos objetivos de desenvolvimento sustentáveis da ONU, sendo estes:

1. Desafio de Novos veículos com 0 Emissão de CO₂. Objetivo > Reduzir a média global de emissões de CO₂ em veículos novos em 90% comparado com os níveis do ano de 2010. Este desafio está linkado com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 7 (Promover energia limpa e acessível) e 13 (Ação contra a mudança global do clima).

2. Plantas com 0 Emissão de CO₂. Atingir zero emissões de CO₂ em todas as fábricas até 2050. Além de promover energia limpa e acessível e agir contra a mudança global do clima, este desafio também envolve a promoção da indústria, inovação e infraestrutura (ODS 9).

3. Ciclo de vida dos veículos com 0 emissão de CO₂: Eliminar todas as emissões de CO₂ ao longo do ciclo de vida dos veículos. Este desafio contribui para o ODB 12, Consumo e produção responsáveis e 13 Ação contra a mudança global do clima.

4. Minimizar e otimizar o uso da água: Minimizar o uso de água e gerenciar o descarte de acordo com as condições locais. Este desafio contribui com o ODS6, água potável e saneamento.

5. Estabelecer uma sociedade e sistemas baseados em reciclagem: Promover a implantação global de tecnologias e sistemas de tratamento e reciclagem de veículos em fim de vida. Este desafio ODS 9 e ODS 12.

6. Conectar as atividades de conservação da natureza além do Grupo Toyota e seus parceiros de negócios entre as comunidades, com o mundo e com o futuro. Estabelecer uma sociedade em harmonia ODS 12 e ODS 15.

No desafio de zerar a emissão de CO₂ nos processos de fabricação de veículos, a Toyota empreende a introdução de tecnologias inovadoras e *kaizen* (melhoria contínua) diário. Neste cenário, além da utilização de energias limpas, simplificar e agilizar os processos de fabricação traz uma melhora na eficiência do uso da energia, incluindo a otimização de equipamentos e aproveitamento de calor e energia residual. Além disto, a Toyota se compromete a utilizar todos

os meios possíveis para redução de CO₂ e cita em seu relatório global a utilização de processos inovadores chamados *Karakuri*, que não consomem nenhuma fonte de energia elétrica (TOYOTA MOTOR CORPORATION, 2020).

2.7 KARAKURI

Os bonecos *Karakuri* são os precursores dos robôs industriais (IGUCHI et al., 1990). A história da robótica no Japão começou no período EDO (1603 em diante), quando surgem no Japão os primeiros *Karakuris*, conhecidos como *Karakuri Ningyo* – tratava-se de bonecos que realizavam movimentos mecânicos para entreter a uma plateia em apresentações teatrais, com o intuito de animar o público através de réplicas muito próximas ao movimento humano. Os *Karakuris* agiam como robôs, mas executando apenas movimentos mecânicos, ou seja, sem utilização de energia elétrica, pneumática ou hidráulica (BHANU et al, 2018)

Segundo Bock (2006), o *Karakuri* tornou-se um entretenimento popular, permitindo que seus inventores viajassem o Japão adquirindo fama, como é o caso do inventor Hisahige Tanaka. Um fato ressaltado pelo autor é que em um dos conhecidos bonecos de *Hisashige*, o *Karakuri Kyudo* (Figura 2), cuja principal função era acertar alvos com flechas, já existia uma função de falha, ou seja, por propósito do inventor, em algumas flechadas o boneco errava o alvo, fazendo a plateia se divertir. Segundo Bock (2006), essas falhas projetadas mostram como os japoneses não têm medo de mecanismos ou robôs, uma vez que sabem que podem projetar e controlar o desempenho e sucesso da máquina.

Figura 2: Karakuri Kyudo



Fonte: (BOCK, 2006)

De acordo com Bock (2006), os seres humanos são propensos a erros por estarem sujeitos a condições de estresse e altas cargas de trabalho, portanto as máquinas não podem

executar nenhuma falha a menos que tenham sido mal projetadas por humanos. No entanto, se a mecânica for mal concebida, pode aumentar os riscos durante as falhas. Assim, depende do *designer* potencializar os benefícios da mecânica para facilitar a vida humana e a riqueza das sociedades. Um dos bonecos *Karakuris* mais conhecidos é o servidor de chá, ilustrado na Figura 3, que se movimentava com o peso da xícara, trava após retirarem a xícara e torna a se mover.

Figura 3: Karakuri servidor de chá



Fonte: (BHANU e KUMAR, 2018)

Além de serem comuns no Japão, os mecanismos de *Karakuri* também se popularizaram em outros países, como a China. A carruagem que aponta para o sul (*South point Chariot*), representada na Figura 4, é um mecanismo de engrenagens acoplado a um ponteiro que sempre aponta na mesma direção, independente do caminho percorrido pelas rodas. Porém, diferente dos *Karakuris* japoneses, que tinham objetivo de entreter, este mecanismo era utilizado como instrumento de navegação, guiando as carruagens reais de volta para o palácio ou ponto de partida. (SAWIN, 2015).

Figura 4: Carruagem que aponta para o Sul



Fonte: (SAWIN, 2015)

Segundo Weber (2014), a tecnologia *Karakuri* consiste em dispositivos que produzem trabalho com baixa energia e sem utilizar energia elétrica. O autor cita como exemplo a composição de um sistema que incorpore rolamentos, alavancas, pedais e contrapesos com intuito de movimentar, pela gravidade, caixas de peças e componentes.

Apesar de sua história milenar, a tecnologia *Karakuri*, continua a ser utilizada nos dias de hoje na indústria.

2.8 KARAKURI KAIZEN

O Instituto Japonês de Manutenção de Plantas (*Japan Institute of Plant Maintenance - JIPM*) promove desde 2009 uma exposição sobre o uso do *Karakuri* no Japão com o propósito de trocar conhecimentos entre os fabricantes japoneses que utilizam a tecnologia e, também, introduzi-la a fabricantes estrangeiros (MURATA et al., 2013). Segundo o autor, o objetivo do *Karakuri* na indústria é automatizar uma operação objetiva, tornando-a mais fácil de ser executada e aumentando assim a produtividade. Para isso, assim como nos bonecos *Karakuri* da época Edo, a tecnologia utiliza mecanismos simples baseado em princípios naturais da física tais como: princípios mecânicos (alavancas, polias, engrenagens e mecanismos de conexão cames), hidromecânica, magnetismo, som, ótica e propriedades físicas em geral.

O *Karakuri* como técnica de automação está atrelado a 3 principais valores (JIPM, 2019):

- 1) Baixo custo/ Amigável ao meio ambiente: O *Karakuri* utiliza fontes de energia limpa e gera pouco impacto ambiental, tendo um custo de manutenção menor frente a outras técnicas de automação.

2) Cria um ambiente de trabalho confortável: Permite aos colaboradores olhar e resolver problemas do seu ambiente de trabalho, tornando-o mais ergonômico.

3) Desenvolve talentos humanos: de acordo com o JIPM (2019), ao incorporar o *Karakuri*, os trabalhadores são capazes de criar suas próprias soluções, o que os torna capazes de realizar autorreparo. Pelo método da tentativa e erro, os trabalhadores se motivarão a fazer o melhor, evoluindo a solução *Karakuri* e proporcionando uma sensação de realização. Assim, as tarefas ficam mais fáceis, beneficiando todo o time e incentivando a prática do *Karakuri*. Segundo o instituto, esses passos levam à construção do chamado ciclo de motivação *Karakuri*, que foi traduzido na Figura 5.

Figura 5: Ciclo da Motivação Karakuri



Fonte: Adaptado (YOUTUBE, 2019)

Ainda segundo JIPM (2019), e em consonância com Ohno (1988), o primeiro passo para a realização do *Karakuri* é a observação dos problemas existentes no ambiente de trabalho, atentando-se a três perspectivas: desperdício (por meio de ações desnecessárias existentes), desnivelamento ou irregularidade (ações e conteúdos irregulares) e esforços irracionais (realizar trabalho físico pesado, tomar posturas irracionais, trabalho que necessita atenção, entre outros). Estes três pontos de vista constituem o que o instituto reconhece como Ponto de Vista do *Karakuri Kaizen* (Figura 6).

Figura 6: Ponto de vista do Karakuri Kaizen



Fonte: Adaptado (JIPM, 2019)

O *Karakuri* se beneficia da força humana, pressão, peso, flexibilidade, momentos entre outros como fonte de energia limpa que somados à simples dispositivos mecânicos (como polias, engrenagens, alavancas e rolamentos) permitem que as práticas sejam bem implementadas nos ambientes de trabalho.

2.9 MECANISMOS E MÁQUINAS SIMPLES

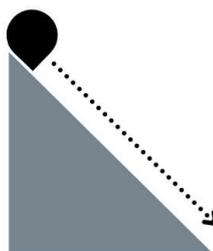
Segundo Norton (2010), “Um mecanismo é um sistema de elementos unidos e organizados para transmitir movimento de uma maneira apropriada”. De acordo com Bhanu e Kumar (2018) a maior parte dos elementos de uma máquina são feitos de mecanismos básicos como alavancas, cames, eixos, rolamentos, molas, engrenagens, polias e manivelas, que desempenham um papel vital ao converter e transmitir energia de uma fonte para a máquina transformando-a em movimento.

De acordo com Nascimento et al. (2019), máquinas simples como polias, alavancas, prensas hidráulicas ou até mesmo planos inclinados, apresentam como função diminuir o valor da força necessária para executar uma determinada tarefa, permitindo um menor esforço humano. Em consequência, no funcionamento do *Karakuri*, essa vantagem mecânica melhora os fatores ergonômicos auxiliando também na redução de gastos energéticos.

1. Plano Inclinado:

Trata-se de uma superfície que liga um ponto mais alto a um ponto mais baixo (Figura 7). O plano inclinado, através da lei de conservação de energia, transforma a energia potencial gravitacional do objeto em queda (referente ao seu peso e altura da posição inicial) em energia cinética, garantindo-lhe o movimento e aceleração proporcional ao ângulo de inclinação do plano. Assim, a força gravitacional, torna mais fácil a movimentação do objeto (NASCIMENTO et al, 2019). Segundo Prater (1994), o plano inclinado permite aplicar uma pequena força a uma distância maior ao se elevar uma carga. O funcionamento do plano inclinado é influenciado pelo atrito referente à superfície do plano. Superfícies mais lisas e com o atrito menor, proporcionam menos resistência à descida ou subida do objeto por um plano inclinado. Alguns exemplos de utilização do plano inclinado são: carga e descarga de malas em aviões através de rampas de carga e rampas de acessibilidade.

Figura 7: Plano Inclinado



Fonte: Do autor

A Equação 1 demonstra que quanto maior o comprimento da rampa (L) menor o esforço (F) necessário para se erguer um objeto de peso (P) a uma altura (h) do plano.

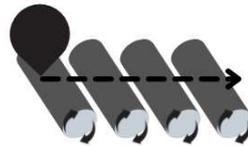
$$F = \frac{P \cdot H}{L} \quad (1)$$

2. Rolamentos:

De acordo com Prater (1994), um rolamento (Figura 8) é um suporte e guia que carrega um objeto ou parte de uma máquina, mantendo a relação entre as peças móveis e as estacionárias. Segundo o autor, os rolamentos podem ser utilizados de forma a minimizar o atrito de planos, diminuindo o esforço necessário para locomoção de um objeto. Isso acontece pois o atrito de rolamento é sempre menor do que o atrito de deslizamento devido a diminuição

de contato da superfície com o corpo do objeto. Um exemplo prático desta aplicação é o rolamento de cargas para construção das pirâmides.

Figura 8: Rolamentos

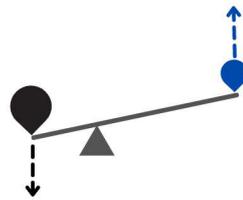


Fonte: Do autor

3. Alavancas:

Uma alavanca é uma máquina simples formada por uma barra de transmissão de esforço e um ponto de apoio fixo, denominado fulcro (representado na Figura 9 como um triângulo). Segundo Bhamu e Kumar (2018) uma alavanca pode ser utilizada para multiplicar a força mecânica aplicada ou alterar a direção de aplicação da força.

Figura 9: Alavancas



Fonte: Do autor

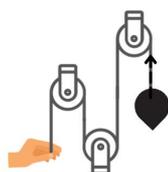
Quanto maior o braço (L) de aplicação da força, menor será o esforço necessário (F) para se levantar um objeto de peso P , a uma distância l do ponto de apoio, conforme Equação (2).

$$F = \frac{P \cdot l}{L} \quad (2)$$

4. Polias:

Segundo Prater (1994), uma polia (Figura 10) é uma roda com um sulco que gira pela ação de uma corda. Uma Polia fixa pode mudar a direção de um esforço, enquanto uma polia móvel muda a intensidade da força aplicada. Um arranjo de diversas polias garante maiores vantagens mecânicas.

Figura 10: Polias



Fonte: Do autor

5. Engrenagens:

Consistem em rodas giratórias com dentes (BHANU E KUMAR, 2018) capazes de alterar a direção, a velocidade ou a intensidade da força aplicada, podendo também ser utilizadas para gerar movimento circular ou fazer mover uma correia dentada (PRATER, 1994). Segundo o autor, as engrenagens (Figura 11) podem ser divididas em internas ou externas de acordo com os posicionamentos dos seus dentes, e em helicoidais ou retas de acordo com a direção de corte e movimentação de seus dentes.

Figura 11: Engrenagens

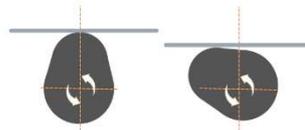


Fonte: Do autor

6. Cames:

Enquanto as engrenagens geram movimentos circulares, os Cames (Figura 12) têm formato irregular e podem ser utilizados para movimentar hastes para cima e para baixo e de forma geral, modificar o movimento mecânico de acordo com o seu formato e aplicação. Para Prater (1994), eles podem controlar outras unidades mecânicas, sincronizar ou travar duas ou mais unidades de engate. Um exemplo comum de aplicação de cames é a sincronização de movimentos de abertura de válvulas de escape e admissão em motores de automóveis.

Figura 12: Cames

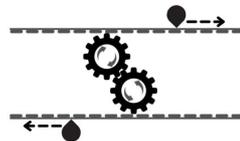


Fonte: Do autor

7. Cremalheira:

Cremalheiras, representadas na Figura 13, são correias dentadas que quando engrenadas transformam o movimento de rotação em um movimento horizontal ou vertical, redirecionando os esforços. A engrenagem que movimenta a cremalheira é chamada pinhão (PRATER, 1994).

Figura 13: Cremalheira



Fonte: Do autor

As empresas encontram no *Karakuri* diversos benefícios como economia de energia, redução das emissões de carbono, melhorias ergonômicas e uso da criatividade dos funcionários. A iniciativa global da Toyota de treinar seus funcionários em *Karakuri Kaizen* ao redor do mundo envolve equipes para propor soluções e implementá-las em suas linhas de trabalho (ALVES, 2021). De acordo com o autor a Toyota considera 3 níveis de *Karakuri*:

1) Os Karakuris de nível 1 realizam movimentos básicos, são de fácil concepção e melhoram a ergonomia dos trabalhadores que executam os processos de trabalho. Exemplo: plano inclinado com contrapesos para reposição de peças

2) Karakuris de nível intermediário realizam mais de um movimento e além de melhorar a ergonomia, diminuem o tempo de execução dos processos. Neste tipo de Karakuri, o mecanismo realiza parte de uma movimentação que o colaborador realizaria como parte de seu trabalho antes da implementação. Exemplo: estrutura guia para movimentação de peças pesadas com retorno automático à posição inicial.

3) Os Karakuris de nível 3, ou avançados, são mais elaborados e permitem trabalhar em conjunto com a automação. Para desenvolver Karakuris de nível 3 é necessário o suporte da engenharia. Seu resultado é a independência dos processos, ou seja, eliminar a necessidade de ação humana. Exemplo: O posicionamento de um veículo auto guiado libera um freio que aciona um Karakuri e executa o abastecimento da linha.

2.10 QUALIDADE ATRATIVA E O MÉTODO *KANO*

Herzberg, Mausner e Snyderman (2017), com base em eventos reais relatados por trabalhadores analisaram que embora um ambiente de trabalho gere descontentamento, a melhoria das condições não resulta de forma direta em melhoria. No entanto, a satisfação aumenta com fatores intrínsecos ao trabalho como realizações, reconhecimento e desafios. Com base nesta observação, Herzberg propôs a teoria de dois fatores, ou teoria dos fatores higiênicos e motivacionais abordando a motivação e satisfação dos trabalhadores.

Witell, Löfgren e Dahlhgaard (2013) citam que a teoria dos dois fatores foi a base para que Kano desenvolvesse o conceito de qualidade atrativa e obrigatória, apontando também que desde a sua introdução na academia, a teoria da qualidade atrativa e a metodologia Kano têm sido aplicada em empresas como um método para entender as necessidades de clientes, permitindo explicar os papéis que os diferentes atributos da qualidade, ligada a um determinado produto ou serviço, desempenham para um cliente.

Segundo Oliveira (2017) a ideia chave do modelo de Kano é capturar e analisar a voz do cliente e utiliza-la como fonte de informações para o processo de desenvolvimento de produtos e serviços, entendendo as expectativas do usuário.

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

No presente capítulo se apresenta a metodologia utilizada para a realização deste projeto, sendo provido entendimento de como cada etapa do projeto contribuirá para alcançar o objetivo geral.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Quanto à abordagem do problema, a pesquisa tem enfoque qualitativo, uma vez que pretende analisar de maneira qualitativa as variáveis necessárias para a introdução do *Karakuri* nas Unidades, serão analisados também os critérios quantitativos, com base na análise quantitativa dos questionários aplicados e desperdícios associados à literatura e às unidades de saúde.

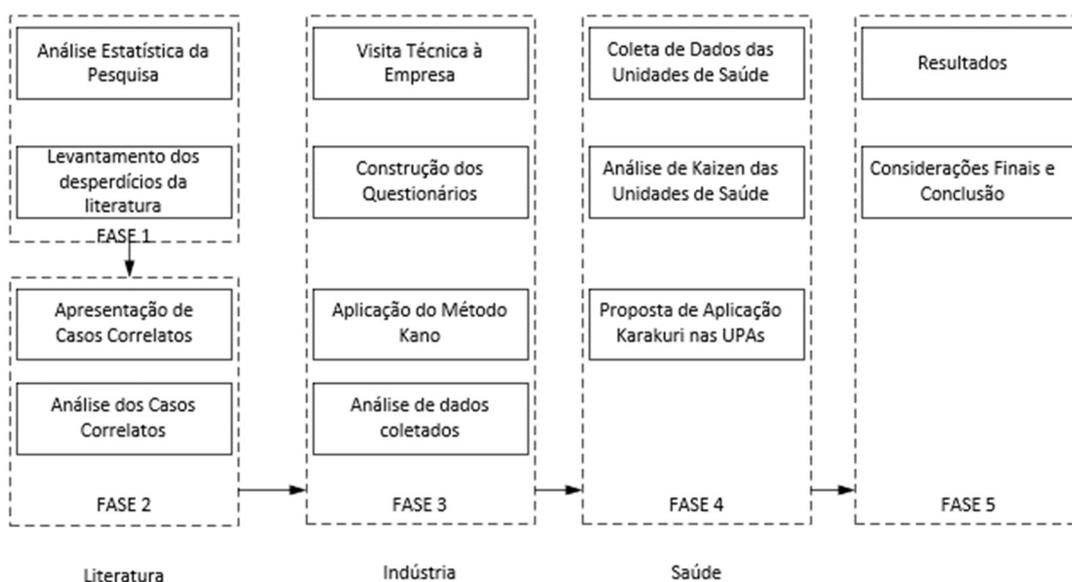
Um estudo extensivo sobre aplicações do método *Karakuri* foi realizado para obter uma visão detalhada sobre o assunto. Como se trata de um assunto pouco explorado na literatura e, a fim de captar o máximo possíveis de informações de descrição e aplicação do método propõe-se a realização de uma pesquisa aplicada, qualitativa e descritiva.

Para que tanto contribuições da indústria quando da academia (aplicações práticas já contempladas em artigos) sejam consideradas, utilizou-se dois diferentes tipos de coleta de dados: pesquisa bibliográfica e aplicação de questionário. Segundo Provdanov e Freitas (2013), a coleta de dados de observação direta extensiva, como os obtidos através de questionários, gera dados primários. Assim chamados por serem dados de primeira mão, colhidos de forma direta pelo trabalho do pesquisador ao passo em que a pesquisa bibliométrica, é realizada tendo como fontes como jornais, registros e periódicos e gera dados de pesquisa secundários. Como forma de condensar os dados primários e secundários obtidos, serão apresentados casos correlatos da aplicação de *Karakuri* que servirão de base para a proposta de solução final. Em paralelo, a análise de desperdícios associados às unidades de saúde trará aspectos internos da organização a serem discutidos para analisar se o método *Karakuri* possui aderência para aplicação no ambiente de saúde pública.

3.2 ETAPAS DO PROJETO

Visando expor as atividades executadas durante as fases da metodologia, apresenta-se a Figura 14.

Figura 14: Etapas da metodologia da pesquisa



Fonte: Adaptado de (FREITAS, 2016) (FREITAS, 2017)

As fases estruturadas que constituem a metodologia da pesquisa são descritas abaixo:

Fase 1 – Análise da literatura: Traz um levantamento e análise da literatura existente sobre o tema *Karakuri*, considerando as sub etapas: **(i)** Levantamento da bibliografia, **(ii)** Análise estatística da pesquisa, **(iii)** Levantamento dos desperdícios encontrados. Esta fase objetiva conhecer o estudo da arte sobre o tema *Karakuri*, provendo também referências teóricas para a construção do conhecimento ao longo do projeto.

Fase 2 - Estudo de casos correlatos: Esta fase aborda 9 casos correlatos encontrados na literatura levantada no passo anterior através das **(i)** Apresentação dos casos correlatos e **(ii)** Análise dos casos correlatos. Nesta fase será possível identificar e analisar experiências de *Karakuris* já implementados e reportados na literatura estudada.

Fase 3 - Análise de aplicações na indústria: Esta fase compreende quatro etapas, sendo: **(i)** Visita técnica a empresa, **(ii)** Construção dos questionários, **(iii)** Aplicação dos questionários e **(iv)** Análise dos dados coletados. Objetivando visitar e estudar o desenvolvimento do *Karakuri* e as interações em uma planta Industrial.

Fase 4 - Análise dos *kaizens* (UPAs) e Proposta de Solução *Karakuri* nas UPAs: Nesta

fase analisou-se a ocorrência e reporte dos 8 desperdícios *Lean* nas Unidades de Pronto Atendimento estudadas. Isso foi possível através de **(i)** levantamento dos desperdícios nas Unidades estudadas e **(ii)** compilação e análise dos 8 desperdícios encontrados nas unidades.

Fase 5: A análise da aderência da técnica *Karakuri* à saúde é realizada analisando os dados obtidos nas 4 etapas anteriores por **(i)** formulação dos resultados e **(ii)** estruturação das conclusões da pesquisa.

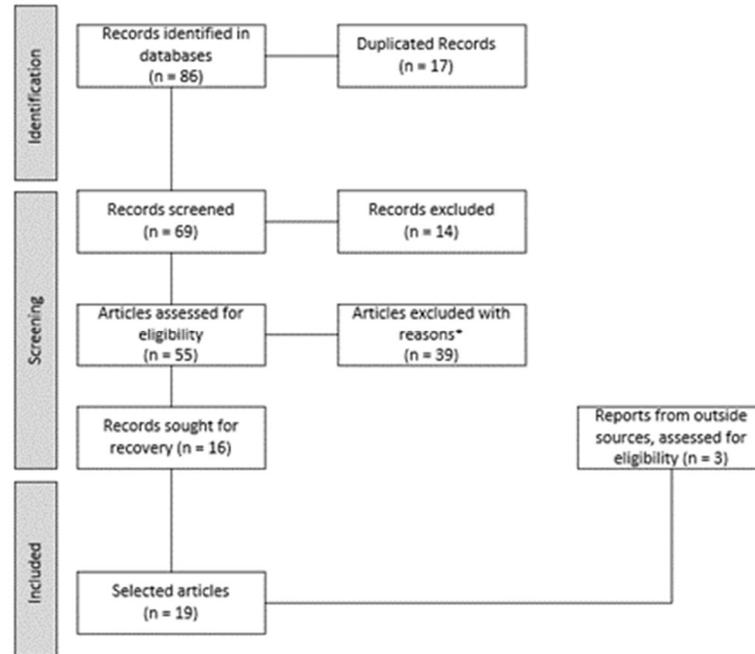
3.3 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Nesta primeira etapa da pesquisa, tendo como objetivo do projeto definido em analisar a aderência do método *Karakuri* para sua implementação no ambiente de cuidados com a saúde, um levantamento da literatura existente sobre o *Karakuri* foi conduzido identificando, um total de 85 artigos encontrados nas bases de dados *Scopus*, *Compendex*, *Web of Science*, *Taylor and Francis*. Em seguida, foi incluído um artigo proveniente da busca por assunto no portal Periódicos Capes. Esta análise originou arcabouço teórico sobre o histórico do *Karakuri*, casos de aplicação e definições destacadas pelos autores. Os artigos foram obtidos através da pesquisa usando o termo “*Karakuri*” nas bases supracitadas. Para assegurar resultados atuais, esta etapa delimitou-se a artigos publicados nos últimos 20 anos. Cabe ressaltar que uma busca prévia pelos termos “*Karakuri*” E “*health**” não retornou resultados para nenhuma das bases em questão e, por isso, optou-se pelo uso do termo “*Karakuri*”, tornando a pesquisa possível.

Tendo em vista os objetivos do estudo e a variedade de registros identificados, restringiu-se a pesquisa aos tipos de documento: artigos e documentos de conferências. Esta escolha, foi feita de modo a abranger um maior número de registros sem colocar a prova a qualidade. Desta restrição, resultaram 86 documentos. Após removidos os registros duplicados (n=17), resultando em 69 documentos a serem analisados na etapa de triagem. Então, iniciou-se uma etapa de triagem para selecionar apenas os documentos relevantes à pesquisa. Pela nomenclatura *Karakuri* estar ligada a história do Japão no que se refere à arte e robótica (o termo é proveniente de uma técnica milenar de construção de bonecos autômatos que também são considerados os precursores da robótica moderna), foram aplicados filtros nas diversas bases eliminando registros referentes a história da arte *Karakuri* e artigos referentes à história dos robôs, totalizando 39 artigos excluídos nesta etapa. Com um total de registros elegíveis de 16 documentos, foram adicionadas 2 teses de fontes externas, gerando a nossa amostragem final de 19 documentos sobre o *Karakuri*. As etapas da pesquisa bibliográfica realizada são ilustradas

na Figura 15 abaixo.

Figura 15: Processo de Seleção de Artigos



Fonte: Adaptado (MOHER,2009)

Tais registros foram analisados conforme segue.

4 APLICAÇÃO

Neste capítulo apresentam-se as etapas de aplicação dos métodos apontados no capítulo anterior para a consecução dos objetivos específicos definidos e com o intuito de embasar a realização das próximas etapas.

4.1 ANÁLISE DA LITERATURA

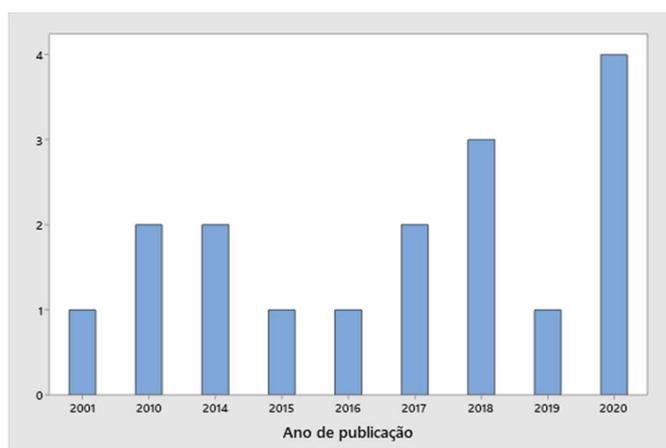
4.1.1 Análise estatística da pesquisa

A partir da análise bibliográfica, alguns pontos relativos aos artigos selecionados foram analisados, entre estes: ano de publicação, fonte de publicação e tipo de abordagem.

Distribuição de registros por ano de publicação:

No Gráfico 1 apresenta-se a distribuição dos registros por ano de publicação.

Gráfico 1: Distribuição de Registros por ano de publicação

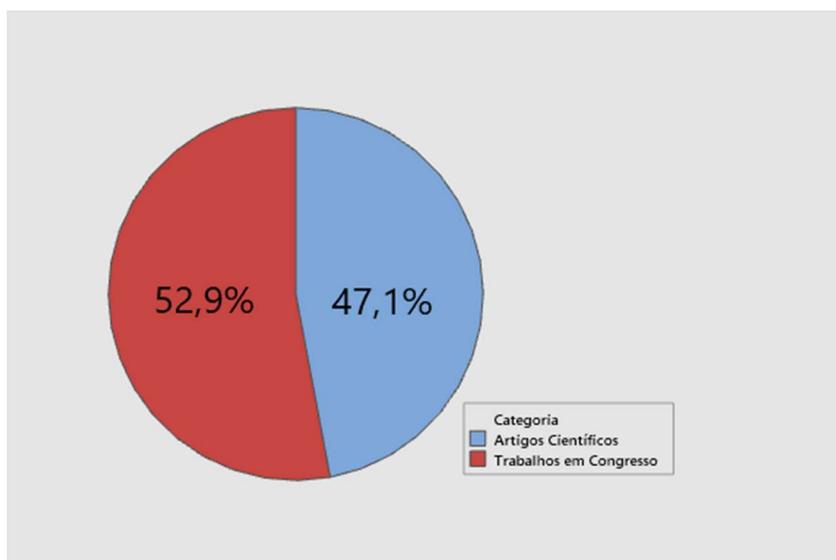


Fonte: Do autor

Tipo de fonte de publicação:

No Gráfico 2 pode-se perceber que a quantidade de trabalhos em congressos e artigos científicos analisadas é muito próxima, sendo, 53% de trabalhos publicados em congressos e 47% de artigos científicos publicados em periódicos.

Gráfico 2: Distribuição de registros por tipo de fonte de publicação

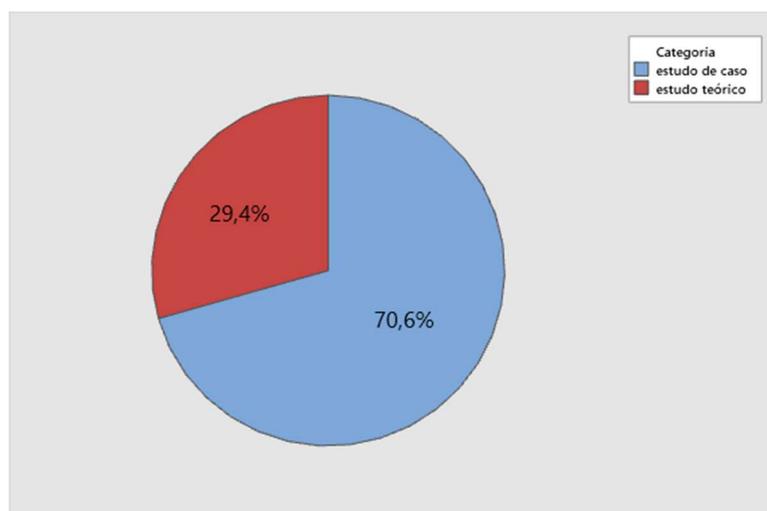


Fonte: Do autor

Tipo de abordagem de pesquisa utilizada:

Foi realizada leitura dos resumos e títulos das publicações a fim de categorizar os documentos selecionados pelo tipo de abordagem utilizada entre estudo teórico (análises teóricas) ou estudo de caso (que abordem casos de aplicação da técnica *Karakuri*). O resultado da análise pode ser visto no Gráfico 3 abaixo. 70,6% dos documentos apresentam relatos da aplicação do *Karakuri*.

Gráfico 3: Distribuição de registros por tipo de abordagem utilizada



Fonte: Do autor

Com base nos resultados apontados pelo gráfico, no próximo tópico será realizada uma análise detalhada dos desperdícios associados aos artigos em questão

4.1.2 Levantamento dos Desperdícios Encontrados na Literatura

Com base nisso, foram analisados 19 artigos a procura de evidências a respeito da eliminação dos 8 desperdícios *Lean* (citados na sessão 2.3). Em apenas dois dos artigos analisados não foi encontrada nenhuma referência à eliminação de desperdícios com a aplicação do *Karakuri* (RIEGR E MASIN, 2018) (MASIN E RIEGR, 2017), ambos tratam de estudos físico-mecânicos e matemáticos de um exemplo de aplicação do *Karakuri*. Os resultados desta etapa da análise são descritos no Quadro 3 abaixo. Cabe ressaltar, que as justificativas expostas entre aspas são trechos retirados das referências em questão e traduzidos para este trabalho em tradução livre a cargo da autora.

Quadro 3: Oito desperdícios associados à Literatura

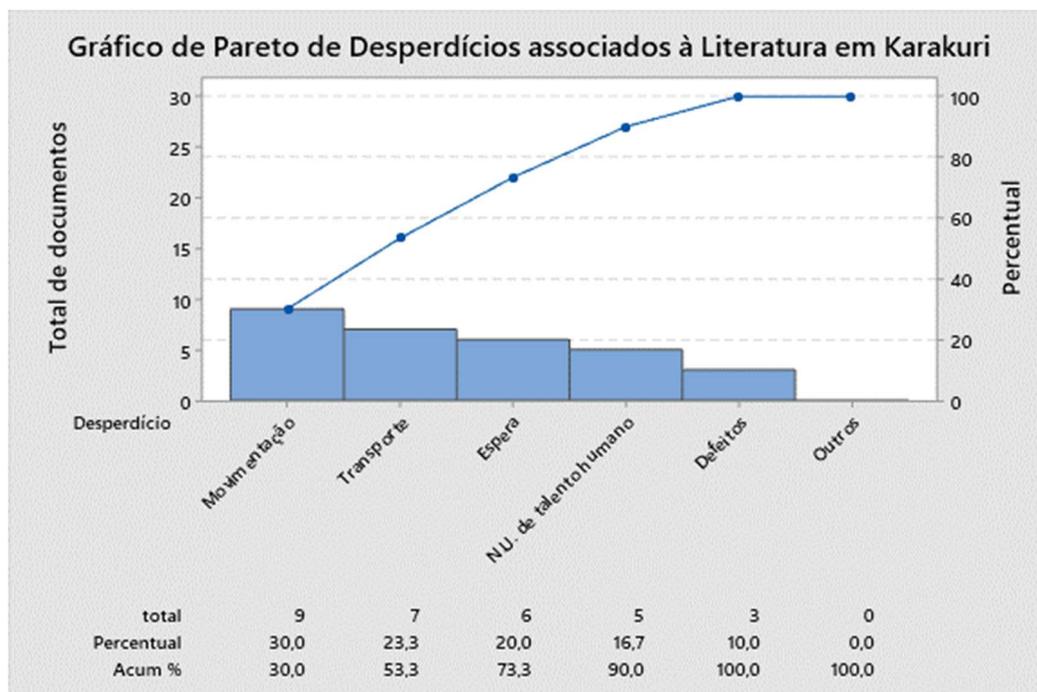
Referência	Justificativa(s)	Desperdícios
[1] Prasetyawan e Agustin (2020)	"O operador não necessita se movimentar ou locomover"; "A implementação permitirá ao Sistema trabalhar com a sabedoria e criatividade de todos" Os autores também apontam diminuição de defeito (evitar que a mistura queime).	defeitos, transporte, movimentação, não utilizar o talento humano
[2] Anggrahini, Prasetyawan e Diartiwi (2020)	"Neste caso, o Karakuri elimina o desperdício na forma de energia do trabalhador e tempo necessário para manuseio de materiais".	movimentação, espera e transporte
[3] Riegr e Mašín (2020)	No estudo de caso, os autores apontam "diminuição de movimentação e transporte".	movimentação e transporte
[4] Tan, Bin e Bin (2020)	"Isso não apenas reduzirá o trabalho associado ao movimento da bandeja de cultivo e melhorará a eficiência de uso do espaço da fábrica da planta".	movimentação, transporte
[5] Madisa, Taib e Reza (2019)	"Karakuri tem como objetivo reduzir ou eliminar o desperdício, como a movimentação (...). Portanto, ao reduzir o tempo de atividades sem valor agregado, (...) melhorará a produtividade."	espera, movimentação
[6] Yamamoto, Sandström e Munoz (2018)	"Karakuri kaizen fornece aos funcionários oportunidades de exercer sua criatividade para construir suas próprias soluções de melhoria".	não utilização do talento humano
[7] Kit, Oluğu e Zulkoffli (2018)	"A implementação de 3 racks de fluxo Karakuri eliminou movimento, transporte e espera sem valor agregado".	movimentação, transporte, espera
[8] Sawaguchi (2017)	a autora enfatiza a relação de criatividade e trabalho em equipe promovida pelas técnicas kaizen, como o Karakuri	não utilização do talento humano
[9] Mašín e Riegr (2016)	"O Karakuri tem potencial para utilização a fim de resguardar energia e esforços humanos."; "comprovou-se efetividade em transportar objetos, tornando o manuseio	Não utilização do talento humano, movimentação,

	de cargas mais simples e sem necessidade do esforço humano.”	
[10] Rani et al. (2015)	“O Karakuri foi desenvolvido para manuseio dos materiais e é utilizado com o objetivo de tornar as operações mais fáceis e aumentar a produtividade (...)”. Apontam “redução de tempo de ciclo, redução de tempo de parada de máquina e redução de retrabalhos por falta de energia elétrica”.	espera, movimentação, transporte, defeitos/retrabalho
[11] Katayama et al. (2014)	segundo o autor, “diversos estudos indicam que as tecnologias visuais modulares como o Karakuri, permitem aumentar a capacidade do sistema de produção e várias funções do sistema de cadeia de suprimentos”.	espera, movimentação, transporte
[12] Weber (2014)	O Karakuri como tecnologia modular, “permite minimizar o gasto de capital e diminuir tempos gastos com reconfiguração de linhas produtivas, além de facilitar aos trabalhadores o contato com o seu lado criativo”.	espera, não utilização do talento humano
[13] Murata e K (2010)	“O uso de técnicas de kaizen, como o Karakuri, quando rotineiras e fomentadas pela gestão, possibilitam que os trabalhadores mostrem sua criatividade e desenvolvam muitas ideias para melhorar o seu trabalho”.	não utilização do talento humano
[14] Riegr e Mašín (2018)	O autor trata de cálculos não abordando os benefícios da aplicação.	N/A
[15] Mašín e Riegr (2017)	O autor trata de cálculos não abordando os benefícios da aplicação.	N/A
[16] Matsudaira (2010)	O autor pondera de maneira geral a respeito de que o método Karakuri é capaz de promover a eliminação de desperdícios, e informa na situação específica em que um mecanismo Karakuri auxilia no movimento de tombamento de caixas, diminuindo a necessidade de movimentos desnecessários e transporte por parte dos operadores.	Movimentação, transporte
[17] Kijima et al (2001)	O autor detalha na conclusão de seu trabalho que o método de Karakuri permite prototipagem e ajustes rápidos quando forem necessários, diminuindo a espera por disponibilidade do equipamento.	espera, não utilização do talento humano
[18] Shamsudin et al	“Para mitigar o desperdício de movimentação, o método Karakuri traz dicas e truques como uma solução de manufatura eficiente nas fábricas” Autores também apontam que o “uso do Karakuri diminuiu o uso de máquinas ou acessórios”.	Movimentação
[19] Bhanu and Kumar (2018)	“O manuseio de resíduos é negligenciado nas indústrias e pode ser significativo se considerado o tempo sem valor agregado que um operador gasta no manuseio dos resíduos.”	Movimentação

Fonte: Do autor

O Gráfico 4 relaciona os desperdícios mais citados como eliminados após a implementação da técnica *Karakuri* nos artigos analisados. A partir do gráfico, é possível perceber que, segundo os autores, os desperdícios mais eliminados, foram em respectivo: excesso de movimentação, transporte, espera, não utilização do talento humano e defeitos.

Gráfico 4: Gráfico de Pareto de desperdícios associados à Literatura em Karakuri



Fonte: Do autor

Com a separação de artigos entre estudos de caso e artigos teóricos, analisou-se em detalhes no próximo tópico os 12 estudos de casos correlatos encontrados na literatura estudada.

4.2 ESTUDO DOS CASOS CORRELATOS

Os estudos de caso selecionados foram analisados visando responder aos 7 questionamentos abaixo, baseados na ferramenta 5W2H:

1. O quê? Título do *Karakuri* abordado
2. Quem conduziu a ação para implementação do *Karakuri*?
3. Onde? Qual foi o segmento da indústria beneficiado com a solução?
4. Quando? Qual foi o ano de aplicação da técnica?
5. Por quê? Quais foram as justificativas citadas para o uso da técnica?
6. Como funciona o dispositivo?
7. Quanto? Qual foi o custo da implementação do *Karakuri* em questão?

Os questionamentos serão respondidos para cada uma das aplicações em forma de texto, como apresentação dos casos correlatos, e serão abordados através de exposição das estatísticas

ao final deste tópico. Ressalta-se que, dos 12 documentos selecionados, 4 referem-se ao mesmo caso prático, sendo estes: [3] (RIEGR e MAŠÍN, 2020); [9] (MAŠÍN e RIEGR, 2016); [14] (RIEGR e MAŠÍN, 2018) e [15] (MAŠÍN e RIEGR, 2017), que foram analisados em conjunto como o caso correlato C. Portanto a seguir, apresenta-se a análise dos 9 casos correlatos.

4.2.1 Caso Correlato A

[1] Prasetyawan, Agustin e Anggrahini (2020) apresentam em seu estudo uma solução Karakuri aplicada ao setor alimentício chamada de “Esteira transportadora de preparo alimentar a alta temperatura”, o caso foi conduzido pela engenheira industrial ligada ao processo de fabricação, que justifica a escolha da técnica pela capacidade de aumentar a produtividade, diminuir os custos, tornar o processo mais fácil de operar e mitigar riscos de segurança para os trabalhadores. O mecanismo funciona por meio da energia potencial gravitacional (peso da mistura alimentar) somado a energia mecânica proveniente de uma máquina no processo anterior, a panela com o preparo desliza pela esteira através de rolamentos, garantindo o traslado da mistura à próxima estação. Os autores apontam que a melhoria apresentou baixo custo de implementação, apesar de não se aprofundar em detalhes financeiros. A Figura 16 demonstra a aplicação deste *Karakuri*.

Figura 16: Karakuri esteira transportadora de preparo a alta temperatura

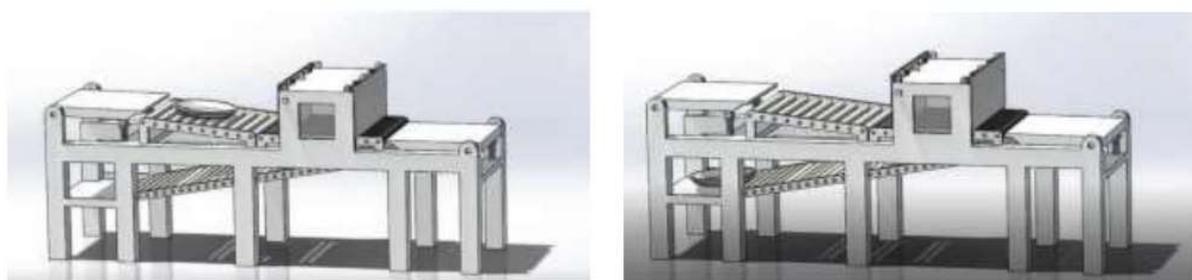


Fonte: (PRASETYAWAN, AGUSTIN e ANGGRAHINI, 2020)

4.2.2 Caso Correlato B

[2] Anggrahini, Prasetyawan e Diartiwi (2020) apresentam o caso de uma Esteira transportadora para alimentação e retirada de assadeiras de um forno industrial. O caso, também ligado à indústria alimentícia foi conduzido pelo engenheiro industrial atrelado ao processo de fabricação e a escolha da técnica *Karakuri* baseou-se em aumentar produtividade e otimizar o tempo de trabalho dos únicos dois profissionais da fábrica, evitando movimentos desnecessários e permitindo que os mesmos se ocupem de outras atividades. A energia utilizada pelo *Karakuri* é proveniente da energia potencial gravitacional (peso da assadeira). A assadeira é colocada em uma plataforma, que "abaixa" com seu peso e a transfere para a primeira parte da esteira com destino a um forno automatizado. Após o tempo de cozimento, o forno libera a assadeira no outro trecho da plataforma levando a assadeira até a próxima etapa de produção. O *Karakuri* deste caso é construído por alumínio, tubos PVC, rolamentos entre outros que garantem o baixo custo da técnica (Figura 17).

Figura 17: Karakuri esteira transportadora

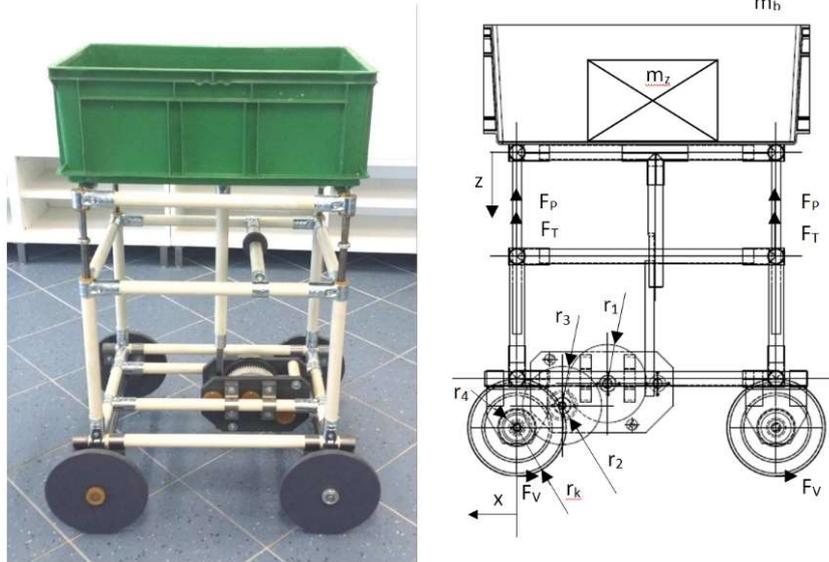


Fonte: (ANGGRAHINI, PRASETYAWAN e DIARTIWI, 2020)

4.2.3 Caso Correlato C

[3] Riegr e Mašín (2020) descrevem a construção de um protótipo de “Carrinho para transporte interno de peças entre 2 estações de trabalho” dentro do setor industrial agrícola justificando o uso da técnica pela economia de energia e esforço humano gerada. O carrinho (Figura 18) se beneficia da gravidade proveniente do peso da massa a ser transportada, que libera um mecanismo de freio e permite a movimentação até que outro mecanismo de freio pare o sistema nas rodas opostas. Quando retirado o peso, o carrinho regressa a sua posição inicial. Os autores não mencionam os custos para produção da solução, porém utiliza materiais de baixo custo para a prototipagem.

Figura 18: Karakuri Carrinho para locomoção de peças entre duas estações

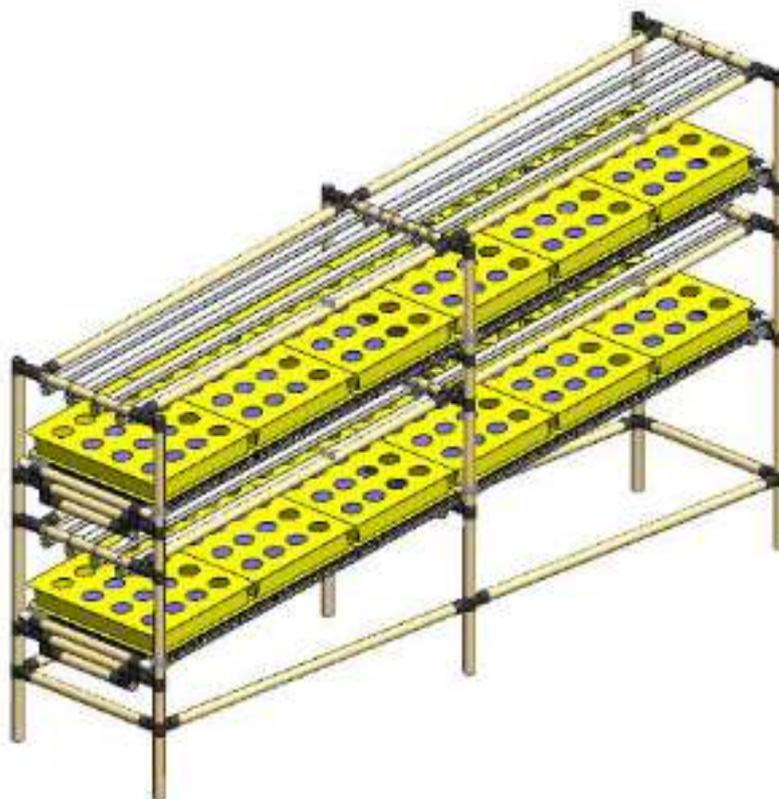


Fonte: (RIEGR e MAŠÍN, 2020)

4.2.4. Caso Correlato D

[4] Tan, Bin e Bin (2020) estudam em seu artigo um “Rack de fluxo *Karakuri* com sistema irrigador acoplado” a ser instalado em uma fazenda vertical (Indústria agrícola). O estudo é conduzido por engenheiros visando reduzir dependência de mão de obra associada à movimentação das bandejas de cultivo, melhorar a eficiência de uso do espaço e layout, e possibilitar a implementação de robótica cartesiana de maneira simples e econômica. A solução proposta trata-se de um plano inclinado dotado de rolamentos que movimentam e fornecem atrito conforme necessário às bandejas de plantas. A estrutura (Figura 19) conta também com um mecanismo de alocação de bombas para irrigação do cultivo. O autor não aborda valores, no entanto justifica que a escolha do método se deve ao baixo custo relativo a outras automações.

Figura 19: Karakuri rack de fluxo com sistema irrigador acoplado



Fonte: (TAN, BIN e BIN, 2020)

4.2.5 Caso Correlato E

[5] Madisa, Taib e Reza (2019) analisam a aplicação do “Mecanismo *Karakuri* para troca de bobinas”, a melhoria foi conduzida pela equipe de engenharia da fábrica, com feedback dos trabalhadores da indústria de manufatura de cabos. O uso do *Karakuri* no projeto se justifica como maneira de melhorar o *design* de estações de trabalho, aumentar produtividade, reduzir tempo de ciclo, diminuir tempo de atividades que não agregam valor e melhorar ergonomia do ambiente de trabalho. O autor não detalha o funcionamento do *Karakuri* implementado, focando apenas nos benefícios atingidos. Pela imagem antes/depois e pelo texto complementar é possível verificar que o mecanismo incorporado elevou a postura dos trabalhadores, atuando no sistema de reposição de bobinas, onde há presença de uma alavanca e rolamentos, indicando que a energia que move o sistema *Karakuri* em questão (Figura 20) é a energia mecânica. Os autores apontam o *Karakuri* como uma técnica de baixo custo, porém não detalham os mesmos.

Figura 20: Karakuri para troca de bobinas

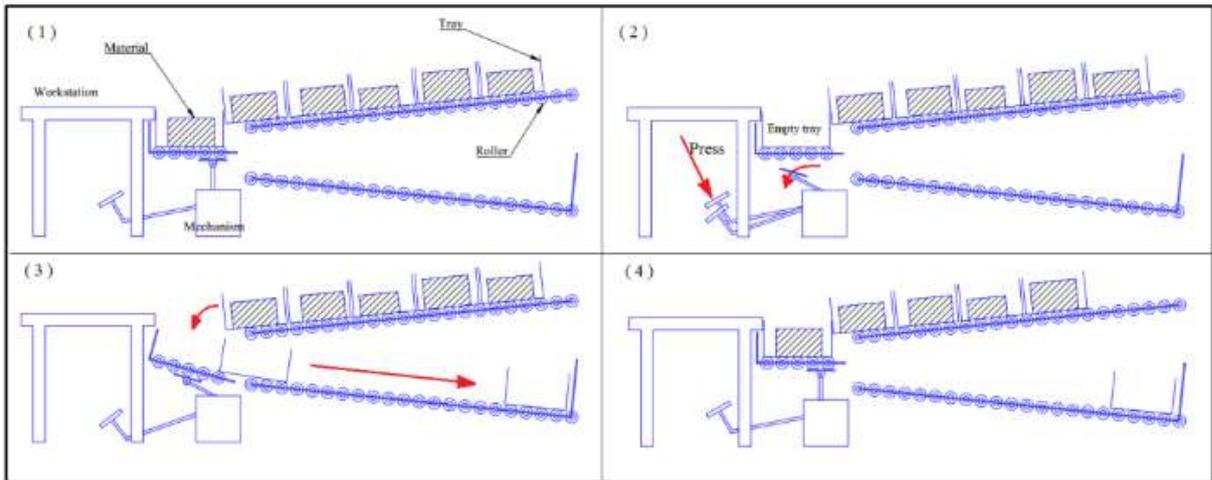


Fonte: (MADISA, TAIB e REZA, 2019)

4.2.6. Caso Correlato F

[7] Kit, Olugu e Zulkoffli (2018) propõe em seu estudo o uso de Racks de fluxo *Karakuri* em uma indústria de manufatura de lâmpadas. A análise foi conduzida por engenheiros atrelados ao processo de fabricação com o intuito de eliminar operações sem valor agregado, auxiliar na redução de tempos e no balanceamento de linha produtiva. A energia mecânica chega ao *Karakuri* (Figura 21) pelo acionamento de um pedal, que a transforma em energia potencial, permitindo que a caixa de insumos vazia seja substituída por uma caixa de insumos cheia para o abastecimento do posto de trabalho. Para o deslize das caixas são utilizados rolamentos em um plano inclinado. Um sistema de alavanca é utilizado no pedal de acionamento. O autor não aborda custos específicos para implementação da técnica, no entanto informa que a aplicação nos sistemas de transporte e abastecimento se justifica frente ao custo de outros meios de automação.

Figura 21: Karakuri Racks de fluxo



Fonte: (KIT, OLUGU e ZULKOFFLI, 2018)

4.2.7 Caso Correlato G

[10] Rani et al. (2015) apresentam o caso aplicado da Unidade de tombamento *Karakuri* (Figura 22) proposta e colocada em prática pelos operadores e engenheiros de pesquisa e desenvolvimento. O uso da técnica aplicada na indústria de manufatura é justificado para eliminar a necessidade de energia elétrica do sistema (relativo a custo e falhas no fornecimento). O novo sistema de tombamento funciona com a força gravitacional. Não houve custo substancial na implementação do *Karakuri*, uma vez que um equipamento que já funcionava com energia elétrica passou por ajustes para se tornar uma solução *Karakuri*

Figura 22: Karakuri Unidade de tombamento



Fonte: (RANI et al., 2015)

4.2.8 Caso Correlato H

[16] Matsudaira (2010) cita a aplicação da técnica de automação mediante um “Equipamento de transferência de peças” proposto pelo time multifuncional de automação da fábrica (indústria automobilística). O uso da técnica se justifica pela diminuição do esforço humano e aumento de segurança laboral proporcionada aos trabalhadores. A aplicação da técnica *Karakuri* ocorre em um tubo, que utiliza a energia gravitacional e movimenta uma caixa cheia de peças trazidas por um veículo autoguiado (AGV) para um trilho específico. O autor pondera sobre a economia proporcionada no uso de *Karakuri*, mas não aborda de maneira efetiva os seus custos.

4.2.9 Caso Correlato I

[17] Kijima et al (2001) apresentam um “Sistema *Karakuri* simulador de cavalgada combinado a realidade virtual”. O sistema é proposto por médicos, um bacharel em engenharia e pesquisadores universitários, e estuda a aplicação do *Karakuri* na área da Saúde. O uso do *Karakuri* se justifica por tratar de uma solução barata, de aprendizado e prototipagem rápida. O funcionamento do dispositivo ocorre por trás da pelagem simulada de um cavalo. O complexo mecanismo *Karakuri* (Figura 23) recebe energia mecânica por meio de uma manivela e a transmite por engrenagens, eixos, e outros mecanismos, resultando em movimentos elípticos em cada uma das patas do cavalo e em outros movimentos adicionais como balanço dos quadris,

simulando por fim o andar do animal. Apesar de não abordar aspectos financeiros, o autor aponta que a técnica apresentou baixo custo.

Figura 23: Karakuri simulador de cavalgada



Fonte: (KIJIMA et al., 2001)

4.2.10 Análise dos Casos Correlatos

Neste tópico apresentamos algumas estatísticas relativas a cada uma das perguntas propostas no tópico anterior, apresentando os resultados desta etapa.

Da exposição dos casos correlatos, temos que a maioria das ações de implementação da técnica Karakuri nos casos relatados foram conduzidas por engenheiros ligados aos processos em questão (77,8%) enquanto apenas dois casos foram conduzidos por equipes multidisciplinares (22,2%).

Os setores de aplicação incluem setor de Manufatura (44,4%), Agrícola e Alimentício (22,2% cada) e, por fim, com apenas um caso, o setor de saúde (11,2%).

Com relação ao ano de publicação dos casos correlatos, 66,7% dos casos foram reportados a menos de 5 anos e apenas um (11,1%) foi reportado em um período maior que 10 anos (2001).

Mais da metade (55,6%) dos casos correlatos justificam ganhos em produtividade. Outras justificativas para utilização da técnica apontadas mais de uma vez nos casos correlatos são: Redução de custos, redução de carga de trabalho, melhoras na ergonomia, diminuição da dependência de mão de obra e economia de energia elétrica.

O princípio físico mais utilizado é a gravidade, apontado em 66,7% dos casos. Planos inclinados, alavancas, rolamentos e engrenagens foram mecanismos reportados mais de uma

vez.

Todos os autores dos casos correlatos indicaram que as aplicações tiveram baixo custo financeiro, mas não abordam maiores aspectos financeiros a respeito.

Através desta fase foi possível identificar e analisar experiências de *Karakuris* já implementados e reportados na literatura estudada. No próximo tópico, será abordada a análise de aplicação da técnica *Karakuri* na indústria

4.3 ANÁLISE DE APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA

Nesta etapa, se detalhará a visita técnica realizada à Empresa e aplicação dos questionários e método Kano.

4.3.1 Visita Técnica à Empresa Alfa

Foi realizada visita técnica à base da empresa Alfa localizada no interior do estado de São Paulo. A empresa é uma multinacional do ramo automotivo, referência mundial no uso de *Karakuris* industriais. A planta em questão teve sua história iniciada a 25 anos atrás, quando a Empresa adquiriu um terreno de 1,5 milhão de metros quadrados na cidade para instalação de sua segunda fábrica em território brasileiro. Na ocasião, foram investidos 150 milhões de dólares para a instalação da linha que seria mais tarde a responsável pela maior produção do carro-chefe da empresa no país, empregando mais de 2 mil funcionários.

Ao entrar na fábrica, à primeira vista se tem o *Dojo*. *Dojo* é uma palavra japonesa conhecida por descrever o local de treinamento de artes marciais. O significado literal da palavra é “local de caminho”, ou seja, o *Dojo* é um local onde se aprende.

Na planta visitada existem dois *Dojos* específicos, sendo um voltado ao treinamento de habilidades gerais e outro exclusivo para o treinamento em *Karakuri*, que pode ser visualizado na Figura 24. O *Karakuri* constitui hoje parte dos esforços globais da empresa pesquisada em zerar a emissão de CO₂ dos processos de fabricação de veículos. Para isto, considera-se essencial que todos os colaboradores, desde o nível operacional ao nível gerencial, passem pelo *Dojo* de *Karakuri*. Outra meta importante atrelada ao *Dojo* é que todos os colaboradores treinados ali devem propor ao menos um *Karakuri* de nível básico ao final do treinamento.

Figura 24: Vista do Dojo *Karakuri*

Fonte: Do autor

A Empresa utiliza o sistema de classificação de *Karakuri* proposto pela Toyota de acordo com seus níveis de dificuldade, assim, é possível performar sistemas de recompensa conforme o nível do *Karakuri* desenvolvido de forma a engajar os profissionais a propor soluções e a praticar a melhoria contínua.

A primeira parte do treinamento trata-se da exposição de alguns *Karakuris* que demonstram o funcionamento básico dos princípios de física a serem aplicados. Uma bancada em formato de “L” e diversas unidades de *Karakuri* formam a exposição onde os colaboradores podem testar o funcionamento de cada uma das soluções.

Abordaremos a seguir alguns dos *Karakuris* presentes nesta exposição, explicando em seguida o seu funcionamento.

4.3.1.1 *Karakuri* Alavanca

O primeiro princípio físico demonstrado na Figura 25 é o princípio de alavanca. Por meio deste *Karakuri* o colaborador pode sentir a diferença de esforço necessário para subir a carga com relação ao aumento da distância do ponto de apoio. Para elucidar isso, são sinalizados

por plaquetas os níveis “*Hard*” (Pesado), “*Medium*” (Médio) e “*Soft*” (Leve), indicando que quanto maior a distância do ponto de apoio, menor é o esforço necessário para a elevação da carga, que neste caso é referente ao peso de duas garrafas pets.

Figura 25: Karakuri Alavanca



Fonte: Do autor

4.3.1.2 *Karakuri* Guincho

O segundo *Karakuri*, intitulado *Karakuri* Guincho trabalha o conceito de guincho. Por meio deste mecanismo, o colaborador pode sentir a diferença de força necessária para levantar o peso através de um mecanismo de rotação. Quanto maior o raio de aplicação da força ou a distância radial ao eixo, menor o esforço necessário para elevar a carga. As fitas verdes na Figura 26 mostram cinco pontos de prova no mecanismo, um no pinhão (parte central do eixo) e outros 4 nas extremidades das pás. Assim, o colaborador ao tentar girar o eixo apoiando no centro tem uma dificuldade maior do que quando gira pela extremidade.

Figura 26: *Karakuri* Guincho



Fonte: Do autor

4.3.1.3 *Karakuri* Fluidos Hidráulicos

O terceiro *Karakuri* (Fluidos Hidráulicos) demonstra conceitos com uma prensa hidráulica simples que ao ser acionada coloca o peso (carga) em um plano inclinado de rolamentos, permitindo que o mesmo se mova por deslizamento e com o auxílio da gravidade. A explicação de transmissão de pressão hidráulica é feita através da pressão no “botão” verde, que aciona o pistão conforme a Figura 27.B.

Figura 27: *Karakuri* Fluidos Hidráulicos



Fonte: Do autor

4.3.1.4 *Karakuri* Polias

O quarto *Karakuri*, ou *Karakuri* Polias exemplifica o funcionamento das polias. Nele, são dispostos arranjos de uma, duas e três polias para que o colaborador possa comparar o esforço necessário para se elevar a carga. Na Figura 28 pode-se observar que existem etiquetas indicando a força necessária para tirar-se do repouso cada uma das cargas (garrafas) e contendo a indicação visual de esforço “*Soft*” (Leve) e “*Hard*” (Pesado).

Figura 28: *Karakuri* Polias



Fonte: Do autor

4.3.1.5 *Karakuri* Cremalheira

No quinto exemplo, *Karakuri* Cremalheira, eleva-se a carga com o auxílio da Cremalheira. Temos dois pontos de rotação comparativos destacados em verde, sendo um o pinhão, assim como no *Karakuri* do exemplo 2, e um ao final de uma manivela acoplada ao pinhão. Ao tentar girar pelo pinhão, o colaborador deve fazer um esforço muito maior do que girando pela manivela. Essa rotação faz girar uma engrenagem sobre uma correia dentada, chamada cremalheira, que transmite o deslocamento de um fio de *nylon* a um conjunto de roldanas na parte superior que modificam a direção da força e a transmite para elevação da carga (Figura 29).

Figura 29: Karakuri Cremalheira



Fonte: Do autor

4.3.1.6 *Karakuri* de transferência de rotação

No sexto *Karakuri* apresentado, ou *Karakuri* de transferência de rotação (Figura 30), tem-se um exemplo comum ao que ocorre para funcionamento das bicicletas. Nele são expostas duas engrenagens dentadas interligadas por uma corrente tensionada, a maior com a marcação “1 volta” e a menor com a marcação “2 voltas” indicando que um ciclo completo da primeira engrenagem equivale a dois ciclos da segunda engrenagem (menor). Esta relação está atrelada a quantidade de dentes de cada uma das engrenagens. O esforço aplicado para rotacionar o sistema está ligado ao tensionamento da correia dentada que une ambas as engrenagens. Quando mais tensionada, menor o esforço necessário para a movimentação e transferência de rotação.

Figura 30: Karakuri de transferência de rotação

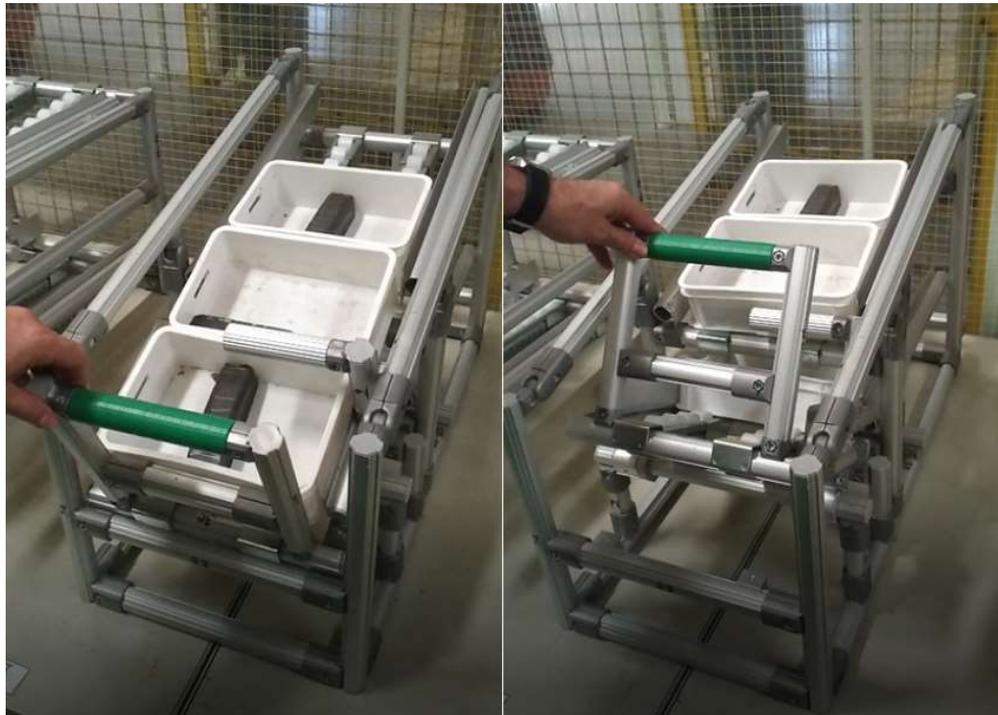


Fonte: Do autor

4.3.1.7 *Karakuri* de alimentação vertical de Insumos com retorno

O sétimo exemplo de *Karakuri* abordado simula uma alimentação de insumos. Ele é composto por um plano inclinado por onde as caixas de insumos descem, um plano inclinado por onde a caixa vazias retorna e um mecanismo de acionamento do tipo alavanca acoplada a um freio para barrar a descida de outras caixas. Na Figura 31 é possível verificar que quando a alavanca é empurrada para cima a caixa mais à frente do sistema é colocada no plano inclinado de “descarte”, onde poderá seguir para um possível sistema de reposição.

Figura 31: Karakuri de alimentação vertical de insumos com retorno



Fonte: do autor

4.3.1.8 *Karakuri* de alimentação de linha

O oitavo exemplo de *Karakuri* consiste em duas estruturas (Figura 32): Um plano inclinado com rolamentos e um carrinho de carga. Conforme o carrinho se posiciona ao lado do plano uma trava é liberada, elevando a parte traseira da plataforma do carrinho e permitindo que a caixa se desloque para o plano inclinado. Os rolamentos garantem mais uma vez que a caixa deslize de forma suave pelo plano, diminuindo a influência do atrito.

Figura 32: Karakuri de alimentação de linha



Fonte: Do autor

Após a apresentação dos *Karakuris* teóricos, a segunda parte da visita técnica compreendeu a observação dos *Karakuris* aplicados e funcionando nas linhas de produção. Diversos *Karakuris* dos mais simples aos mais complexos estavam presentes, demonstrando soluções atreladas à logística interna, ergonomia e segurança dos colaboradores. Um ponto importante observado durante a visita foi a sincronia e uso conjunto da técnica milenar *Karakuri* com ferramentas modernas de automatização.

4.3.2 Construção dos Questionários

Uma análise qualitativa foi realizada por meio da aplicação de questionários para colaboradores da empresa. Ambos os questionários foram direcionados apenas aos colaboradores que já tiveram contato direto com processos de criação e uso da técnica *Karakuri*. A empresa foi escolhida como cenário para aplicação do questionário por tratar-se de uma empresa pioneira na área de implementação do *Karakuri* para melhorias logísticas em suas plantas, a nível mundial.

A pesquisa foi elaborada de acordo com o método *KANO*, utilizando para isto dois questionários. O primeiro questionário foi aplicado de modo a entender quais são os indicadores de qualidade considerados em uma solução *Karakuri*, captando assim, a percepção de qualidade

do usuário das soluções. Como os próprios colaboradores são responsáveis pela idealização, execução e utilização das soluções, também são considerados os clientes a serem ouvidos na aplicação do método.

O primeiro questionário compreende, além das perguntas de caracterização do respondente e de uma pergunta filtro (Você já teve alguma experiência prática com o *Karakuri*?), uma única pergunta aberta onde os respondentes foram questionados sobre quais as características de um bom *Karakuri*. Os respondentes poderiam responder quantas características fossem pertinentes, escrevendo-as em tópicos. Este questionário foi aplicado de modo virtual através da plataforma *Typeform*.

Como resultado da aplicação desse questionário preliminar, foram obtidas 12 características apresentadas o Quadro 4 abaixo.

Quadro 4: Características de um bom Karakuri

Características de um bom Karakuri
Elimina esforço físico do trabalhador
Diminui Carga de trabalho
Não utiliza automação
Não Utiliza Energia Elétrica
Baixo custo de projeto
Mecanismo de fácil utilização
Mecanismo simples
Permite fácil manutenção
Melhora condição de trabalho
É elaborado através do método de tentativa e erro
Utiliza a criatividade dos trabalhadores
Utiliza gravidade

Fonte: Do autor

As características equivalentes foram condensadas para a aplicação do método Kano, resultando em 8 características finais conforme mostra o Quadro 5. Com base nestas características foi construído o segundo questionário.

Quadro 5: Características de um Karakuri

Características Karakuri
Diminui o esforço físico necessário para uma atividade
Funciona através de princípios de energia limpa (como a gravidade)
Apresenta baixo custo de implementação
Possui mecanismos simples e de fácil utilização
Permite fácil manutenção
Melhora as condições de trabalho dos colaboradores
É aprimorado através do método de tentativa e erro
É fruto da criatividade dos colaboradores

Fonte: Do autor

Cada uma das características apresentadas no Quadro 5 originou duas perguntas (conforme Figura 33), sendo a primeira delas chamada de pergunta funcional, cujo intuito é conhecer a percepção do usuário sobre a presença daquela característica na solução *Karakuri*. A segunda pergunta, chamada disfuncional objetiva conhecer a percepção do usuário sobre a ausência daquela característica específica. O segundo questionário, baseado no Método de *Kano* (1984) foi elaborado de forma a permitir tanto respostas em loco quanto respostas por meio digital, no entanto, devido às medidas de restrição decorrentes da pandemia de Covid-19 utilizou-se apenas a versão eletrônica do questionário.

Figura 33: Questões Funcionais e Disfuncionais

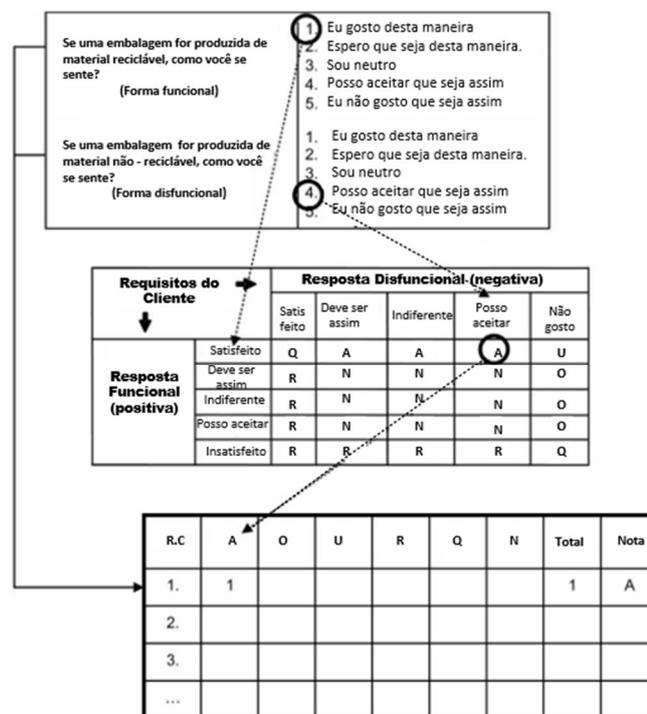
CARACTERÍSTICA: DIMINUI O ESFORÇO FÍSICO NECESSÁRIO PARA UMA ATIVIDADE	
<p>7+ Quando o Karakuri diminui o esforço físico necessário para uma atividade, como você se sente? *</p> <p><input type="radio"/> A Sinto-me satisfeito</p> <p><input type="radio"/> B Sinto que deve ser assim</p> <p><input type="radio"/> C Não sinto nada</p> <p><input type="radio"/> D Posso aceitar que seja dessa maneira</p> <p><input type="radio"/> E Sinto-me insatisfeito</p> <p>QUESTÃO FUNCIONAL</p>	<p>8+ Quando o Karakuri não diminui o esforço físico necessário para uma atividade, como você se sente? *</p> <p><input type="radio"/> A Sinto-me satisfeito</p> <p><input type="radio"/> B Sinto que deve ser assim</p> <p><input type="radio"/> C Não sinto nada</p> <p><input type="radio"/> D Posso aceitar que seja dessa maneira</p> <p><input type="radio"/> E Sinto-me insatisfeito</p> <p>QUESTÃO DISFUNCIONAL</p>

Fonte: Adaptado de (OLIVEIRA, 2017)

4.3.3 Aplicação do Método *Kano*

O segundo questionário foi aplicado de forma virtual através da plataforma *Typeform* e pode ser visualizado no Apêndice B. A etapa de compilação dos dados ocorreu conforme o método Kano (1984) que é ilustrado pela Figura 34. As respostas funcionais e disfuncionais permitiram classificar cada um dos atributos de acordo com as siglas A (Atrativo), U (Unidimensional), N (Neutro), O (Obrigatório), R (Reverso) e Q (Questionável).

Figura 34: Modelo de aplicação Método Kano



Fonte: Adaptado de (WITELL, LÖFGREN E DAHLHGAARD, 2013)

Segundo Oliveira (2017) as siglas de correlação indicam a categoria de atributo conforme se descrevem abaixo:

A Atributo Atrativo: A presença deste atributo proporciona satisfação do cliente, porém sua ausência não traz insatisfação;

O Atributo Obrigatório: A ausência do atributo obrigatório resulta em insatisfação, mas sua presença não indica satisfação do cliente;

U Atributo Unidimensional: Quanto maior o grau deste atributo, maior é a satisfação do cliente, sendo também verdadeira a premissa inversa.

N Atributo Neutro: Este atributo não é considerado nem bom e nem ruim, não

influenciando na satisfação do cliente;

R Atributo Reverso: A presença deste atributo trás insatisfação ao cliente ao passo em que sua ausência causa satisfação.

Q Atributo Questionável: Indica que a pergunta não foi compreendida pelo respondente, podendo estar mal formulada, ou a resposta inconsistente.

Para cada um dos atributos dos respondentes, foi realizada a classificação em coeficientes e calculada a distribuição dos resultados gerais conforme mostra a Tabela 1. O Coeficiente de Satisfação (C.S.) e o Coeficiente de Insatisfação (C.I.) foram calculados para cada uma das características e também inseridos na mesma tabela.

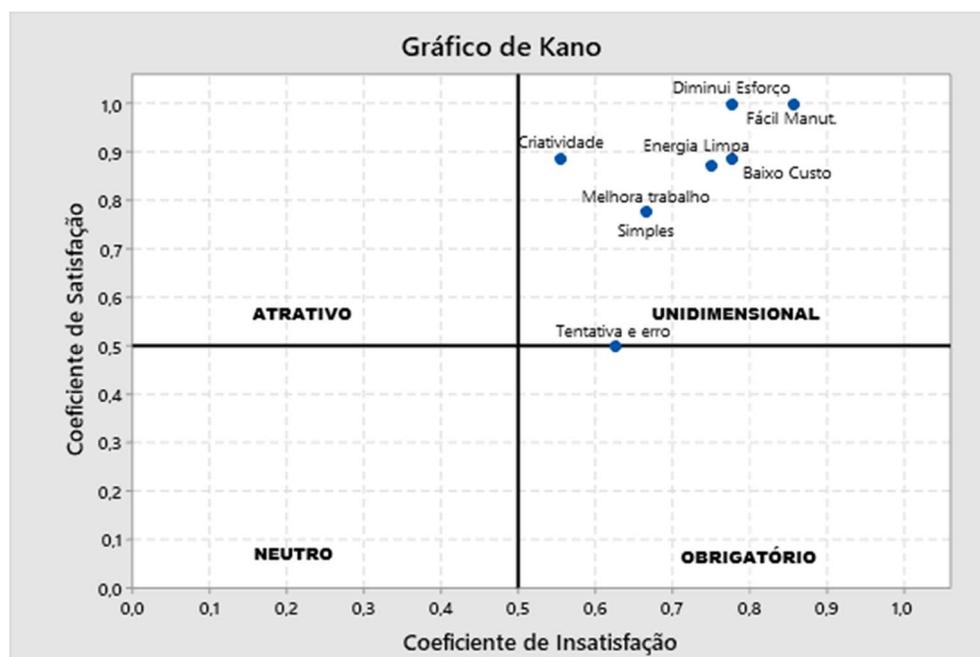
Tabela 1: Classificação de Coeficientes (Método *Kano*)

Atributo	A	O	U	N	R	Q	C.S	C.I.	Atributo
Diminui Esforço	22%	0%	78%	0%	0%	0%	1,00	0,78	U
Energia Limpa	11%	0%	67%	11%	0%	11%	0,88	0,75	U
Baixo Custo	11%	0%	78%	11%	0%	0%	0,89	0,78	U
Simples	22%	11%	56%	11%	0%	0%	0,78	0,67	U
Fácil Manut.	11%	0%	67%	0%	0%	22%	1,00	0,86	U
Melhora trabalho	11%	0%	67%	22%	0%	0%	0,78	0,67	U
Tentativa e erro	0%	11%	44%	33%	11%	0%	0,50	0,63	U
Criatividade	33%	0%	56%	11%	0%	0%	0,89	0,56	U

Fonte: Do autor

Os Coeficientes de Satisfação (Eixo Y) e Insatisfação (Eixo X) posicionaram no gráfico de *Kano* cada um dos atributos conforme o Gráfico 5, onde também se pode observar os quadrantes relativos a cada tipo de atributo: Atrativo, Unidimensional, Neutro e Obrigatório. Para facilitar a visualização dos dados, os nomes dos atributos foram resumidos. Cabe ressaltar que os atributos “Melhoria no Trabalho” “Simples” coincidiram no mesmo ponto cartesiano no gráfico.

Gráfico 5: Gráfico de Kano para os atributos do Karakuri



Fonte: Adaptado de (KANO, 1984)

4.3.4 Análise dos Dados Coletados

A amostra de colaboradores compreende apenas respondentes do sexo masculino, destes 56% afirmaram ter idade entre 41 e 50 anos, 22% entre 31 e 40 anos e 11% entre 20 e 30 anos e entre 51 e 60 anos. O tempo de empresa dos respondentes estava entre 5 e 10 anos (44%), 21 e 25 anos (33%), 11 e 15 anos (11%) e entre 5 e 10 anos (11%). Destes, 56% trabalham no departamento de Engenharia, enquanto 22% trabalham na produção e os outros 22% no departamento de melhoria contínua.

A aplicação do método Kano permitiu estudar a percepção dos profissionais em contato com a técnica Karakuri a respeito dos atributos e características dos Karakuris utilizados na indústria. Conforme apontado no gráfico de Kano, os atributos Criatividade, Diminuição de esforço físico, fácil manutenção, Baixo custo, trabalhar com energia limpa, melhorar condições de trabalho e ser construído através do método de tentativa e erro foram considerados atributos Unidimensionais, ou seja, quando presentes, quanto maior o grau de atributo, maior a satisfação do cliente e a ausência deste compromete sua satisfação. Cabe ressaltar, que o atributo “ser construído através do método de tentativa e erro” se aproxima de um atributo obrigatório, onde

a ausência do atributo gera insatisfação do cliente, enquanto a sua presença não contribui, em necessário, para a satisfação.

Como resultados desta etapa, a visita técnica promoveu um entendimento sobre como são abordados os Karakuris industriais, deixando claro por meio da exposição o qual importante é para a técnica Karakuri a utilização dos princípios da física a fim de tornar os processos de trabalho mais simples, ergonômicos, sustentáveis e seguros. A segunda parte da visita técnica permitiu entender como o Karakuri interage numa planta de fabricação em operação, onde se pode visualizar Karakuris de todos os níveis promovendo mais uma vez a produtividade, simplicidade, ergonomia e segurança dos colaboradores.

4.4 PROPOSTA DE APLICAÇÃO NA SAÚDE

4.4.1 Coleta de Dados das Unidades de Saúde

Nesta etapa, serão analisados os desperdícios apontados em formulários provenientes de 50 Unidades de Pronto Atendimento localizadas em 8 estados do Brasil. Ao todo foram analisadas 677 práticas de melhoria *Lean* associadas à eliminação dos oito desperdícios elencados no Quadro 2. Cabe ressaltar que em muitas das práticas foram abordados mais de um desperdício, totalizando um maior número de desperdícios do que de práticas reportadas.

A coleta de dados da UPA foi realizada por meio de formulário eletrônico de Boas Práticas (Figura 35). Estes formulários são uma ferramenta do Projeto *Lean* nas UPAs, baseada no relatório A3 e utilizada para categorizar e elencar as práticas resultantes da aplicação de métodos e ferramentas *Lean* nas 50 UPAs estudadas. Os formulários foram preenchidos durante o período de abril a agosto de 2020, sendo os respondentes destes formulários as equipes de melhoria contínua de cada unidade.

Figura 35: Formulário de Prática Lean nas UPAs 24h

Práticas LEAN nas UPAs 24h		UPA24h UNIDADE DE PRONTO ATENDIMENTO	
No.:	Título da Melhoria:	Data:	Nome da UPA/ Cidade / UF
1	Padão - Rotina para a Recepção	01/06/2020	UPA 24h Prática - Cloroflex - RJ
Equipe de Melhoria na UPA:		Categoria de Desperdícios	
Reginares, Cíndia, Eli Botelho, Kelly, Cláudia, Valéria, Márcia e Viviane.		Não conformidade / Retrabalho	
Situação Inicial (Antes da Melhoria):		Descrição do Problema (Oportunidade de Melhoria)	
 <p>Não havia padrão para atendimento (abertura de fila).</p>		<p>Não havia rotina automatizada para abertura de fila (fila, somente alguns desperdícios ocasionais).</p>	
Situação Atual (Depois da Melhoria):		Objetivo / Meta da Equipe	
 <p>Implementação de rotina automatizada e criação de padrão para atendimento (fila).</p>		<p>Implementar rotina de recepção para conferência automatizada, com o objetivo de evitar erros de dados ocasionais abertura de fila (fila).</p>	
		Aprendizado da equipe e Ferramentas aplicadas	
		8 Desperdícios / Análise de Valor Agregado.	
		Custos e Benefícios	
		Redução do tempo e desperdício no atendimento na abertura da F.A.	
		Contato do Líder da Equipe	
		Reginares Pinna - Especialista em Gestão de Processos	

MINISTERIO DA SAUDE - PROJETO LEAN NAS UPAS - UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE Documento gerado automaticamente no dia 06/09/2021 - 06:22:09

Fonte: Do autor

Cada um dos formulários preenchidos foi revisado e compilado no aplicativo de Práticas nas UPAs 24h, que possui duas funcionalidades principais:

- 1) Arquivar e categorizar as Práticas em setores, desperdícios abordados e Unidades de Pronto Atendimento
- 2) Gerar estatísticas a partir dos filtros pesquisados.

A finalidade de que cada uma das Práticas seja acessível a todos os 300 participantes de equipes de melhoria, permitindo assim a troca de conhecimentos entre as equipes do projeto e que as melhorias sejam replicadas, promovendo um ambiente de melhoria contínua (*Kaizen*). O acesso ao aplicativo (Figura 36) é restrito a membros do Projeto *Lean* nas UPAs. A Etapa de compilação de dados ocorreu com o apoio do aplicativo, gerando os gráficos abaixo.

Figura 36: Tela inicial do aplicativo de Práticas nas UPAs 24h

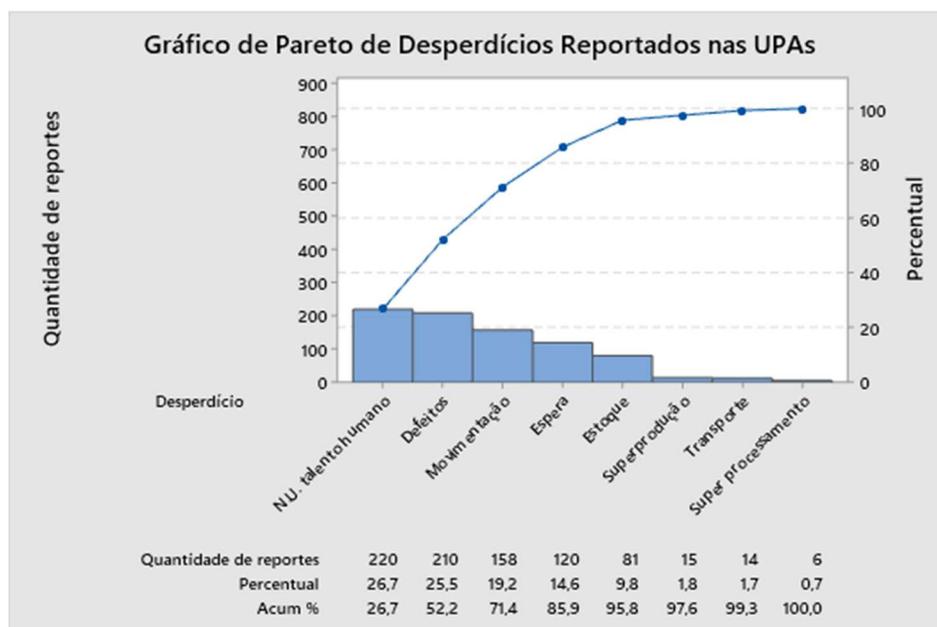


Fonte: Do autor

4.4.2 Análise de Kaizen nas Unidades de Saúde

Assim, com o auxílio do *software Minitab*, traçou-se o gráfico de Pareto dos Desperdícios Reportados nas UPAs (Gráfico 6). É importante ressaltar que o total de desperdícios associados às práticas foi de 824 reportes.

Gráfico 6: Gráfico de Pareto de Desperdícios Reportados nas UPAs



Fonte: Do autor

Os *kaizen* realizados contribuíram com ações voltadas a redução dos desperdícios: não utilização de talentos humanos (26,7%), defeitos (25,5%), movimentação (19,2%) e espera (14,6%).

4.4.3 Propostas de aplicação *Karakuri* nas upas

Com o objetivo do projeto definido em investigar evidências de aplicação do *Karakuri* e analisar seus impactos na saúde, e tendo em base os resultados das duas etapas anteriores, serão propostas soluções de aplicação *Karakuri* para a unidade analisada. As propostas de solução terão como ponto de partida a situação problema e se basearão em aspectos abordados durante o decorrer deste projeto. Nesta etapa, serão elencados aspectos essenciais para a proposição de soluções *Karakuri* e analisada, por fim, a aderência da solução proposta junto ao

método e ao ambiente de saúde pública.

Para construção das propostas, após exposição da técnica por meio de participação em evento científico, sugeriu-se a participantes de uma UPA fotos de potenciais oportunidades de implementação da técnica *Karakuri*. Recebemos um total de 5 situações, das quais 3 foram selecionadas e apresentadas propostas para a solução. As propostas de soluções são realizadas através de croquis e não incluem etapas de prototipação e aperfeiçoamento pelo método de tentativa e erro. Por este fator, questões como a segurança e durabilidade dos materiais utilizados devem ser ainda analisadas pelas equipes de melhoria.

4.4.3.1 *Karakuri* Plano inclinado para acesso a itens no armário de medicamentos.

O armário de medicamentos e insumos (Figura 37) da unidade acomoda itens como medicamentos, seringas, agulhas e ampolas de vitamina. Nos andares superiores, conforme o estoque de itens diminui torna-se mais difícil o acesso a itens no fundo do armário, possibilitando posturas não ergonômicas como torção e estiramento do corpo e um maior gasto de tempo (que não agrega valor) para se ter acesso aos itens de trabalho, ocasionando em desperdícios de movimentação.

Figura 37: Armário de Medicamentos e Insumos

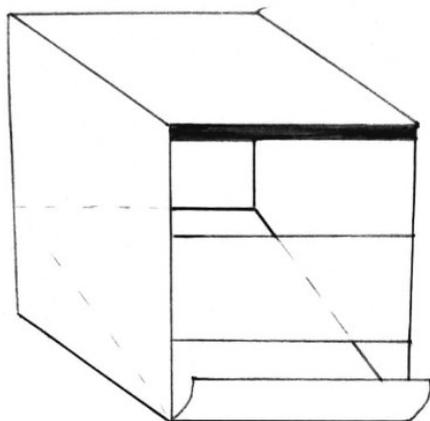


Fonte: Do autor

Pensando nisto, é proposta a instalação de um plano inclinado e placa de contenção dentro de cada caixote destinado às seringas de modo a permitir que os itens deslizem através da gravidade e caiam em uma superfície abaulada que funcionaria como uma espécie de trava.

Como a proposta trata-se de uma adaptação do módulo do armário, considera-se o baixo custo da alternativa por tratar-se de uma adaptação à estrutura já existente, cujos materiais utilizados podem ser acrílicos ou até mesmo estruturas de papelão revestidas. A proposta Karakuri é ilustrada na Figura 38.

Figura 38: Proposta Karakuri Plano Inclinado



Fonte: Do autor

4.4.3.2 *Karakuri* para Retorno Automático de Portas.

Algumas portas da UPA em questão precisam ficar sempre fechadas por fatores como temperatura controlada ou segurança biológica, como é o caso das Salas de Observação de Pediatria. Ao permanecerem abertas as portas podem provocar sobrecarga dos sistemas de ar-condicionado, aumentando os custos com energia ou colocando em risco o controle de temperatura da sala, fazendo que a máquina execute atividade que não agrega valor (processamento). Além disto, os colaboradores e pacientes também são levados a executar a atividade de fechar a porta, que não agrega valor ao fluxo de cuidado com o paciente. A Figura 39 apresenta a situação atual.

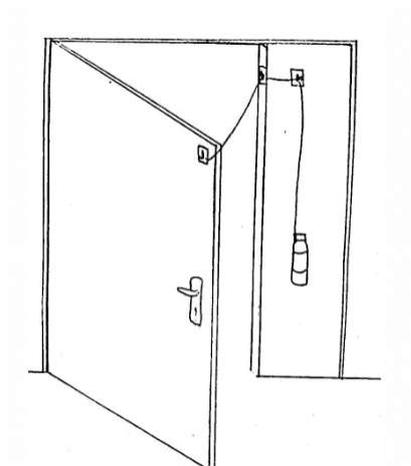
Figura 39: Porta da sala de Observação Pediatria



Fonte: Do autor

A proposta *Karakuri* para retorno automático da porta é apresentada na Figura 40, onde se observa a instalação do mecanismo composto por 3 ganchos (ou aros, ou polias) um fio e uma garrafa pet (como contrapeso), a porta retorna de maneira automática à posição inicial fechada. Esta solução é proposta com a justificativa de diminuir o esforço físico necessário, ter baixo custo e fácil implementação e por tornar o trabalho mais simples. O uso do princípio de polias, da física, e o cenário de adaptação garantem melhoria a um custo acessível para a solução. Como proposta, sugere-se também inutilizar a maçaneta de forma a permitir que a porta seja aberta utilizando um simples toque dos pés.

Figura 40: Karakuri para retorno automático da porta



Fonte: Do autor

4.4.3.3 *Karakuri dispenser* de Álcool gel

A terceira oportunidade selecionada (Figura 41) diz respeito ao *dispenser* de álcool gel. Este *dispenser*, com capacidade de 250mL oferece riscos de segurança biológica aos profissionais e pacientes tendo em vista o contato das mãos com a superfície do *dispenser*. Além disso, pela baixa capacidade, as trocas de refil de álcool são mais frequentes e demandam tempo da equipe para verificação de nível e substituição do refil.

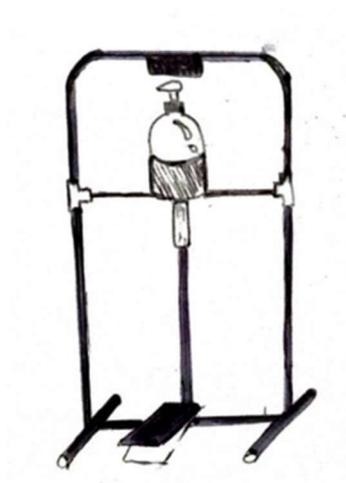
Figura 41: Dispenser para Álcool em gel



Fonte: Do autor

A solução proposta, trata-se da substituição de *dispenser* de álcool gel por um modelo acionado via pedal, diminuindo o contato necessário com o *dispenser* e permitindo a desinfecção das mãos. Esta solução proposta em específico tornou-se popular durante a pandemia, mas não é conhecido no âmbito popular como um *Karakuri*. A instalação do token ou *dispenser* de álcool em gel proposto na figura 42 e popularizado durante a pandemia, traz como justificativa os benefícios relativos à diminuição no número de substituições do refil e diminuição de riscos biológicos de contaminação. A proposta vai de encontro a premissa de baixo custo de implementação do *Karakuri*, uma vez que pode ser desenvolvida utilizando conexões, tubulações ou até mesmo feito com MDF.

Figura 42: Karakuri *dispenser* de Álcool em Gel



Fonte: Do autor

Como resultado pode-se fazer uma proposição para os colaboradores e gestores das UPAs implementarem eventos *kaizen* para a implementação de *Karakuris* de nível 1, que realizam movimentos básicos, são de fácil concepção e possuem o objetivo de melhorar a ergonomia dos trabalhadores que executam os processos de trabalho. As propostas abordadas nesta etapa demonstram como a implementação da técnica pode ser simples e ainda trazer benefícios para o dia a dia dos colaboradores no ambiente das UPAs

5 RESULTADOS

O projeto realizado teve como objetivo buscar evidências de aplicação do *Karakuri* na literatura e analisar seus possíveis impactos na Indústria e na Saúde para redução de desperdícios.

Por meio da pesquisa nas bases bibliográficas foi estudado o estado da arte sobre o tema *Karakuri*, sobre o qual observou-se uma tendência de crescimento de publicações nos últimos anos, bem como a baixa incidência de documentos relacionados à área de saúde. A análise de desperdícios permitiu mapear os desperdícios eliminados mais reportados pelo uso da técnica *Karakuri* na literatura estudada apontando que excesso de Movimentação, Transporte, Espera e Não utilização do talento humano são os desperdícios mais associados nos casos reportados na literatura.

O estudo dos Casos Correlatos auxiliou na análise das experiências *Karakuri* implementadas e reportadas na literatura estudada. Os nove casos correlatos analisados demonstraram o funcionamento e auxiliaram no entendimento e elucidação da técnica *Karakuri* com a apresentação de imagens relacionadas a cada um dos casos. Respostas a perguntas fundamentais nortearam o entendimento sobre seus autores (maioria engenheiros relacionados ao processo), os setores de aplicação (indústria de manufatura, alimentícia, agrícola e saúde), as justificativas (aumento da produtividade, redução de custos, redução de carga de trabalho, os princípios físicos e mecanismos utilizados, e custos associados).

Através da Visita Técnica pode-se conhecer o desenvolvimento do *Karakuri* no “Dojo” e as interações da técnica em uma planta industrial. Pode-se conhecer em detalhes a aplicação dos princípios da física na técnica por meio da exposição dos *Karakuris* visitados e visualizar, na segunda parte da pesquisa, como estes princípios interagem em uma planta a plena produção, como se sincronizam e se comunicam com conceitos mais modernos como veículos que se movimentam de maneira autônoma, por exemplo.

A aplicação do método *Kano* auxiliou a identificar os atributos considerados importantes em *Karakuris* utilizados na Indústria: Ser aprimorado e construído pelo método de tentativa e erro; promover melhoria no trabalho; ser simples; ser construído com energia limpa e baixo custo, exercitar a criatividade dos trabalhadores, diminuir o esforço físico para execução de uma tarefa, permitir fácil manutenção. e conhecer a percepção de qualidade do usuário da solução *Karakuri*, que considera estes atributos unidimensionais, ou seja, cuja presença está relacionada à satisfação dos usuários das soluções.

A Análise de *Kaizen* nas Unidades de Saúde permitiu identificar quais são os desperdícios mais reportados como alvo de melhoria contínua nas UPAs estudadas: Não Utilização do talento humano; defeitos; excesso de movimentação e espera. Com o aplicativo Práticas nas UPAs tornou-se possível, além da compilação dos dados e estatísticas geradas, o compartilhamento e a promoção de um ambiente de melhoria contínua nas unidades beneficiadas pelo projeto.

As proposições de Aplicação do *Karakuri* na UPA consolidaram o entendimento da técnica *Karakuri*, referenciado ao longo do trabalho através da proposta de 3 soluções *Karakuri* para melhoria de aspectos específicos da unidade. As propostas consistem em soluções de nível 1, ou seja, que realizam movimentos básicos, são de fácil concepção e possuem o objetivo de melhorar a ergonomia dos trabalhadores, demonstrando como a implementação da técnica pode ser simples e ainda assim trazer benefícios para o dia a dia das unidades de saúde.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

O projeto aqui apresentado analisou a aderência da técnica *Karakuri* para a possível implementação na saúde pública. A técnica demonstrou contribuir para a eliminação dos 4 principais (85,9%) desperdícios reportados nas UPAs estudadas (defeito/retrabalho, movimentação, espera e não utilização do talento humano). Assim, indica-se que o *Karakuri* traria benefícios ao ser utilizado no contexto das Unidades de saúde.

A técnica *Karakuri* é atrativa como alternativa para eliminação de desperdícios na saúde pública e pode corroborar para aumentar a produtividade por meio de automações mecânicas e *layouts* ergonômicos, eliminando desperdícios desde o projeto até os processos em si, reduzindo, além de tempos que não agregam valor, a necessidade de recursos, que são escassos no cenário de saúde pública.

Embora o *Karakuri* contribua para o aumento da produtividade, redução do custo de automação, satisfação e moral dos funcionários, ela tem limitações e não é aplicável como solução para todos os processos e condições de trabalho inadequadas, devendo-se priorizar sempre a segurança dos membros da equipe e pacientes. Conclui-se que a automação sem o uso de fontes de energia, como elétrica e pneumática, se encontra em um cenário de desafios, devendo oferecer às empresas e instituições economias e maior participação dos funcionários, além de aumentar a motivação e potencializar o uso da criatividade humana, colaborando para o bem-estar e segurança das pessoas

6.1 LIMITAÇÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como proposta para futuros trabalhos, sugere-se um estudo mais profundo entre a interação entre o *Karakuri* e a Saúde, propondo aplicações práticas de forma a explorar a lacuna de conhecimento sobre o tema nesta área. Sugere-se ainda uma exploração dos casos práticos de *Karakuri* incluindo fontes não formais como o *LinkedIn* e *YouTube* de modo a analisar um maior número de casos técnicos.

Ainda se considera o campo vasto para pesquisa e interação entre o *Karakuri* e a Sustentabilidade e o *Karakuri* e a Ergonomia.

REFERÊNCIAS

ALVES, Rodrigo Alves. *Citação em congresso*. 2021. X Lean Six Sigma Congress: A Perspective for a Sustainable Future 26 a 30 de Julho de 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=7m5fsMgy2AU>

ANGGRAHINI, D.; PRASETYAWAN, Y.; DIARTIWI, S. I. *Increasing production efficiency using Karakuri principle* (a case study in small and medium enterprise). IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 852, n. 1, 2020.

AUSTIN WEBER. *Modular Framing Systems Let Engineers Get Creative* | 2014-11-03 | Assembly Magazine. Assembly, v. 57, n. 11, 2014.

BENZIDIA, S. et al. *Investigating automation and AGV in healthcare logistics: a case study based approach*. International Journal of Logistics Research and Applications, v. 22, n. 3, p. 273–293, 2019.

BHANU, M. V.; BELLUR, P.; KUMAR, S. *Global study and implementation of Karakuri*. 2018.

BOCK, T. *WaKaGaCAR: wadokei karakuri gattai construction automation robotics*. Tokyo: Proceedings of the 23rd ISARC, 2006.

CALABRESE, A. et al. *Implications for Sustainable Development Goals: A framework to assess company disclosure in sustainability reporting*. Journal of Cleaner Production, v. 319, n. 128624, 2021.

COSTA, L. B. M.; FILHO, M. G. *Lean healthcare: review, classification and analysis of literature*. Production Planning and Control, v. 7287, n. February, 2016.

FREITAS, J. G.; COSTA, H. G.; FERRAZ, F. T. *Impacts of Lean Six Sigma over organizational sustainability: A survey study*. Journal of Cleaner Production, v. 156, p. 262–275, 2017

DE HAAN, J.; NAUS, F.; OVERBOOM, M. *Creative tension in a lean work environment: Implications for logistics firms and workers*. International Journal of Production Economics, 2012.

ENGELSETH, P.; GUNDERSEN, D. *Lean and complex systems: A case study of materials handling at an on-land warehouse facility supporting subsea gas operations*. International Journal of Design and Nature and Ecodynamics, 2018.

FREITAS, J. G. Impactos Do Lean Seis Sigma Sobre a Sustentabilidade Organizacional: Um Estudo Survey. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense. Niterói. 2016.

GRANLUND, A.; WIKTORSSON, M. *Automation in healthcare internal logistics: A case study on practice and potential*. International Journal of Innovation and Technology Management, v. 10, n. 3, p. 1–20, 2013.

HERZBERG, F.; MAUSNER, B.; SNYDERMAN, B. B. *The Motivation to Work*. New York: Routledge, 2017.

HOLWEG, M. *The genealogy of lean production*. Journal of Operations Management, 2007.
IBGE. Estatísticas da Saúde Assistência Médico-Sanitária. [s.l: s.n.]. v. 39

IBGE. *Pesquisa Nacional de Saúde*. [s.l: s.n.].

IGUCHI, N. et al. *Development of a performance robot*. Advanced Robotics, v. 5, n. 1, p. 3–13, 1990.

JAPAN INSTITUTE OF PLANT MAINTENANCE. *Karakuri KAIZEN*. Disponível em: <<https://jipmglobal.com/activity/karakuri-kaizen>>.

JIPM. *Karakuri Kaizen*. 2019. Disponível em: <https://jipmglobal.com/activity/karakuri-kaizen>

KATAYAMA, H. et al. *Analysis and classification of Karakuri technologies for reinforcement of their visibility, improvement and transferability: An attempt for enhancing lean management*. PICMET 2014 - Portland International Center for Management of Engineering and Technology, Proceedings: Infrastructure and Service Integration. Anais. 2014.

KIJIMA, R. et al. *A Development of VR KARAKURI Horse Riding System for Exhaustive Therapy and Study on Its Validity*. Japan Science and Technology, v. 6, n. 3, p. 157–164, 2001.

KIT, B. W.; OLUGU, E. U.; ZULKOFFLI, Z. BINTI. *Redesigning of lamp production assembly line*. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, v. 2018-March, n. 1955, p. 3439–3457, 2018.

LIKER, J.; MEIER, D. *The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps*. [s.l: s.n.].

LIKER, J. K.; OGDEN, T. N. *A crise da Toyota: como a Toyota enfrentou o desafio dos recalls e da recessão para ressurgir mais forte*. Porto Alegre; Ed. Bookman, 2012.

MADISA, I. M.; TAIB, M. F. M.; REZA, N. A. *Implementation of Karakuri Kaizen to improve productivity and ergonomics in wire rope industry*. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, v. 2019, n. MAR, p. 2765–2775, 2019.

MADU, C. N.; GEORGANTZAS, N. C. *Strategic thrust of manufacturing automation decisions: A conceptual framework*. IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers), 1991.

MARTINS, V. W. B. et al. *Knowledge management in the context of sustainability: Literature review and opportunities for future research*. Journal of Cleaner Production, v. 229, p. 489–500, 2019.

MAŠÍN, I.; RIEGR, T. Czech Republic. *Dynamic Characteristics Of The Karakuri Transport Trolley*. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://2016.tae-conference.cz/proceeding/TAE2016-063-I-Masin.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2019.

MAŠÍN, I.; RIEGR, T. *Advanced modelling of the karakuri mechanism*. Proceedings of the 7th international conference on mechanics and materials in design (M2D2017). Anais. 2017

MATSUDAIRA, Y. *The continued practice of “ethos”*: How Nissan enables organizational knowledge creation. Information Systems Management, v. 27, n. 3, p. 226–237, 2010.

MELO, F. DE C.; COSTA, R. F. R. DA; DEL CORSO, J. M. *Public health management: systemic analysis of social determinants of health in Brazilian municipalities*. Health Policy and Planning, v. 0, n. 0, p. 1–10, 2019.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *UPAS 24h*. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/upa-24h-unidade-de-pronto-atendimento>>. Acesso em: 17 maio. 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Projeto vai agilizar o atendimento contra o coronavírus nas UPAs*. Disponível em: <<https://antigo.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/46667-projeto-vai-agilizar-o-atendimento-contr-o-coronavirus-nas-upas>>. Acesso em: 08 julho. 2021.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Projeto Lean Agiliza o Atendimento nas UPAs 24h*. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/noticias/projeto-lean-agiliza-atendimento-nas-upa24h>>. Acesso em: 08 julho. 2021.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Diretrizes UPA 24h*. Disponível em: <<https://antigo.saude.gov.br/acoes-e-programas/saude-da-familia/contatos/744-acoes-e-programas/upa-24h-unidade-de-pronto-atendimento/40297-diretrizes-upa-24h>>.

MOHER, D. et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. PLoS Medicine, v. 6, n. 7, 2009.

MURATA, K. et al. *Analysis on Integrals of Lean Module Technologies-The Cases of Visual Management, Poka-Yoke and Karakuri Technologies*. Research in Electronic Commerce Frontiers, v. 1, n. 2, p. 21–29, 2013.

MURATA, K.; KATAYAMA, H. *Development of Kaizen case-base for effective technology transfer-a case of visual management technology*. International Journal of Production Research, v. 48, n. 16, p. 4901–4917, 2010.

NASCIMENTO, S. D. et al. *Karakuri: A Proposal to Waste Reduce in the Health Service*. (A. Doulgui, Ed.) APMS 2021 IFIP International Federation for Information Processing AICT. Anais. Springer Nature Switzerland, 2021.

NASCIMENTO, S. D. et al. *Karakuri: The Application of Lean Thinking in Low-Cost Automation*. In: SILVA, F. J. G.; FERREIRA, L. C. P. (Eds.). *Lean Manufacturing: Implementation, Opportunities and Challenges*. 1. ed. Hauppauge: Nova Science Publishers, 2019. p. 335–354.

NASCIMENTO, S. D. et al. *Uso de Jogos de Simulação para o Ensino e Aprendizado Lean In: SPAGNOL, G. S.; CALADO, R. D.; SARANTOPOULOS, A.; MIN, L. L. (Eds). Lean na Prática*. 1 ed. Rockville: Global South Press, 2018. p. 412-427.

NORTON, R. L. *Cinemática e dinâmica dos mecanismos*. 2010.

OHNO, T. *Tovota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Boca Ratón: Productivity Press, 1988.

OLIVEIRA, R. F. T. DE. *Proposta De Melhoria No Processo De Atendimento Em Uma Unidade De Assistência Médica Especializada: Uma aplicação do Lean Healthcare*. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá. 2017.

PAGE, B. *Framing Systems Thinking Let Engineers Get Creative*. Assembly Modular Automation, v.40, p. 40–44, 2014.

PÉREZ, C. L. et al. *Anxiety About the Risk of Death of Their Patients in Health Professionals in Spain: Analysis at the Peak of the COVID-19 Pandemic*. International Journal of Environmental Research and Public Health, v. 17, n. 16, p. 1–17, 2020.

PINTO, L. F.; GIOVANELLA, L. *The family health strategy: Expanding access and reducing hospitalizations due to ambulatory care sensitive conditions (ACSC)*. Ciencia e Saude Coletiva, v. 23, n. 6, p. 1903–1913, 2018.

PRASETYAWAN, Y.; AGUSTIN, A. A.; ANGGRAHINI, D. *Simple automation for pineapple processing combining with Karakuri design*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 852, n. 1, 2020.

PRATER, E. L. *Basic Machines*. [s.l: s.n.].

PROVDANOV, C. C.; FREITAS, E. C. DE. *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico*. [s.l: s.n.].

RANI, D. et al. *Implementation of Karakuri Kaizen in Material Handling Unit*. SAE Technical Paper Series, v. 1, 2015.

REVISTA ELETRÔNICA FORTUNE MAGAZINE. *Ranking da Revista Fortune Global 500*. Acesso em 07/03/2021. Disponível em: <https://fortune.com/company/toyota-motor/global500/>

RIEGR, T.; MASIN, I. *New Approach To Solving Mathematical Equation For Damped Oscillations By Sliding (COULOMB) Friction At The Karakuri Mechanism*. n. July, p. 177–178, 2018.

RIEGR, T.; MASIN, I. *No Title Solution of Damped Oscillations by Coulomb Friction at the Karakuri Mechanism Using MAPLE Software*. Lecture Notes in Mechanical Engineering, p. 383–390, 2020.

SAÚDE, M. da. *UPA 24h – Unidade de Pronto Atendimento*. Disponível em: <<https://www.gov.br/saude/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/upa-24h-unidade-de-pronto-atendimento>>.

SAWAGUCHI, M. *How does Japanese “Kaizen activities” collaborate with “Jugaad innovation”?* PICMET 2016 - Portland International Conference on Management of Engineering and Technology: Technology Management For Social Innovation, Proceedings, v. 6, p. 1074–1085, 2017.

SAWIN, S. *South Pointing Chariot: An Invitation to Differential Geometry*. ArVix, v. 1, n. 1502.07671, 2015.

SHAMSUDIN, E.; DARUS, S. A. A. Z. M.; ABIDIN, R. M. H. BIN R. Z. *Implement Karakuri As A Material Handling In Production Sealer Line*. Green Technology & Engineering Seminar. 2019 |. Anais. 2019

SHIGEMATSU, K. et al. *Process-independent workstation layout for lean automation*. CIRP Annals, 2018.

TAN GAR HENG, A.; BIN MOHAMED, H.; BIN MOHAMED RAFAAI, Z. F. *Implementation of lean manufacturing principles in a vertical farming system to reduce*

dependency on human labour. International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering, v. 9, n. 1, p. 512–520, 2020.

TOYOTA MOTOR CORPORATION. *Environmental Report 2020*. Toyota City: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.toyota.com.au/community/sustainability>>.

TOYOTA MOTOR CORPORATION. *Toyota aims for carbon neutrality by 2050*. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://global.toyota/pages/global_toyota/sustainability/esg/environmental/carbon_neutrality_en.pdf>.

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE. *Parceria da UFF e Ministério da Saúde leva agilidade às UPAs em meio à pandemia*. Disponível em: < <https://www.uff.br/?q=noticias/24-04-2020/parceria-da-uff-e-ministerio-da-saude-leva-agilidade-upas-em-meio-pandemia> >

WITELL, L.; LÖFGREN, M.; DAHLGAARD, J. J. Theory of attractive quality and the Kano methodology – the past , the present , and the future. Total Quality Management & Business Excellence, v. 24, n. 11, p. 1241–1252, 2013.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS., D. *The machine that changed the world*. Macmillan Publishing Company. p. 323, 1990.

YAMAMOTO, Y.; SANDSTRÖM, K.; MUNOZ, A. A. *Karakuri iot – the concept and the result of pre-study*. Advances in Transdisciplinary Engineering, v. 8, p. 311–316, 2018.

YOUTUBE. *Introduction video of Karakuri Kaizen by Japan Institute of Plant Maintenance*. 2019. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=XxtRcd-hRQs>

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

Pesquisa de Percepção do Karakuri

Esta pesquisa objetiva analisar e categorizar os atributos relativos à técnica Karakuri entendendo assim a percepção da mesma pelos seus utilizadores.

Idade: _____ Sexo: _____ Tempo de empresa: _____

Cargo: _____

1. Quando o Karakuri diminui o esforço físico necessário para uma atividade, como você se sente?
 Sinto-me satisfeito
 Sinto que deve ser assim
 Não sinto nada
 Posso aceitar que seja dessa maneira
 Sinto-me insatisfeito

2. Quando o Karakuri não diminui o esforço físico necessário para uma atividade, como você se sente?
 Sinto-me satisfeito
 Sinto que deve ser assim
 Não sinto nada
 Posso aceitar que seja dessa maneira
 Sinto-me insatisfeito

3. Quando o Karakuri funciona através de princípios de energia limpa (como a gravidade), como você se sente?
 Sinto-me satisfeito
 Sinto que deve ser assim
 Não sinto nada
 Posso aceitar que seja dessa maneira
 Sinto-me insatisfeito

4. Quando o Karakuri não funciona através de princípios de energia limpa (como a gravidade), como você se sente?
- Sinto-me satisfeito
 - Sinto que deve ser assim
 - Não sinto nada
 - Posso aceitar que seja dessa maneira
 - Sinto-me insatisfeito
5. Como você se sente quando o Karakuri apresenta baixo custo de implementação?
- Sinto-me satisfeito
 - Sinto que deve ser assim
 - Não sinto nada
 - Posso aceitar que seja dessa maneira
 - Sinto-me insatisfeito
6. Como você se sente quando o Karakuri não apresenta baixo custo de implementação?
- Sinto-me satisfeito
 - Sinto que deve ser assim
 - Não sinto nada
 - Posso aceitar que seja dessa maneira
 - Sinto-me insatisfeito
7. Como você se sente quando o Karakuri possui mecanismos simples e de fácil utilização?
- Sinto-me satisfeito
 - Sinto que deve ser assim
 - Não sinto nada
 - Posso aceitar que seja dessa maneira
 - Sinto-me insatisfeito
8. Como você se sente quando o Karakuri não possui mecanismos simples e de fácil utilização?
- Sinto-me satisfeito
 - Sinto que deve ser assim
 - Não sinto nada

- Posso aceitar que seja dessa maneira
- Sinto-me insatisfeito

9. Como você se sente quando o Karakuri permite fácil manutenção?

- Sinto-me satisfeito
- Sinto que deve ser assim
- Não sinto nada
- Posso aceitar que seja dessa maneira
- Sinto-me insatisfeito

10. Como você se sente quando o Karakuri não permite fácil manutenção?

- Sinto-me satisfeito
- Sinto que deve ser assim
- Não sinto nada
- Posso aceitar que seja dessa maneira
- Sinto-me insatisfeito

11. Como você se sente quando o Karakuri melhora as condições de trabalho dos colaboradores?

- Sinto-me satisfeito
- Sinto que deve ser assim
- Não sinto nada
- Posso aceitar que seja dessa maneira
- Sinto-me insatisfeito

12. Como você se sente quando o Karakuri não melhora as condições de trabalho dos colaboradores?

- Sinto-me satisfeito
- Sinto que deve ser assim
- Não sinto nada
- Posso aceitar que seja dessa maneira
- Sinto-me insatisfeito

13. Como você se sente quando o Karakuri é aprimorado através do método de tentativa e erro?
- Sinto-me satisfeito
 - Sinto que deve ser assim
 - Não sinto nada
 - Posso aceitar que seja dessa maneira
 - Sinto-me insatisfeito
14. Como você se sente quando o Karakuri não é aprimorado através do método de tentativa e erro?
- Sinto-me satisfeito
 - Sinto que deve ser assim
 - Não sinto nada
 - Posso aceitar que seja dessa maneira
 - Sinto-me insatisfeito
15. Como você se sente quando o Karakuri é fruto da criatividade dos colaboradores?
- Sinto-me satisfeito
 - Sinto que deve ser assim
 - Não sinto nada
 - Posso aceitar que seja dessa maneira
 - Sinto-me insatisfeito
16. Como você se sente quando o Karakuri é fruto da criatividade dos colaboradores?
- Sinto-me satisfeito
 - Sinto que deve ser assim
 - Não sinto nada
 - Posso aceitar que seja dessa maneira
 - Sinto-me insatisfeito

Agradeço por seu interesse e colaboração com a nossa pesquisa! Muito obrigada

APÊNDICE B – RESUMO CASOS CORRELATOS

Ref.	Nome	Quem?	Segmento
Prasetyawan, Agustin e Anggrahini (2020)	Esteira transportadora de Preparo Alimentar	Engenheiros	Alimentício
Anggrahini, Prasetyawan e Diartiwi (2020)	Esteira Transportadora	Engenheiros	Alimentício
Riegr e Mašín (2020)	Karakuri Carrinho para locomoção de peças	Engenheiros	Agrícola
Tan, Bin e Bin (2020)	Karakuri Rack de fluxo com sistema irrigador	Engenheiros	Agrícola
Madisa, Taib e Reza (2019)	Karakuri para Troca de Bobinas	Engenheiros	Manufatura
Kit, Olugu e Zulkoffli (2018)	Karakuri Racks de fluxo	Engenheiros	Manufatura
Rani et al. (2015)	Karakuri Unidade de Tombamento	Equipe de trabalho	Manufatura
Matsudaira (2010)	Karakuri Transferência de Peças	Equipe de trabalho	Manufatura
Kijima et al (2001)	Karakuri Simulador de Cavalgada	Engenheiros	Saúde

Ref.	Justificativa	mecanismo/ princípio	Custo
Prasetyawan, Agustin e Anggrahini (2020)	Produtividade, custos, reduzir carga de trabalho, ergonomia	Plano inclinado e gravidade	Baixo
Anggrahini, Prasetyawan e Diartiwi (2020)	Produtividade, reduzir dependência de mão de obra	plano inclinado e gravidade	Baixo
Riegr e Mašín (2020)	Economia de energia, redução de carga de trabalho	engrenagens/alavanca	Baixo
Tan, Bin e Bin (2020)	Reduzir dependência de mão de obra	Plano inclinado e gravidade	Baixo
Madisa, Taib e Reza (2019)	Produtividade, tempo, ergonomia	rolamentos e alavanca	Baixo
Kit, Olugu e Zulkoffli (2018)	Reduzir tempos, produtividade, eliminar operações sem valor agregado	Plano inclinado, Alavanca e gravidade	Baixo
Rani et al. (2015)	Economia de energia	Gravidade	Baixo
Matsudaira (2010)	Ergonomia, redução de carga de trabalho, produtividade	Gravidade	Baixo
Kijima et al (2001)	Custos, prototipagem rápida	Manivelas, Engrenagens	Baixo