

Uniformes Modernos (Armaduras e Exoesqueleto)

Modern Uniforms (Armor and Exoskeleton)

DOI:10.34117/bjdv7n4-248

Recebimento dos originais: 09/03/2021

Aceitação para publicação: 09/04/2021

Denis Nascimento

Pós-Graduação completa, Estudante de Mestrado

Instituição: UNITAU

Endereço: Avenida Malek Assad, 255, 2B - Jd Sta Maria, Jacareí/ SP

E-mail: denisnascimento03@gmail.com

Danilo Augusto Oliveira da Silva

Estudante de Mestrado

Instituições: Tecnolass Tecnologia LTDA. Av. Shishima Hifumi, 2911, Sala 106-A, S.J.C/SP, Brasil, CEP 12244-000. Universidade de Taubaté, Rua Daniel Danelli, s/n.

Jardim Morumbi, Campus da Juta, Taubaté/SP, Brasil.

CEP 12060-440

E-mail: danilo_aos@yahoo.com.br

Viviane Tabchoury de Barros Vieira

Estudante de Mestrado

Instituição: Universidade de Taubaté, Rua Daniel Danelli, s/n. Jardim Morumbi, Campus da Juta, Taubaté/SP, Brasil.

CEP 12060-440

E-mail: viviane.tabchoury@outlook.com

Luiz Augusto da Silva

Diretor Técnico e Estudante de Graduação

Instituições: Tecnolass Tecnologia LTDA. Av. Shishima Hifumi, 2911, Sala 106-A, S.J.C/SP, Brasil, CEP 12244-000. UNINTER, Rua Santa Clara, 417. Vila Adyana, São José dos Campos/SP, Brasil.

CEP 12243-630

E-mail: laugustosilva@terra.com.br

Diego Augusto Oliveira da Silva

Engenheiro Eletricista

Instituições: Tecnolass Tecnologia LTDA. Av. Shishima Hifumi, 2911, Sala 106-A, S.J.C/SP, Brasil, CEP 12244-000. UNIVAP, Av. Shishima Hifumi, 2911, Urbanova, São José dos Campos/SP

CEP 12243-630

José Rubens de Camargo

Doutorado

Instituição: Universidade de Taubaté, Rua Daniel Danelli, s/n. Jardim Morumbi, Campus da Juta, Taubaté/SP, Brasil.

CEP 12060-440

E-mail: jrubenscamargo@gmail.com

RESUMO

A ergonomia é um tema que vem ganhando cada vez mais importância dentro das indústrias, pois nos últimos anos a quantidade de trabalhadores lesionados aumentou consideravelmente, uma ideia para a melhora deste problema que atinge a maioria das empresas que montam ou fabricam diversos tipos de produtos é a utilização de exoesqueletos como se fossem os uniformes de parte dos operários, que tem as funções que exijam esforço físico e causem fadiga, porém é um equipamento que será “instalado” em um corpo humano e exige um projeto complexo, que deve ser feito com o auxílio de ferramentas da engenharia de sistemas para auxiliar neste desenvolvimento. Este artigo mostra as mais diversas ferramentas com exemplos práticos do desenvolvimento de um projeto desta magnitude.

Palavras-Chave: Ergonomia, Exoesqueleto, Engenharia de Sistemas.

ABSTRACT

Ergonomics is a topic which is gaining more and more importance within the industries, in the last years the number of injured workers has increased considerably, an idea for the improvement of this issue that affects the most of the companies that assemble or manufacture different kind of products is the use of exoskeletons as if they were the uniforms of part of the workers, which has the functions that require physical effort or causes fatigue, but is an equipment that will be “installed” on a human body and requires a complex project, which must be done with the help of systems engineering tools to assist in this development, This article shows the most diverse tools with practical examples of the development of a this magnitude project.

Keywords: Ergonomics, Exoskeleton, System Engineering.

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Kwitko e Pedrozo (2018) doenças ligadas a falta de ergonomia no local de trabalho tem afligido trabalhadores atualmente, estas doenças são conhecidas como DORT (Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho), elas estão ligadas a problemas no ambiente de trabalho desde mobília inadequada, falta de procedimentos, falta de ferramentas específicas para cada atividade, tornando o trabalho não ergonomicamente correto, especialmente em indústrias, nas quais o trabalhador necessita ficar em pé por horas, fazer agachamentos, com o braço estendido, que causam lesões e algumas vezes até a aposentadoria por invalidez deste funcionário.

O LER (Lesão por Esforço Repetitivo) e os DORTs são as doenças que mais acometem os trabalhadores brasileiros, em estudo feito pelo Ministério da Saúde com dados de 2007 a 2016 foram informados ao governo 67.599 casos de LER/DORT e no período houve um crescimento de 184% quando comparado 2007 com 2016. Estas doenças são causadas pelo uso excessivo do sistema de movimentação do esqueleto

humano e por consequência da falta de tempo de recuperação, alguns dos sintomas são: dor, sensação de peso, fadiga. Os ombros e os tendões são as partes do corpo mais afetadas. (MACIEL, 2019)

Figura 1 – Lesão na mão



Fonte: Ministério da Saúde, 2019

“Em 1991, adotou-se a denominação LER em procedimentos internos a instituição para a avaliação de incapacidade física. Em 1998, por meio de Norma Técnica do Instituto Nacional de Seguridade Social (INSS), aprovada pela Ordem de Serviço INSS/DSS n° 606, de 5 de agosto de 1998, formalizou-se o uso de DORT para designar os referidos distúrbios” (ASSUNÇÃO e ABREU, 2017)

Para solucionar este problema, pode-se recorrer a robótica, que tem mostrado potencial para alterar a forma de como a vida humana será no futuro, desde tarefas domésticas até o auxílio na indústria. Os robôs estão com um nível de precisão maior além de sua agilidade, com os preços ficando mais acessíveis, atividades com maior nível de complexidade podem ser feitas em conjunto pelo homem com um robô, fundindo a força da máquina com o controle humano, sendo este o princípio de funcionamento de um exoesqueleto (CRAIG, 2013).

De acordo com Herr (2009, apud KWITKO e PEDROZO, 2018) o exoesqueleto tem atributos antropomórficos que copiam os movimentos dos seres humanos, que podem ser vestidos no corpo humano, ampliando a sua força, corrigindo postura e melhorando o desempenho para o que foi projetado.

2 O EXOESQUELETO E A MELHORA NA ERGONOMIA

“O exoesqueleto se trata de uma espécie de esqueleto artificial usado de forma externa pelo usuário, quase como se fosse uma roupa.” (FILIPE, 2017)

Eles são feitos para aumentar a capacidade física do usuário, através de materiais resistentes e a utilização da engenharia moderna, podendo ser utilizados inclusive para a criação de um super soldado figura 2. (GULGEMIN, 2011)

Figura 2 – Soldado com exoesqueleto



Fonte: Sciencemag, 2017

De acordo com Wakefield (2018) uma tecnologia que pode dar super poderes a humanos que vem sendo desenvolvida, como os exoesqueletos, devem ser cercados de questões éticas, sobre quando devem ser utilizadas, quais ferramentas devem ser desenvolvidas.

Para o desenvolvimento dos exoesqueletos que serão utilizados nas linhas de produção, as empresas estão utilizando simulações com óculos de realidade virtual, figura 3 para verificar a posição em que os operários terão que trabalhar e o esforço que terão que realizar. (RIBEIRO,2018)

Figura 3 – Simulador Ergonômico

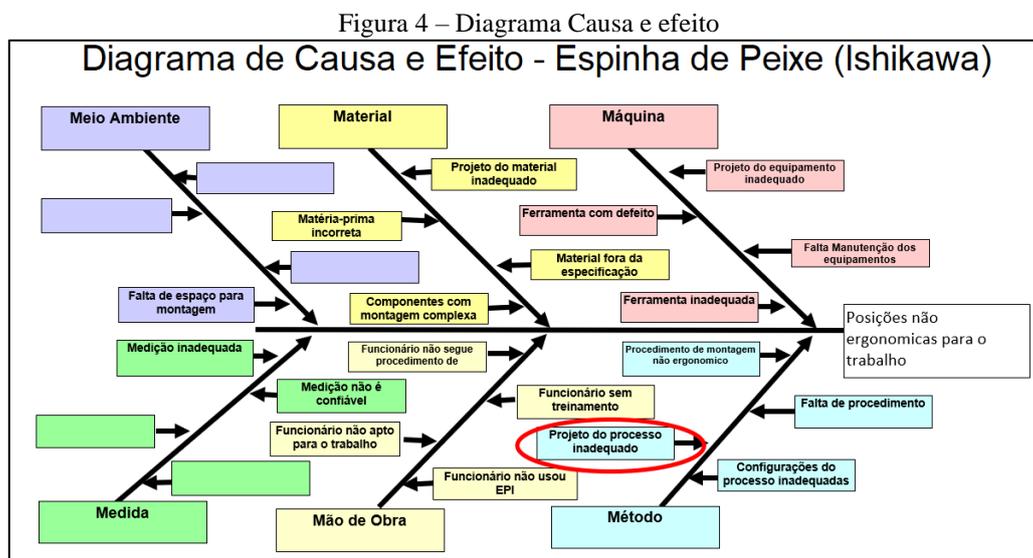


Fonte: Quatro Rodas, 2018

Para o desenvolvimento de equipamentos tão sofisticados e de tanta importância, neste artigo são mostrados alguns exemplos de ferramentas bem úteis da Engenharia de Sistemas e Requisitos que muito podem auxiliar no desenrolar destes projetos.

Conforme apresentado no início deste artigo, posições não ergonômicas para o trabalho podem resultar em uma série de problemas para o trabalhador e para verificar como podemos resolver este impasse, pode-se recorrer ao diagrama de causa e efeito, também conhecido como espinha de peixe ou Ishikawa, na qual se coloca o problema na cabeça da espinha do peixe, descrevendo-o, nas espinhas são escritas as possíveis causas, conforme mostrado na figura 4. (PMI, 2013)

3 ENGENHARIA DE SISTEMAS APLICADA NO DESENVOLVIMENTO DE UM EXOESQUELETO PARA A INDÚSTRIA



Fonte: Autor

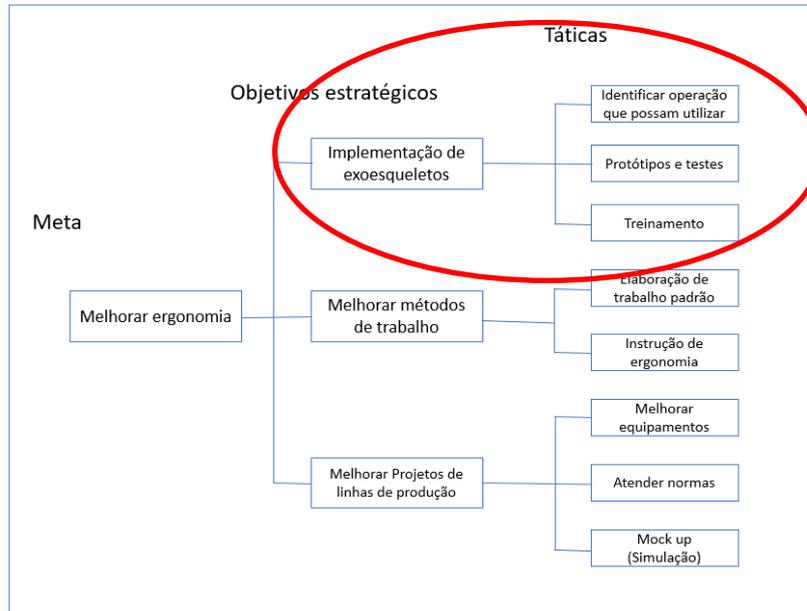
Entre outras causas, foi escolhido trabalhar em uma dentro da aba “Método”, sendo o Projeto do processo inadequado, como o responsável pelo problema apontado acima.

Conforme falado por Garces (2013) a utilização de um exoesqueleto poderia solucionar um problema como o apontado na análise de causa e efeito realizada.

Em um diagrama de árvore sistemática como o mostrado na figura 5, é possível verificar outro método utilizado também para a solução do problema, no qual se atribui uma meta e dela são derivados objetivos estratégicos e as táticas para que o problema seja solucionado, no caso deste artigo, foram destacadas como objetivo: a implementação de

exoesqueletos e como táticas, a identificação de onde podem ser utilizados, protótipos e testes assim como o treinamento dos colaboradores.

Figura 5 - Diagrama de Árvore Sistemática



Fonte: Autor

Para o início de um desenvolvimento, sugere-se utilizar uma técnica conhecida como 5W2H, que “é uma ferramenta de gestão que tem como objetivo identificar e detalhar uma situação...” Utilizando esta ferramenta é possível elencar e definir os pontos principais que serão abordados no projeto. (BASSAN, 2019), na tabela 1 temos um exemplo de uma análise feita para o projeto de utilização de um exoesqueleto como forma de eliminar o problema encontrado pelo diagrama de causa e efeito, figura 4:

Tabela 1 – 5W2H

5W	O que? (What?)	Exoesqueleto (Uniformes modernos)
	Por quê? (Why?)	Melhora de Ergonomia
	Onde? (Where?)	Fábricas
	Quem? (Who?)	Funcionários
	Quando (When?)	Durante o trabalho
2H	Como (How?)	Utilizando como EPI
	Quanto Custa? (How Much?)	USD10.000,00

Fonte: Autor

Além do 5W2H, outra ferramenta muito útil que deve ser utilizada é análise SWOT. “Ela fornece um retrato de onde você está agora (forças e fraquezas) e sugere algumas trajetórias futuras (oportunidades e ameaças)”. Esta análise pode ajudar a projetar as opções de modelo de negócio. (OSTERWALDER e PIGNEUR, 2011). Uma análise SWOT dos exoesqueletos utilizados como uniformes foi feita conforme mostrado na tabela 2.

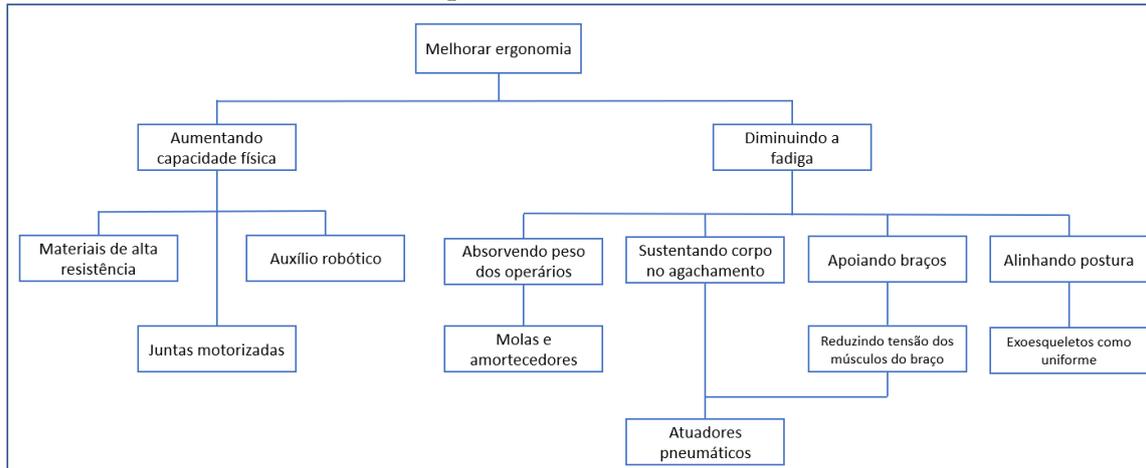
Tabela 2 – Análise SWOT

		FORTALEZAS	FRAQUEZAS
INTERNO		Melhora da ergonomia do trabalhador	Dependência do equipamento para realização das tarefas
		Facilidade para fazer tarefas difíceis	Alto Custo
		Aumento de força do trabalhador	Necessidade de treinamento
		Melhora no engajamento	
		OPORTUNIDADES	AMEAÇAS
EXTERNO		Conseguir fazer trabalhos mais complexos	Manutenção
		Redução de tempo da tarefa	Poucos fornecedores
		Redução de lesões de trabalho	Variação cambial

Fonte: Autor

Para um desenvolvimento tão complexo como um exoesqueleto, uma das tarefas mais importantes é a definição das funções que ele terá e seus requisitos para que haja realmente uma melhora na ergonomia dos operários, para isto uma ferramenta muito importante que pode ser utilizada é a árvore funcional, na qual verificamos as funcionalidades principais e secundárias do equipamento até chegarmos em como ele realizará estas funções, como mostrado na figura 6, na qual prevê o uso de vários componentes de automação e robótica para o auxílio dos movimentos.

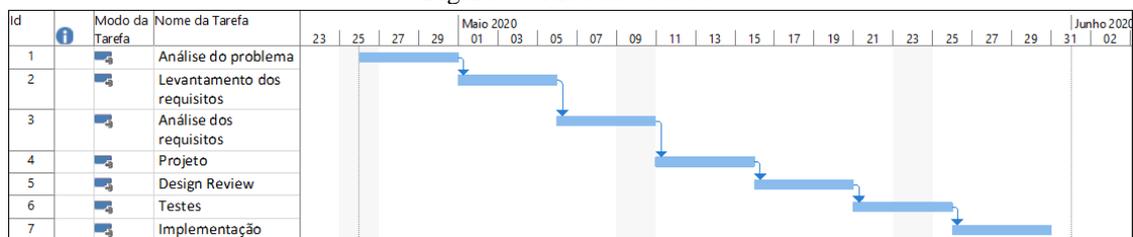
Figura 6 - Árvore Funcional



Fonte: Autor

Para o planejamento deste projeto, temos algumas opções e de acordo com Boehm (1988) o modelo cascata foi muito utilizado e serviu como base para o desenvolvimento do modelo espiral, apenas para efeito de aprendizado, foi elaborado um planejamento em modelo cascata para o desenvolvimento de um exoesqueleto, porém ele se mostra falho, por colocar todas as tarefas uma como predecessora da outra, não deixando que ocorra atividades em paralelo e nem prevendo looping de testes, conforme figura 7.

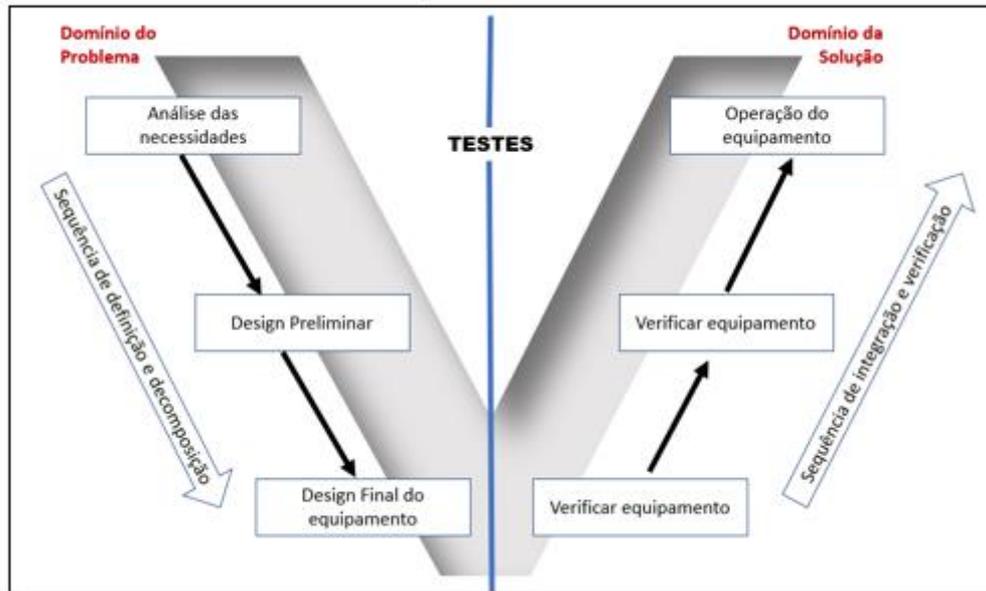
Figura 7 – Modelo Cascata



Fonte: Autor

O modelo V é similar ao modelo cascata, pois em ambos as tarefas se iniciam após a conclusão da outra, tendo como diferença que testes dos produtos são realizados em paralelo a sua fase de desenvolvimento correspondente, um plano de testes deve ser criado antes do início do desenvolvimento do projeto, um exemplo com a aplicação deste estudo de exoesqueletos foi elaborado na figura 8. (MANTOVANI, 2015)

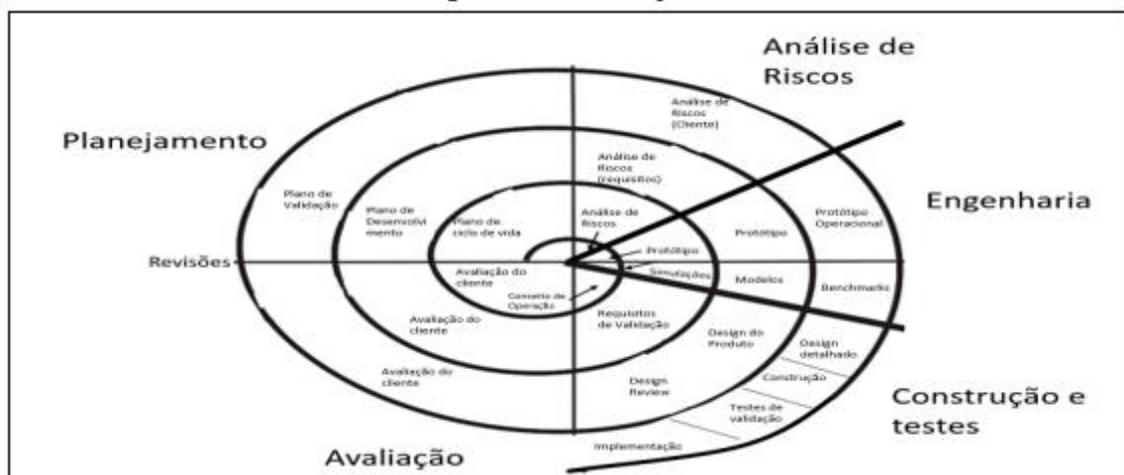
Figura 8 – Modelo V



Fonte: Autor

O modelo espiral foi desenvolvido durante anos para utilização no desenvolvimento de softwares. Este método baseia-se em analisar os riscos nas diversas etapas do projeto e na construção de vários loopings de protótipos em diversos estágios e testes, na figura 9, foi elaborado um planejamento seguindo este modelo para o desenvolvimento de um exoesqueleto que será utilizado como um “uniforme” em trabalhadores na indústria, neste modelo é verificado que a complexidade de um projeto como este é mais bem trabalhada, envolvendo vários níveis de teste e análises de riscos até a sua implementação, sendo assim o modelo escolhido pelo autor como o melhor para este tipo de desenvolvimento.

Figura 9 – Modelo Espiral

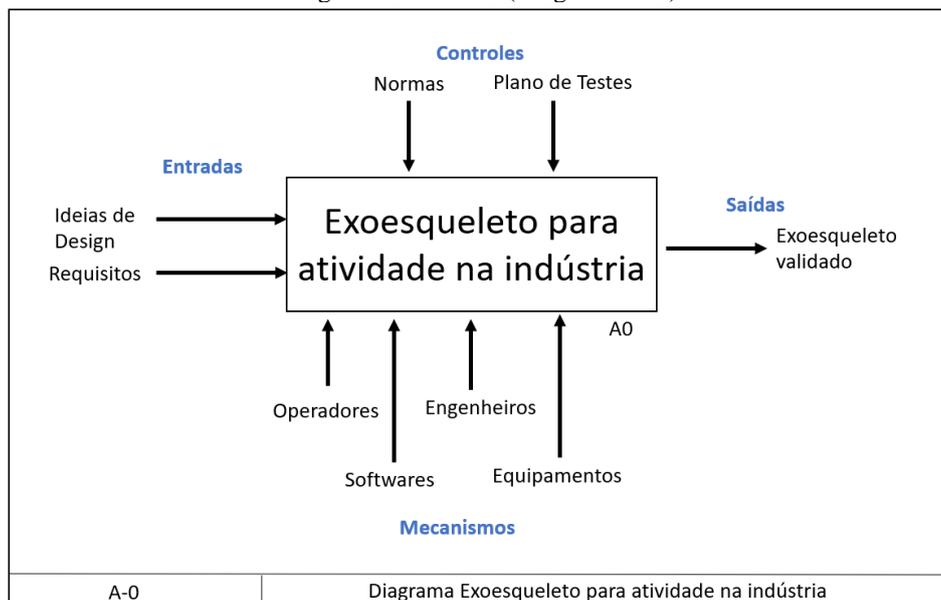


Fonte: Autor

O IDEF0 é uma técnica que pode ser utilizada para mostrar os requisitos funcionais do produto que será desenvolvido e o seu processo de desenvolvimento, mostrados nas figuras 10 e 11. Nelas foram consideradas o diagrama e o processo para o projeto de um exoesqueleto para operários na indústria.

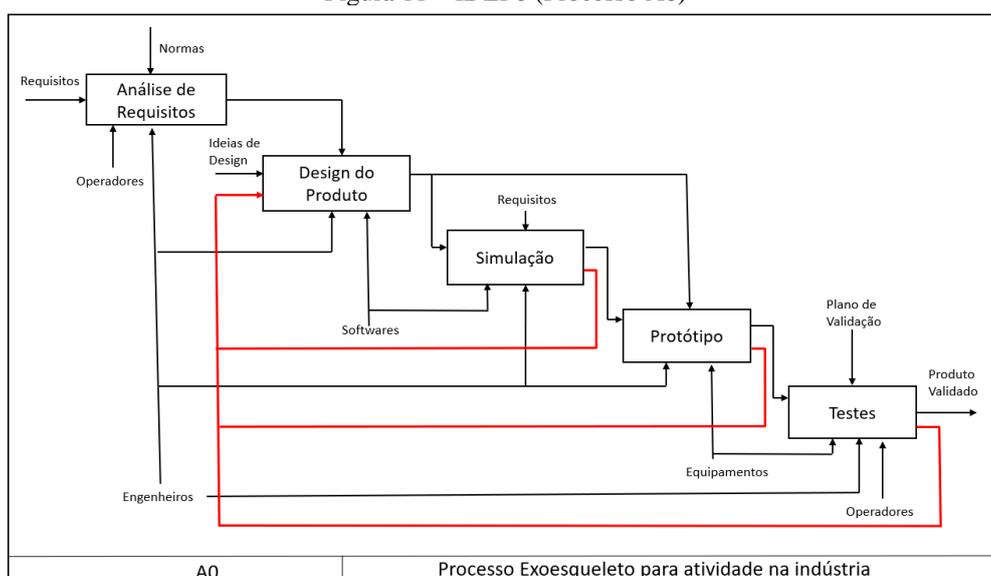
“O modelo sintático/semântico do método IDEF0 consiste num conjunto de diagrama, hierarquicamente organizados, onde as funções e subfunções de um sistema são descritas dentro de caixas interligadas por setas que representam elementos de entrada, saída, controle e mecanismos” (FERNANDES, 2018)

Figura 10 – IDEF0 (Diagrama A-0)



Fonte: Autor

Figura 11 – IDEF0 (Processo A0)

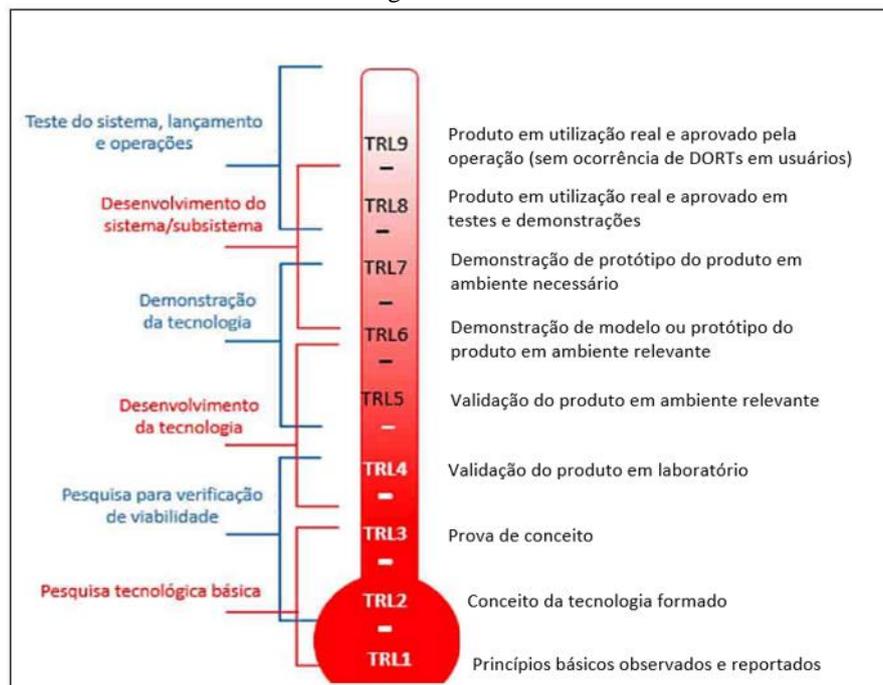


Fonte: Autor

De acordo com a NASA (2010) a indústria e o governo vêm utilizando e moldando o TRL conforme suas necessidades, porém com as funcionalidades que foi criada, em uma escala que vai de 1 a 9. No nível mais baixo, a pesquisa ainda está em um nível bem básico, apenas com ideias de aplicação, porém quando atinge o nível máximo, TRL 9, significa que o produto já foi testado em uma larga escala e provou o seu funcionamento, esta distância entre o nível 1 e 9 pode demorar anos de pesquisa, desenvolvimento e testes.

Por se tratar de um produto que estará ligado diretamente com o corpo humano e quaisquer falhas que ocorram podem causar sérios problemas a seus usuários o método TRL foi o escolhido para a classificação do produto e o nível 9 é o ideal para que o produto seja de fato introduzido ao uso de vários trabalhadores, na figura 12 mostra-se a análise feita para o desenvolvimento do exoesqueleto e seus níveis de TRL.

Figura 12 - TRL



Fonte: Autor

4 RESULTADOS E APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA

Na fábrica da montadora de automóveis Fiat em Betim, os exoesqueletos já estão sendo utilizados por trabalhadores, com o auxílio robótico os funcionários já executam algumas tarefas, como mostrado nas figuras 13 e 14. A empresa fez um investimento de 80 mil dólares para trazer a solução que tem melhorado a ergonomia dos trabalhadores dos Estados Unidos. (CAPUTO, 2017)

De acordo com Schneider (2018) “O exoesqueleto é leve, acompanha os movimentos do funcionário em total sincronia e facilita aqueles movimentos que exigiram maior esforço, absorvendo o peso do tronco, dos braços ou do corpo todo”.

Ribeiro (2018) diz que estes exoesqueletos são utilizados em tarefas repetitivas e que não são ergonomicamente corretas. Em alguns equipamentos existem molas e amortecedores para que seja possível descansar as pernas com se houvesse uma cadeira invisível, diminuindo a fadiga muscular de operadores que muitas vezes precisam se abaixar 550 vezes durante seu turno.

Figura 13 - Chairless Chair



Fonte: Quatro Rodas, 2018

Figura 14 – Trabalhador com exoesqueleto



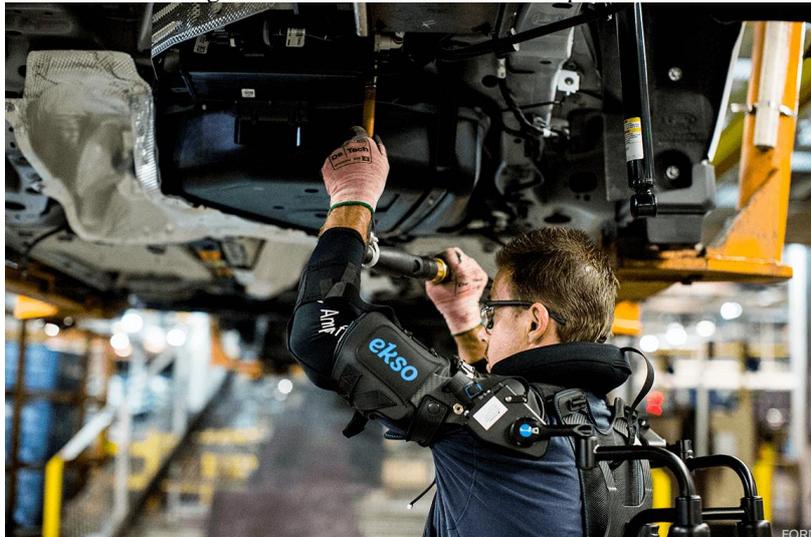
Fonte: Exame, 2018

Nos Estados Unidos, a Ford implementou a utilização de exoesqueletos por seus funcionários, com a ideia de reduzir o desgaste físico dos funcionários, além de uma esperada melhora na qualidade dos processos de fabricação. Em um exemplo de utilização o funcionário aperta os parafusos com o auxílio do exoesqueleto embaixo do carro, utilizando-o como suporte, figura 15 diminuindo assim a tensão dos músculos do braço do operário. (FUTURO EXPONENCIAL, 2018)

Na empresa americana, desde 2003 houve uma queda de 70% na taxa de acidentes de trabalho, que são oriundos de investimentos em pesquisa e desenvolvimento na área de ergonomia e processos de montagem, incluindo neste quesito os exoesqueletos. (FUTURO EXPONENCIAL, 2018)

De acordo com Max Nunes dos Santos, trabalhador da FCA, “Ele vai junto com a gente e carrega o peso. Estou me sentindo muito mais descansado. É como se fosse meu uniforme e já faz parte do meu dia a dia”. (SCHNEIDER, 2018)

Figura15 – Trabalhador com exoesqueleto



Fonte: Futuro Exponencial, 2018

5 CONCLUSÃO

A utilização de exoesqueletos pela indústria deve ser cada vez mais ampla conforme esta tecnologia for evoluindo e os custos abaixando, pois as empresas estão cada vez mais focadas na ergonomia dos trabalhadores e redução de acidentes, porém deve-se ter muito cuidado na elaboração de um projeto para um produto desta natureza, pois uma simples falha em algum componente ou em seu sistema pode até deixar uma pessoa paraplégica na pior das hipóteses. Por isso este artigo mostrou as mais diversas ferramentas de engenharia de sistemas que podem ajudar nestes projetos e devem ser

utilizados, seja na elucidação do problema do trabalhador, como em um diagrama de causa e efeito ou de árvore, nas diversas análises de risco que o modelo espiral te leva a fazer, no sequenciamento de tarefas com controles e mecanismos previstos em métodos que a própria NASA desenvolveu como o IDEF0 e utilizando a metodologia TRL para verificar o quão pronto o produto está para ser lançado no mercado, para que consiga trazer os tão esperados objetivos e se não teremos nenhum homem de ferro, com um ultra tecnológico exoesqueleto para salvar a humanidade de um vilão, que ao menos tenhamos homens e mulheres que consigam trabalhar, gerar lucro para sua empresa e voltar para casa saudáveis, sem dores e que possam ser os super-heróis de seus filhos e sua família.

REFERÊNCIAS

BASSAN, Edilberto José. Gestão da Qualidade: Ferramentas, Técnicas e Métodos. 1ªed. Curitiba, 2019

BOEHM, B. W. A spiral model of software development and enhancement, in *Computer*. vol. 21, no. 5, pp. 61-72, May 1988.

CAPUTO, Victor. Fiat indica futuro do trabalho com uso de exoesqueletos. 8 dez. 2017. Disponível em: <https://exame.abril.com.br/tecnologia/fiat-indica-futuro-do-trabalho-com-uso-de-exoesqueletos/>. Acesso em: 18 abr. 2020

CORNWALL, Warren. Can we build an ‘Iron Man’ suit that gives soldiers a robotic boost. Disponível em: <https://www.sciencemag.org/news/2015/10/feature-can-we-build-iron-man-suit-gives-soldiers-robotic-boost#>. Acesso em: 18 abr. 2020

DOLLAR, A. M.; HERR H. Lower Extremity Exoskeletons and Active Orthoses: Challenges and State-of-the-Art. *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 24, n°1, pp 144-158, fev. 2008

FERNANDES, Daniel Paiva. Estudo do Método IDEF0 para Modelagem de Processos de Negócios. UNIFEI, Itajubá MG, 2013

FILIPE, Davson. Super-Humanos por meio da tecnologia: exoesqueleto. Disponível em: <https://realidadesimulada.com/super-humanos-por-meio-da-tecnologiaa-exoesqueleto/>. Acesso em: 18 abr. 2020

GARCÉS, D S C. Exoesqueleto Robótico para Aumentar a Capacidade Física do Membro Superior Humano. 2013. pp106. UFRJ, Rio de Janeiro, 2013

GUGELMIN, Felipe. Tecnologias promissoras: exoesqueletos. 06 jul. 2011. Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/futuro/11300-tecnologias-promissoras-exoesqueletos.htm>. Acesso em: 18 abr. 2020

KWITKO, D L M C; PEDROZO, M F S. Desenvolvimento de Exoesqueleto Passivo de Sustentação para Solução Ergonômica. 2018. pp47. UTFPR, Curitiba, 2018

MACIEL Victor. LER e DORT são as doenças que mais acometem os trabalhadores, aponta estudo. 30 abr. 2019. Disponível em: <https://www.saude.gov.br/noticias/agencia-saude/45404-ler-e-dort-sao-as-doencas-que-mais-acometem-os-trabalhadores-aponta-estudo>. Acesso em: 20 abr. 2020

MAIA et al. Criação de um Exoesqueleto, barato, de fácil construção e acessível. Centro Universitário Sul de Minas.

CRAIG, John J. Robótica. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2013.

MANTOVANI, Mario J. Quais são as vantagens e desvantagens do Modelo-V e quando usá-lo? 04 jun. 2015. Disponível em:

<http://mariomantovani.blogspot.com/2015/06/quais-sao-as-vantagens-e-desvantagens.html>. Acesso em: 03 mai. 2020

NASA. National Aeronautics and Space Administration. Technology Readiness Levels Demystified. 20 ago. 2010. Disponível em: <http://www.nasa.gov/topics/aeronautics/features/trl_demystified.html >. Acesso em: 03 mai 2020.

OSTERWALDER Alexander, PIGNEUR Yves. Business Model Generation. Rio de Janeiro, Alta Books, 2011

PMI, Project Management Institute. Guia PMBOK. Pennsylvania, EUA, Project Management Institute, Inc, 2013

RIBEIRO, Rodrigo. Conheça os exoesqueletos usados nas linhas de montagem. 04 mai. 2018. Disponível em: <https://quatorrodas.abril.com.br/noticias/conheca-os-exoesqueletos-usados-nas-linhas-de-montagem/> Acesso em: 18 abr. 2020

SCHNEIDER, Daniel. Mais ergonomia e menos esforço na fábrica com a chegada do exoesqueleto. 12 jan. 2018. Disponível em: <https://www.projetodraft.com/mais-ergonomia-e-menos-esforco-na-fabrica-com-a-chegada-do-exoesqueleto/>. Acesso em: 18 abr. 2020

SITE FUTURO EXPONENCIAL. Funcionários da Ford estão usando exoesqueleto para evitar lesões no trabalho. 9 ago. 2018. Disponível em: <https://futuroexponencial.com/funcionarios-ford-exoesqueletos/>. Acesso em: 18 abr. 2020

WAKEFIELD, Jane. Exoskeleton that allows humans to work and play for longer. 8 jul. 2018. Disponível em: <https://www.bbc.com/news/technology-44628872>. Acesso em: 18 abr. 2020