

CENTRO UNIVERSITÁRIO FEI
ALINE ESTEVES
ANDRÉ YUUKI SAKAMOTO
KEILLA DA SILVA SANTOS
NATHALIA DE OLIVEIRA NASCIMENTO

**APLICAÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA EM UMA ETAPA NO PROCESSO
DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO NO SETOR AUTOMOBILÍSTICO**

São Bernardo do Campo

2020

ALINE ESTEVES
ANDRÉ YUUKI SAKAMOTO
KEILLA DA SILVA SANTOS
NATHALIA DE OLIVEIRA NASCIMENTO

**APLICAÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA EM UMA ETAPA NO PROCESSO
DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO NO SETOR AUTOMOBILÍSTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro Universitário FEI,
como parte dos requisitos necessários
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Produção. Orientado pelo
Prof. Dr. Fabio Lima.

São Bernardo do Campo

2020

ALINE ESTEVES
ANDRÉ YUUKI SAKAMOTO
KEILLA DA SILVA SANTOS
NATHALIA DE OLIVEIRA NASCIMENTO

**APLICAÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA EM UMA ETAPA NO PROCESSO
DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO NO SETOR AUTOMOBILÍSTICO**

Trabalho de Conclusão de Curso,
apresentado ao Centro Universitário FEI,
como parte dos requisitos necessários
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia de Produção.

Comissão julgadora

Fabio Lima

Orientador e Presidente

Gabriela Scur Almudi

Examinador (1)

Ricardo Janes

Examinador (2)

São Bernardo do Campo

2020

A todos os que nos apoiaram nos momentos de dificuldades e conquistas durante a graduação de Engenharia de Produção no Centro Universitário da FEI.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus que nos permitiu crescer e evoluir a cada passo dado durante nossa trajetória de formação.

Aos familiares e amigos pelo incentivo e apoio incondicional.

Gratidão ao Centro Universitário da FEI por toda sua estrutura e recursos disponibilizados.

Ao orientador Professor Doutor Fabio Lima por todo suporte na elaboração e finalização com êxito desta etapa de Trabalho de Conclusão de Curso.

Por fim, a todos que nos auxiliaram e acreditaram em nós, muito obrigado!

“Nunca ande por trilhas, pois assim só irá até onde outros já foram”

(Alexander Graham Bell)

RESUMO

O referido estudo visa avaliar os impactos da implementação da realidade aumentada (RA) como parte do processo de desenvolvimento de novos produtos. Primeiramente, foi feita a contextualização do setor industrial através das revoluções industriais, que tiveram início no século XV e hoje, com a quarta revolução, tem-se discutido bastante sobre a Indústria 4.0 e suas aplicações. Nesse ponto, foi introduzida a RA pois esse é um dos pilares que suportam os avanços da Indústria 4.0. Dessa forma, os conceitos referentes a essa tecnologia, incluindo seus requerimentos e funcionamento foram apresentados. A seguir, detalhou-se a aplicação da RA com maior destaque no processo de desenvolvimento de produto, evidenciando o que hoje já se tem aplicado no ramo automobilístico em âmbito global, e as ferramentas que estão sendo aplicadas especificamente na engenharia de produtos. Para finalizar, também foram apresentados os principais ganhos e desafios frente a implementação das transformações digitais e o que pode ser feito para evitar armadilhas na aplicação da tecnologia.

Palavras-chave: Indústria 4.0, Realidade Aumentada, Desenvolvimento de Produto.

ABSTRACT

The purpose of this study is to review the impacts of the applications of augmented reality (AR) that was used in the product development process. Firstly, the industrial sector was contextualized through the industrial revolutions, which started by the 15th century and are now in the fourth revolution, which brought a lot of discussion about Industry 4.0 and its applications. At this point, AR was introduced, as this is one of the pillars that supports the advances of Industry 4.0. After that, it was explained the AR application focusing in the process of product development, showing the current applications in the automotive industry globally, and the tools that are being applied in the product engineering line of business. To conclude, it was also presented the main benefits and challenges regarding the implementation of digital transformations, and what can be done to avoid such pitfalls in the companies.

Keywords: Industry 4.0. Augmented Reality. Product Development.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Inovação Radical.....	16
Figura 2 - Os quatro estágios da Revolução Industrial.....	18
Figura 3 - Tecnologias na Indústria 4.0	19
Figura 4 - Tatuagem virtual inserida pelo aplicativo <i>InkHunter</i>	23
Figura 5 - Personagem animado inserido pelo aplicativo AR Dragon	23
Figura 6 – Continuo da realidade e virtualidade	24
Figura 7 - Hudway Glass	31
Figura 8 - True RA da Navion.....	31
Figura 9 - VW Marta - Mobile Augmented Reality Technical Assistance.....	32
Figura 10 - Óculos de realidade aumentada para manutenção preventiva	33
Figura 11 - Realidade aumentada espacial no processo de design de interiores	33
Figura 12 - Headset Varjo XR-1	34
Figura 13 - HoloLens da Microsoft utilizado pela empresa FORD.....	35
Figura 14 - Realidade Aumentada no mundo real.....	36
Figura 15 - Fluxograma do processo.....	40
Figura 16 – Etapas da fase 1: determinação e definição do produto	41
Figura 17 – Etapas da fase 2: desenvolvimento do produto	42
Figura 18 - Situação Atual	43
Figura 19 - Situação Proposta.....	44
Figura 20 – Experiência em Realidade Virtual	47
Figura 21 - Cronograma de implementação - Pacote 1.....	48
Figura 22 – Comparativo de Custo – Pacote 1.....	48
Figura 23 - Cronograma de implementação - Pacote 2.....	49
Figura 24 - Comparativo de Custo – Pacote 2	49
Figura 25 - Cronograma de implementação - Pacote 3.....	50
Figura 26 - Comparativo de Custo – Pacote 3	50

LISTA DE ABREVIACOES

AR	Augmented Reality
CBS	Sistemas Ciberfísicos
CDO	Executivo Chefe para Assuntos Digitais
CEO	Executivo Chefe
CDT	Centro de Desenvolvimento Tecnológico
DFMEA	Análise dos Efeitos e Modos de Falha
DMU	Digital Mockup
HUD	Head-up Display
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
RA	Realidade Aumentada
RV	Realidade Virtual
TI	Tecnologia da informação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVO	12
1.1.1 Objetivos Específicos	12
1.2 AREA DA ABEPRO	13
1.3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	13
1.4 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	13
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 INOVAÇÃO.....	14
2.2 INDÚSTRIA 4.0	17
2.3 REALIDADE AUMENTADA.....	21
2.3.1 Definição	22
2.3.2 Requerimentos da RA	25
2.3.2.1 Projeção / Exibição de imagem	25
2.3.2.1.1 <i>RA através da exibição em monitores</i>	25
2.3.2.1.2 <i>RA através de transparente ótico e dispositivos acoplados</i>	25
2.3.2.1.3 <i>RA por objeto fixo no ambiente</i>	25
2.3.2.2 Rastreamento de movimentos do usuário	26
2.3.2.2.1 <i>Rastreamento Mecânico</i>	26
2.3.2.2.2 <i>Rastreamento Magnético</i>	26
2.3.2.2.3 <i>Rastreamento Acústico</i>	26
2.3.2.2.4 <i>Rastreamento Ótico</i>	27
2.3.3 Como funciona a RA	27
2.3.4 Benefícios e dificuldades na utilização da RA	28
2.3.4.1 Benefícios da implementação da RA	28
2.3.4.2 Dificuldades e limitações na implementação da RA	29
2.4 APLICAÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA NAS ATIVIDADES DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO.....	29
3. TRABALHO DE CAMPO	39
3.1 SITUAÇÃO ATUAL VERSUS SITUAÇÃO PROPOSTA	42
3.2 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO E RECURSOS NECESSÁRIOS	44
3.2.1 Caso de negócio	47

3.3	LIMITAÇÕES NA IMPLEMENTAÇÃO DA RA	50
3.3.1	Limitações Encontradas na Empresa X.....	51
3.4	RESULTADOS OBTIDOS NA EMPRESA X.....	53
4.	CONCLUSÃO.....	54
	REFERÊNCIAS.....	55

1. INTRODUÇÃO

As novas tecnologias desencadeiam uma alteração profunda nas estruturas sociais e econômicas, estando diretamente relacionadas às revoluções industriais. Atualmente tem-se em curso a quarta revolução industrial, também chamada de indústria 4.0, que segundo Schwab (2017) tem o diferencial de fusão entre novas tecnologias e a interação entre os domínios físicos, digitais e biológicos.

A indústria 4.0 é um novo conceito que foi apresentado em 2011 na Alemanha e engloba o desenvolvimento e aplicação de inovações tecnológicas aos processos de manufatura. Com o desenvolvimento de novas tecnologias associado à crescente utilização de mecanismos digitais, as organizações têm adaptado seus processos como forma de obter destaque no mercado competitivo.

Dentre os pilares tecnológicos que sustentam a Indústria 4.0, a aplicação da RA será o foco deste estudo. Ao possuir a capacidade de inserção digital de objetos criados por computador, a RA já vem sendo utilizada em alguns setores da indústria automotiva, como por exemplo, no próprio processo produtivo e pós-venda. Baseado nisso, decidiu-se explorar a aplicação dessa tecnologia no processo de desenvolvimento de produto, buscando a melhoria no processo através da redução de custo e tempo.

Uma vez que os principais aspectos de um produto são verificados na etapa de desenvolvimento, é de suma importância para a competitividade da empresa aplicar ferramentas que a auxiliem a atingir melhores resultados. Além disso, será discorrido sobre as dificuldades e os desafios do processo de aplicação da RA.

1.1 OBJETIVO

Avaliar os impactos da implementação da realidade aumentada como parte do processo de desenvolvimento de novos produtos em uma empresa do setor automobilístico, situada na cidade de São Bernardo do Campo.

1.1.1 Objetivos Específicos

- a) Mapear o processo de desenvolvimento, identificando e detalhando as etapas de estudo da implementação da realidade aumentada no setor automobilístico;

- b) Dimensionar ganhos e perdas com a aplicação da realidade aumentada no setor automobilístico.

1.2 AREA DA ABEPRO

Este trabalho se enquadra na área de Engenharia de Produto: Processo de Desenvolvimento do Produto.

1.3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A proposta desse trabalho pretende responder a seguinte pergunta: Quais os benefícios e os desafios da implementação da realidade aumentada no processo de desenvolvimento de produto em uma empresa do setor automobilístico?

1.4 METODOLOGIA DE PESQUISA

O método de investigação abordado foi a pesquisa qualitativa através dos referidos tópicos:

- a) Identificar, a partir da revisão bibliográfica, os fatores determinantes para a aplicação da tecnologia de Realidade Aumentada, sendo necessário aprofundamento nos temas de Inovação, Indústria 4.0, conceitos e aplicações da Realidade Aumentada, finalizando com casos de utilizações da tecnologia nas atividades de desenvolvimento do produto;
- b) Na pesquisa de campo, realizar o mapeamento do processo de desenvolvimento do produto, identificando e detalhando as etapas de estudo;
- c) Definir uma proposta para aplicação da realidade aumentada no processo de desenvolvimento do produto, com o objetivo de melhoria no processo;
- d) Consultar empresas parceiras a fim de verificar a viabilidade de desenvolvimento da tecnologia;
- e) Analisar a potencialidade da aplicação da ferramenta baseada nos atributos da etapa do processo escolhido.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os fundamentos teóricos nos quais foram embasados o presente trabalho. Explica-se sobre o conceito de inovação e sua relação com a indústria 4.0, que apresenta a RA como um de seus pilares, definindo os elementos necessários para aplicação da tecnologia.

E para concluir é apresentado o processo de desenvolvimento de produto e as atuais aplicações da RA na indústria automobilística.

2.1 INOVAÇÃO

Antes de conceituar inovação, é importante distingui-la da invenção, que é uma criação de processo, técnica ou produto inédito e sua prototipação. Para que seja considerada como inovação, é necessário além dos pontos citados anteriormente, ter sua efetiva aplicação.

Atualmente a inovação tem se mostrado bastante necessária para se diferenciar e conquistar cada vez mais clientes. Pode-se observar essa necessidade quando se analisa os planejamentos estratégicos, as missões e visões das empresas. Essa necessidade torna-se presente em todos os processos, equipes e etapas que estão dentro de uma empresa, independente do setor em que está inserida.

A partir do momento que a empresa decide investir em inovação e aplicá-la em seus processos, ela está visionando o bem-estar de seus clientes e acionistas além do benefício próprio.

De acordo com Tigre (2010), a inovação pode ser classificada em três tipos:

- a) Produtos;
- b) Processos;
- c) Mudanças organizacionais;

Quando se fala da inovação de produto, é considerado aquele que é tecnologicamente novo, e suas características fundamentais diferem de todos os produtos que já foram criados. Considerando esse tipo de inovação, não são incluídas mudanças estéticas e a comercialização de novos produtos desenvolvidos e produzidos por outras empresas.

As inovações de processos se referem a novas formas de operações tecnológicas ou aprimoradas que podem ser obtidas na utilização de novos métodos

ou em suas aprimorações para manuseio e entrega dos produtos. A medição desse tipo de inovação é feita através da alteração significativa da qualidade do produto ou da alteração dos custos. Essa inovação é associada a novos investimentos produtivos.

As inovações organizacionais se referem a mudanças na estrutura organizacional da empresa, no relacionamento com cliente e fornecedores e nas diferentes técnicas de negócios.

Segundo o Oslo Manual 2018, além desses tipos de inovação existe também a inovação de *marketing*, que envolve novos métodos de *marketing*, incluindo mudanças no *design* do produto e em sua embalagem, na promoção e em sua colocação e nos métodos utilizados para definição de preços de bens e serviços.

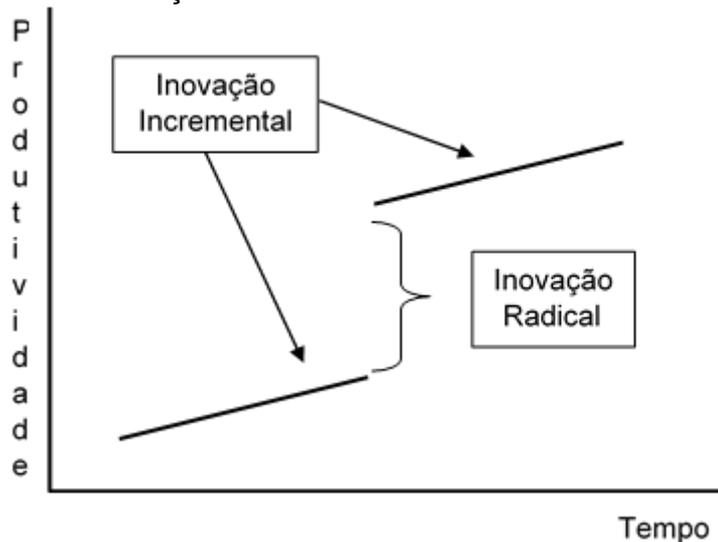
Além dos quatro tipos de inovação, deve-se classificá-la quanto ao seu grau, que podem ser:

- a) Incremental;
- b) Radical;
- c) Novo sistema tecnológico;
- d) Novo paradigma técnico-econômico.

Ao falar da inovação incremental, tem-se toda trajetória tecnológica definida e a mesma acontece de forma contínua. Considera-se esse tipo de inovação como melhorias no *design* ou qualidade dos produtos e novas práticas de compra e venda. Não são inovações derivadas das atividades de pesquisa e desenvolvimento (P&D), sendo resultados de aprendizados internos.

A inovação radical é de menor ocorrência e pode ser considerada assim por iniciar uma nova trajetória tecnológica, surge através de atividades de P&D e tem como característica uma trajetória descontínua. É uma inovação que estabelece novos limites para a inovação incremental. Pode ser observado melhor na Figura 1.

Figura 1 - Inovação Radical



Fonte: Livro Gestão da Inovação, 2014

A próxima inovação, de sistema tecnológico, é caracterizada por novos recursos tecnológicos que transforma um setor ou grupos de setores. Essas inovações impactam em alterações internas como também em relação com o mercado. Como por exemplo, pode citar a *internet*, porque com o tempo tem revolucionado as formas de interação e criando áreas de atividade econômica.

As inovações de novo paradigma técnico-econômico possui característica revolucionária nos âmbitos tecnológico, social e econômico no qual estão inseridas. A frequência de ocorrência desse tipo de inovação é baixa, porém a sua influência é duradoura. Esse tipo de inovação, em diferentes épocas, foram os fatores chaves que estavam na raiz das transformações tecnológicas e econômicas mundiais. Para que seja considerado um fator chave do novo paradigma, a tecnologia de apresentar os seguintes fatores:

- Custos baixos com tendências declinantes: altas reduções de custos que podem motivar mudanças;
- Oferta aparentemente ilimitada: precisam ser disponíveis de forma abundante e ser sustentável ao longo prazo;
- Potencial de difusão em muitos setores e processos: precisa ser universalmente aplicável.

Segundo Tigre (2014), as inovações geralmente são induzidas de acordo com as necessidades dos usuários e consumidores (*demand-pull*) ou pelas oportunidades

geradas pelos avanços da ciência e tecnologia (*technology push*). Também são induzidas pelos custos dos fatores de produção (matéria-prima, capital e trabalho).

É notável as transformações nos processos de manufatura, e como isso impacta no estilo de vida das pessoas, processos mais ágeis e automatizados e informações mais acessíveis, são exemplos que se faz possível através de diversos motivos, e um deles é a indústria 4.0, que através da tecnologia busca evoluir e facilitar os processos através de um conjunto de tecnologias.

2.2 INDÚSTRIA 4.0

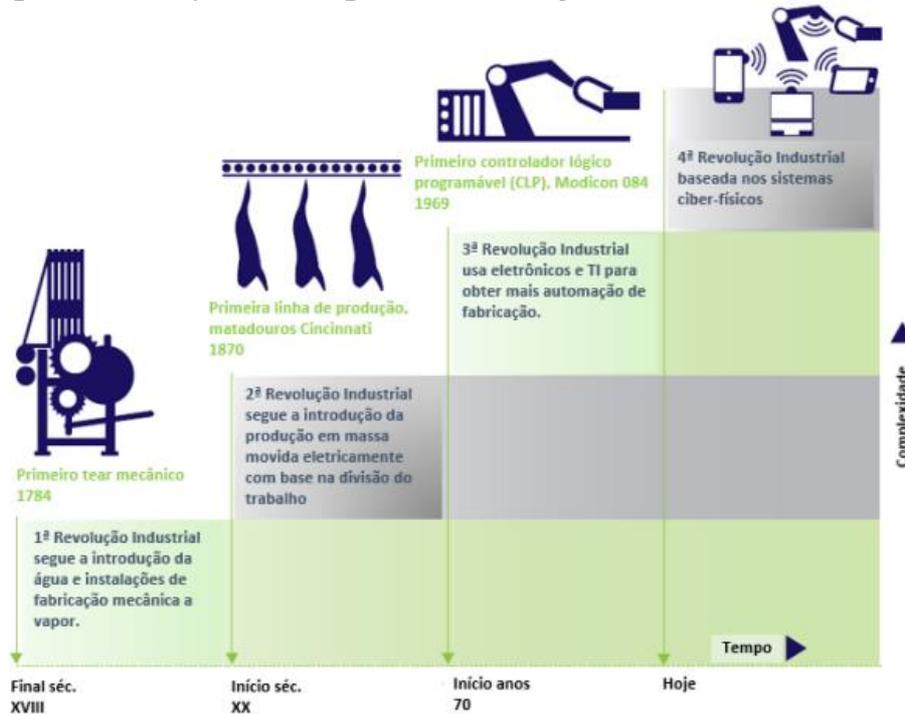
Na história da humanidade, as revoluções têm ocorrido quando novas tecnologias e novas formas de perceber o mundo desencadeiam uma alteração profunda nas estruturas sociais e nos sistemas econômicos (Schwa, 2017).

A primeira revolução industrial ocorreu entre 1760 e 1840, dando início à produção mecânica, ocasionada pela construção das ferrovias e pela invenção da máquina a vapor. A segunda revolução industrial marcou o século XX com o advento da eletricidade e da linha de montagem e divisão do trabalho, possibilitando a produção em massa (Schwab, 2017).

Já a terceira revolução industrial, popularmente conhecida por “revolução digital”, foi impulsionada pelo desenvolvimento dos semicondutores, da computação *mainframe* (década de 1960), da computação pessoal (década de 1970 e 1980) e da *internet* (década de 1990) (Schwab, 2017).

Atualmente, tem-se a quarta revolução industrial, que teve início na virada do século e tem como base a revolução digital. Essa revolução se trata da aplicação de novas Tecnologias da Informação e Comunicação para apoiar os processos produtivos e é denominada de Indústria 4.0 (Schwab, 2017). A Figura 2 resume os principais fatores do desenvolvimento alcançados nas revoluções industriais ao longo do tempo.

Figura 2 - Os quatro estágios da Revolução Industrial



Fonte: Adaptado de Kagermann, 2013

Segundo Hermann *et al.* (2016), o termo Indústria 4.0 se tornou público e conhecido no ano de 2011, na Feira de Hannover, Alemanha, quando uma iniciativa de nome “Indústria 4.0 – uma associação de representações de negócios, políticas e acadêmicas” viabilizava a ideia de uma aproximação na força de competitividade da Indústria Manufatureira Alemã e modernização da já desenvolvida indústria local. Com o apoio do governo alemão, foi anunciado que a Indústria 4.0 faria participação necessária na iniciativa “High-Tech Strategy 2020 for Germany” com o propósito de comandar a inovação tecnológica.

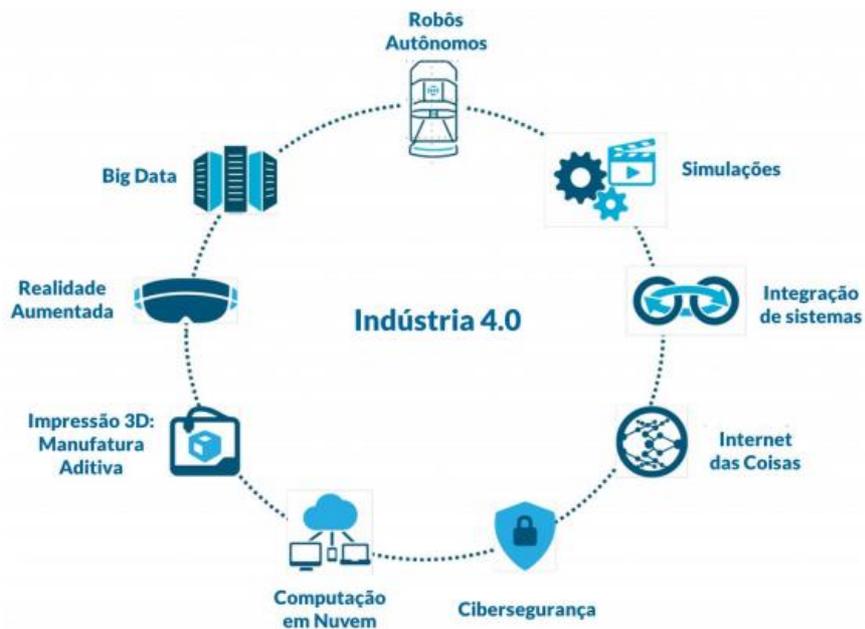
Em seguida, foi formado o “Industrie 4.0 Working Group”, que publicou o desenvolvimento de visões e das primeiras recomendações para implementações do conceito Indústria 4.0 em abril de 2013 (Kagermann *et al.*, 2013). Nesta publicação, Kagermann *et al.* (2013) descrevem sua visão da Indústria 4.0 como:

No futuro, as empresas estabelecerão redes globais que incorporem suas máquinas, sistemas de armazenagem e instalações de produção em forma de sistemas ciberfísicos (CPS). No ambiente de fabricação, esses sistemas ciberfísicos compreendem máquinas inteligentes, sistemas de armazenamento e instalações de produção capazes de trocar informações de forma autônoma, desencadear ações e controlar-se independentemente. Isso facilita melhorias fundamentais nos processos industriais envolvidos na fabricação, engenharia, uso de materiais e cadeia de suprimentos e gerenciamento do ciclo de vida. As fábricas inteligentes que já

começaram a aparecer empregam uma abordagem completamente nova para a produção. Produtos inteligentes são exclusivamente identificáveis, podem estar localizados em todos os momentos e conhecer sua própria história, status atual e rotas alternativas para alcançar seu estado alvo. Os sistemas de fabricação embutidos são conectados verticalmente com processos de negócios dentro de fábricas e empresas e conectados horizontalmente a redes de valores dispersas que podem ser gerenciadas em tempo real - desde o momento em que uma ordem é colocada diretamente até a logística de saída. Além disso, eles habilitam e exigem engenharia de ponta a ponta em toda a cadeia de valor. (Kagermann et al., 2013, p. 5)

A Indústria 4.0 é sustentada por princípios que tem como proposta revolucionar a produção levando rapidez e eficiência através da integração de células isoladas e otimizadas ao fluxo de produção totalmente integrado, otimizado e automatizado (RÜßMANN et al., 2015). Alguns princípios da Indústria 4.0 podem ser visualizados na Figura 3.

Figura 3 - Tecnologias na Indústria 4.0



Fonte: Adaptado de RÜßMANN et al., 2015

- Big Data – Análise baseada em grandes conjuntos de dados, que tem como ganhos a otimização da qualidade da produção, economia de energia e melhora no serviço do equipamento. Na Indústria 4.0, a coleta e a avaliação holística de dados de diferentes fontes como equipamentos e sistemas de produção, bem como sistemas de gerenciamento de empresas e clientes, se

tornarão padrão para apoiar a tomada de decisões em tempo real (RÜßMANN et al., 2015).

- Robôs Autônomos – Os robôs estão em evolução para se tornar mais flexíveis, autônomos e cooperativos. Eles poderão interagir uns com os outros e trabalharão em segurança lado a lado com os humanos, aprendendo com eles. Esses robôs possuem um custo menor e têm um conjunto maior de recursos do que os usados atualmente na fabricação (RÜßMANN et al., 2015).
- Simulações – Com os dados em tempo real, a simulação irá refletir o mundo físico em um modelo virtual, podendo incluir máquinas, produtos e humanos. Antes da troca física, os operadores poderão testar e otimizar as configurações da máquina para o próximo produto em linha no mundo virtual, reduzindo assim os tempos de configuração da máquina e aumentando a qualidade (RÜßMANN et al., 2015).
- Integração de sistemas – Na atualidade, a maioria dos sistemas de TI não estão totalmente integrada, frequentemente nem departamentos como engenharia, produção e serviço estão estreitamente ligados. No entanto, com a Indústria 4.0, empresas, departamentos, funções e recursos se tornarão muito mais associados, enquanto as redes universais de integração de dados entre empresas evoluírem e permitirem cadeias de valor verdadeiramente automatizadas (RÜßMANN et al., 2015).
- Internet das coisas – Mais dispositivos serão enriquecidos com a computação incorporada e conectados usando tecnologias padrão. Isso permite o compartilhamento de dados entre dispositivos que controlam e atuam nos processos de produção em tempo real através de redes sem fio. Também descentraliza a análise e a tomada de decisões (RÜßMANN et al., 2015).
- Ciber segurança – Comunicações seguras e confiáveis, bem como gerenciamento sofisticado de identidade e acesso de máquinas e usuários são essenciais devido ao aumento da conectividade e o uso de protocolos de comunicação padrão que acompanham a Indústria 4.0 (RÜßMANN et al., 2015).
- Computação na nuvem – O desempenho das tecnologias em nuvem melhorará, alcançando tempos de reação de alguns milissegundos visto que, com a Indústria 4.0, mais empresas relacionadas à produção exigirão maior

compartilhamento de dados entre sites e limites da empresa. Como resultado, os dados e a funcionalidade da máquina serão cada vez mais implantados na nuvem, permitindo mais serviços orientados a dados para os sistemas de produção. Até sistemas que monitoram e controlam processos podem se tornar baseados na nuvem (RÜßMANN et al., 2015).

- Impressão 3D – Se apresenta como um método de fabricação de aditivos que será bastante utilizado com a Indústria 4.0 para produção de pequenos lotes de produtos personalizados que oferecem vantagens de construção, como projetos leves e complexos (RÜßMANN et al., 2015).
- Realidade aumentada – As empresas farão uso amplamente da RA para fornecer aos trabalhadores informações em tempo real para melhorar a tomada de decisão e os procedimentos de trabalho (RÜßMANN et al., 2015).

No processamento, visualização e interpretação das grandes quantidades de dados que são geradas a todo instante, as indústrias requerem mais rapidez e eficiência. Essa necessidade é consequente da constante urgência de aprimoramento da capacidade de tomada de decisões em todos os níveis da indústria. Apesar disso, os processos industriais são realizados em um mundo físico tridimensional ao mesmo tempo que a maior parte dos dados é capturada e exibida em telas bidimensionais, acarretando a diferença entre os mundos real e digital, onde o potencial dos responsáveis pelas tomadas de decisões, interpretação e aproveitamento desse grande volume de informação torna-se limitada (PORTER et al., 2017).

Nesse contexto, a RA se mostra como uma solução eficaz para o problema exposto, pois é uma tecnologia que possibilita a visualização em três dimensões dos dados colhidos a partir da combinação da realidade com imagens e dados virtuais. Associando as informações ao contexto em que elas serão utilizadas, essa tecnologia aumenta a capacidade e a rapidez de entendimento dos funcionários e, como consequência, melhora o processo de tomada de decisão (PORTER et al., 2017).

2.3 REALIDADE AUMENTADA

Atualmente existe uma incoerência entre as informações digitais e o mundo físico em que são aplicados. Enquanto a realidade é tridimensional, os dados que são utilizados para suportar a tomada de decisão está limitado a uma página ou tela

bidimensional. Esta distância entre o mundo real e o mundo digital limita a capacidade de se obter vantagem de toda informação disponível. A RA apresenta-se como uma das soluções possíveis para diminuir essa distância.

2.3.1 Definição

A RA transforma informações digitais em imagens ou animações e as sobrepõem no mundo real. Atualmente a maioria das aplicações da RA são voltadas para *smartphones*, mas é notável como elas estão migrando para dispositivos que permitem sua utilização sem a necessidade de segurá-los nas mãos (óculos de RA). Alguns dos exemplos mais conhecidos são os jogos e aplicações para *smartphones* e os “*head-up displays*”, que são fixados no painel do carro mostrando informações relevantes da viagem diretamente na linha de visão do motorista, evitando que seu olhar seja desviado da pista. Essa aplicação melhora a rapidez e precisão com que uma informação é absorvida, as tomadas de decisão, e a execução de tarefas de maneira rápida e eficiente (PORTER E HEPPELMANN, 2017).

Os objetos virtuais podem ser inseridos no ambiente físico tanto estaticamente como também podem ser programados para realizar algum tipo de movimento e, caso tal objeto necessite de movimentos, seria realizado respeitando as restrições físicas reais do local em que foi inserido (ZLATANOVA, 2002). As figuras abaixo exemplificam algumas dessas possibilidades, a Figura 4 mostra uma tatuagem inserida digitalmente através do aplicativo *InkHunter* e a Figura 5 um personagem programado para se movimentar e interagir criado através do aplicativo *AR Dragon*.

Figura 4 - Tatuagem virtual inserida pelo aplicativo *InkHunter*



Fonte: Autor

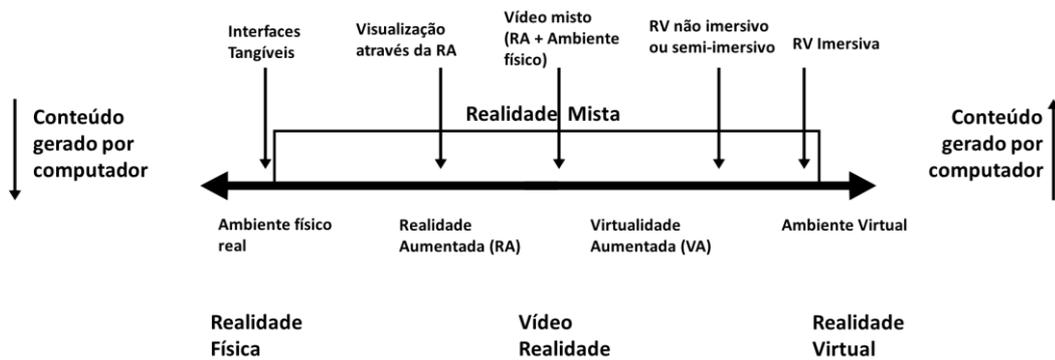
Figura 5 - Personagem animado inserido pelo aplicativo AR Dragon



Fonte: Autor

A RA pode ser facilmente confundida com a Realidade Virtual (RV), mas diferente desta, a RA utiliza elementos do mundo real. Milgram e Kishimoto (1994) trazem discussões sobre a imersão digital/real desde sua época, e a Figura 6 apresentada por eles se tornou um ponto inicial para discussões, classificações e comparações entre diferentes técnicas de junção de realidade virtual e real. A imagem apresenta uma seta horizontal, onde na sua extremidade esquerda tem-se o ambiente físico real (menor conteúdo gerado por computador) e à sua direita o ambiente virtual (maior conteúdo gerado por computador).

Figura 6 – Continuo da realidade e virtualidade



Fonte: Adaptado de Milgram e Kishino, 1994

- RV imersiva: o usuário tem a sensação de ser inserido em um ambiente virtual. Um grande exemplo disso são os óculos de RV muito usados em vídeo *games* e simuladores.
- RV não imersiva ou semi-imersiva: diferentemente da anterior, não proporciona ao usuário a sensação de imersão. Tem a capacidade de apresentar um ambiente totalmente virtual, mas não possibilita a interação do usuário no espaço virtual.
- Vídeo misto (RA + Ambiente físico): a presença da RA é feita em vídeos, sem a imersão em tempo real do plano virtual no plano físico. Tem a capacidade de mostrar vídeo imagens do mundo real e sobrepor elementos virtuais nela.
- Visualização através da RA: se utiliza um transparente ótico para inserção de objetos virtuais em tempo real no ambiente físico. Outra possibilidade para essa classificação é a utilização de câmeras que capturam em tempo real o ambiente físico do ponto de vista do usuário, e sobrepõem os elementos virtuais em tempo real nas imagens geradas.
- Interfaces tangíveis: nessa classificação adiciona-se ao anterior a possibilidade de interagir com o objeto virtual inserido (tocar, mover, editar etc.). Grande exemplo disso são os jogos que utilizam a RA: o dispositivo *smartphone* serve como um transparente ótico capturando a imagem do ambiente físico em tempo real e sobrepondo nele objetos virtuais, dando ao usuário possibilidade de interação com os objetos.

2.3.2 Requerimentos da RA

Para a utilização e implementação da RA, assim como qualquer solução tecnológica, são necessários alguns preparativos e pré-requisitos.

2.3.2.1 *Projeção / Exibição de imagem*

Para se obter um sistema de visualização através da RA é necessária a utilização de algum aparelho de projeção de imagem. Zlatanova (2002) divide as possibilidades de projeção e exibição de imagem da RA da seguinte maneira.

2.3.2.1.1 *RA através da exibição em monitores*

Muito utilizado em laboratórios, proporciona ao usuário imagens do mundo real com a imposição de imagens virtuais através de um monitor simples, sem a necessidade de se utilizar um dispositivo fixo ao usuário. Quadros de imagem do mundo real são combinados a quadros de imagem gerados por computador.

2.3.2.1.2 *RA através de transparente ótico e dispositivos acoplados*

Através de dispositivos acoplados ao usuário o sistema possibilita observação do ambiente ao seu redor e das imagens digitalmente inseridas nele. O usuário tem a possibilidade de se movimentar e observar o objeto virtual projetado, que deve ser gerado novamente levando em consideração a nova localização do usuário fazendo com que o sistema seja mais complexo que os anteriores.

2.3.2.1.3 *RA por objeto fixo no ambiente*

Nesse sistema a imagem virtual é projetada diretamente em um objeto fixo no ambiente. Uma imagem em 2D é projetada em uma superfície criando a impressão de que o objeto virtual está inserido no mundo real.

2.3.2.2 *Rastreamento de movimentos do usuário*

Além da observação do ambiente real e inserção do objeto virtual é preciso rastrear os movimentos do usuário para que se haja a interação com esse objeto virtual. Existem algumas maneiras de mapear os movimentos levando em consideração o corpo inteiro do usuário, ou apenas parte dele (ZLATANOVA, 2002).

2.3.2.2.1 *Rastreamento Mecânico*

Utilizam-se sensores mecânicos que são acoplados ao usuário. Os mais comumente utilizados são: plataforma onde o usuário pode se movimentar, exoesqueleto e controle que o usuário utiliza em suas mãos. O rastreamento mecânico é preciso e tem um leve atraso de resposta (aproximadamente 5 milissegundos), no entanto restringe os movimentos do usuário, como por exemplo, apenas movimento sobre a plataforma ou suportados pelo exoesqueleto podem ser rastreados.

2.3.2.2.2 *Rastreamento Magnético*

Sensores eletromagnéticos transmitem um campo eletromagnético por três eixos ortogonais, que são captados por sensores que mostram informações sobre a posição e orientação em relação a fonte. Basicamente, esse sistema identifica através de sensores eletromagnéticos uma coordenada em três eixos que mostra a posição do que está sendo rastreado. Por poder rastrear mais de um sensor simultaneamente, ele pode ser usado para mapear movimentos do corpo inteiro do usuário. Porém, esse tipo de rastreamento tem um atraso de mais ou menos 0,1 segundo, e por ser muito sensível a presença de metais tem uma precisão duvidosa.

2.3.2.2.3 *Rastreamento Acústico*

Utiliza ondas de alta frequência para calcular a posição e a orientação do objeto sendo rastreado. Esse sistema pode ler as coordenadas de duas maneiras, sendo que na primeira tem-se como base o tempo que a onda transmitida demora para se chegar nos sensores em locais pré-fixados, e no segundo, além da onda gerada pelo

transmissor no objeto rastreado, os sensores geram outra onda, e tem-se como base a interferência das ondas geradas para localizar o objeto a ser rastreado. Esse sistema tem como desvantagem uma baixa taxa de atualização devido a dependência da velocidade do som e os possíveis fatores ambientais como temperatura, pressão e umidade.

2.3.2.2.4 Rastreamento Ótico

No rastreamento ótico o sistema utiliza a mesma visão do usuário, e através do sensor, estima-se a posição que o usuário está em relação ao objeto de interesse.

A partir do momento em que se tem todos os requerimentos em ordem é possível a implementação da RA, nela alguns aspectos são essenciais para uma boa performance do sistema. Uma delas é o registro correto dos dois mundos distintos (real e virtual) e manter a atualização da imagem em tempo real. Esse registro, do real e virtual tem influência de dois fatores, a precisão com que consegue determinar as imagens do mundo real e o tempo de atraso para projeção e atualização das imagens. A posição e orientação do usuário (câmera posicionada que captura o ponto de vista do usuário) em relação ao ambiente deve ser capturada com precisão, pois qualquer problema ou imprecisão dessa medida pode causar um erro no registro da imagem virtual com o ambiente real. Outro motivo para um erro de registro das imagens é o atraso de projeção do sistema, é considerado aceitável para uma performance em tempo real um ciclo mínimo de 0,1 segundos para a projeção de imagem.

Para que o sistema de RA seja constante, o sistema deve ter uma capacidade de renderização de pelo menos 10 vezes por segundo. Ou seja, a cada segundo o sistema deve ser capaz de projetar o mundo virtual no mundo real pelo menos 10 vezes (ZLATANOVA, 2002).

2.3.3 Como funciona a RA

Foram apresentados diversos componentes que formam diferentes modos para o funcionamento da RA. Para explicar como funciona da mesma, utiliza-se nessa seção o dispositivo acoplado ao usuário com uma tela de projeção em tempo real.

Inicialmente tem-se uma máquina com capacidade de processamento com um *software* de RA conectado a um dispositivo acoplado ao usuário que possui uma

câmera que captura imagens do mundo real através do ponto de vista de quem está utilizando o dispositivo. O *software* captura essas imagens e projeta para o usuário em sua tela, possibilitando a observação do ambiente real ao seu redor.

Após a ambientação do usuário no mundo real o *software* sobrepõe o componente virtual em 3-D na tela (previamente programado no sistema), que vai se ajustando em forma, direção e tamanho conforme o usuário se movimenta (PORTER E HEPPELMANN, 2017).

O sistema permite o usuário interagir com o objeto projetado, através dos rastreadores no usuário é possível dar comandos pré-programados da maneira que melhor se adequa a aplicação.

A RA tem um campo de atuação muito amplo e que está sendo utilizado como um dos pilares da quarta revolução industrial. Uma das áreas de atuação que tem explorado a aplicação da RA é o setor de desenvolvimento de produtos.

2.3.4 Benefícios e dificuldades na utilização da RA

2.3.4.1 *Benefícios da implementação da RA*

A associação entre ambiente virtual e real oferecida pela RA possibilita testar mudanças sem a necessidade de desenvolver protótipos físicos, reduzindo assim os custos e o tempo de implementação de novos projetos. Além disso, permite a orientação de processos dentro das indústrias e a visualização de detalhes em tempo real aumentando a eficiência produtiva. Pode também facilitar a visualização de desvios operacionais e prever falhas antes mesmo que elas ocorram.

Com a RA, a manutenção e reparo de equipamentos é muito mais eficiente e rápida, pois o técnico que irá fazer o reparo pode, por exemplo, consultar manuais, tutoriais e instruções em tempo real com mais facilidade durante a manutenção. Também, é possível transmitir informações claras em tempo real para um especialista que pode resolver o problema à distância, passando as instruções via RA.

Outro benefício é a capacidade de visualizar e analisar as características internas de um processo produtivo sem tirar a noção de realidade, pois a RA faz projeções sobrepostas ao ambiente real, o que facilita e torna mais eficiente o trabalho dos técnicos e diminui a chance de haver erros.

2.3.4.2 Dificuldades e limitações na implementação da RA

Apesar de não ser uma tecnologia tão recente, ainda existem limitações para o uso da RA, sendo as mais pertinentes relacionadas a utilização em percepção de profundidade, velocidade da conexão com as redes e sobrecarga de processamento.

A percepção de profundidade é uma das questões principais quando se tem o objetivo de o usuário interagir com o objeto virtual. Algumas pessoas solucionam esse problema utilizando duas telas, onde torna-se possível ter uma visão da realidade com a profundidade correta. (GONÇALVES, 2016)

Ao falar-se da velocidade da conexão com as redes tem-se algo essencial para todos os equipamentos, com exceção de casos que são conectados diretamente à banco de dados. A troca de informação, quando ocorre, pode ter diversas origens e fins, por isso a velocidade em que ocorrem são de extrema importância. (GONÇALVES, 2016)

Por fim, em relação a sobrecarga de processamento, podem ocorrer devido à baixa capacidade que o equipamento possui para processar ou excesso de informações sendo processada ao mesmo tempo, o que pode gerar de *delays* até perda de informações ou erros sistêmicos. (GONÇALVES, 2016)

Para a implementação da RA, não se pode deixar de lado o estudo da viabilidade econômica, uma vez que os altos investimentos - de tempo, em equipamentos e treinamentos - podem ser um dos fatores que impossibilitam sua aplicação caso a empresa não esteja preparada e tenha o conhecimento sobre essas necessidades.

2.4 APLICAÇÃO DA REALIDADE AUMENTADA NAS ATIVIDADES DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO.

O gerenciamento de projeto é baseado em 5 etapas: Iniciação, planejamento, execução, monitoramento e controle, e encerramento (Guia PMBOK, 2013). Os processos apresentados em cada etapa são diferentes e bem definidos, contudo, na prática, eles se adicionam e interagem entre si. Pode-se observar essa prática nas atividades de Pesquisa e Desenvolvimento, que tem seus processos estabelecidos nas etapas de planejamento, execução, monitoramento e controle. O seguinte estudo se concentrará na etapa de execução do desenvolvimento de um produto e como as tecnologias, em especial, a RA, pode ser explorada para melhorar esse processo.

Vários aspectos de um produto são verificados na etapa de desenvolvimento, como por exemplo: design, funcionalidade, durabilidade e confiabilidade. É de suma importância aplicar ferramentas que melhorem os resultados e análises durante a fase inicial, possibilitando dessa forma, uma rápida reação e modificação no projeto, caso haja a necessidade. A agilidade nessa etapa tem grande impacto sobre a qualidade, custo e o tempo para o lançamento do produto no mercado, fatores esses, que estão diretamente relacionados ao sucesso comercial do produto e, portanto, para a sobrevivência da empresa (BAXTER, 2000; ROZENFELD *et al.*, 2006; BACK *et al.*, 2008).

Para algumas avaliações é necessário a construção física de protótipos, e eles demandam custo e tempo, o que pode afetar de forma negativa a viabilidade do projeto. Em alguns casos, a utilização de protótipos virtuais tridimensionais já vem sendo utilizada para melhorar esses fatores (custo e tempo). Como exemplo, pode-se citar a montagem virtual de veículo (*digital mockup* - DMU), onde é possível identificar previamente as interferências que acarretam modificações no projeto, antes de ser iniciado o processo de prototipação física dos componentes (SCHÜTZER, Klaus; SOUZA, Nara Lucia, 1998).

Baseado nessa tendência de substituição dos protótipos físicos por modelos computacionais, justifica-se o estudo da aplicação da RA nos processos de desenvolvimento de produto.

Atualmente a RA é empregada de diversas formas no setor automotivo, algumas dessas aplicações estão listadas a seguir:

- a) *Head-up display* - Inspirado em aviões de caça o recurso projeta informações como: velocidade atual, giro do motor e até dados do navegador GPS no para-brisa para diminuir distração do motorista, conforme ilustra a Figura 7. O primeiro HUD chegou ao mercado no ano de 1988 com a marca GM.

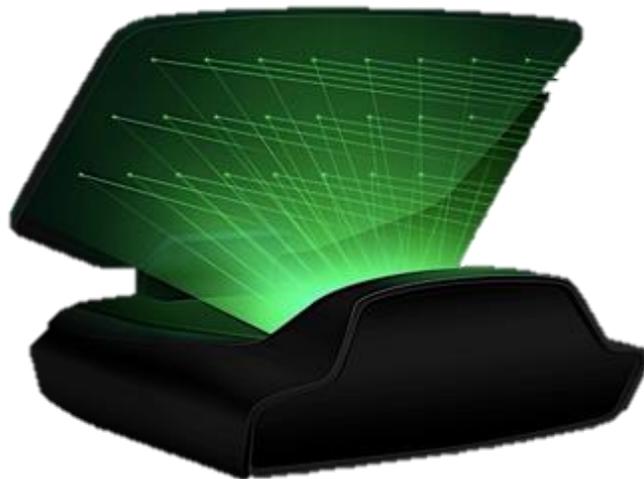
Figura 7 - Hudway Glass



Fonte: Hudway, 2020.

- b) Display holográfico para automóveis – sistema baseado na RA, possui sensores que captam o ambiente ao redor, que além de indicar a rota rastreia o veículo em tempo real. A proposta é uma melhoria do HUD existentes, conforme ilustra a Figura 8:

Figura 8 - True RA da Navion



Fonte: Wayray, 2020.

- c) Aplicativo de RA para ajudar no diagnóstico e execução de serviços de reparo dos veículos. Conforme ilustra a Figura 9:

Figura 9 - VW Marta - Mobile Augmented Reality Technical Assistance



Fonte: Volkswagen AG, 2020

- d) Óculos de RA para manutenção preventiva – eles possibilitam visualizar imagens com parâmetros e informações dos sensores de um determinado equipamento ou do processo produtivo. Permite que se atue com as mãos livres, tendo o suporte de áudio, vídeo e outros documentos que auxiliam o processo de manutenção, conforme ilustra a Figura 10:

Figura 10 - Óculos de realidade aumentada para manutenção preventiva



Fonte: Auto destaque, 2019

- e) RA espacial - um projetor é usado para mostrar dados virtuais em um modelo real, com essa tecnologia é possível fazer a projeção de várias variantes de projeto no modelo, conforme ilustra a Figura 11:

Figura 11 - Realidade aumentada espacial no processo de design de interiores



Fonte: Volkswagen AG, 2020.

- f) Headset Varjo XR-1 – tecnologia desenvolvida em parceria com a Volvo onde os objetos virtuais parecem sólidos e fotos realistas, além de projetar sombras na realidade de maneira uniforme em um campo de visão completo. É utilizado para avaliar protótipos, projetos e tecnologias de segurança ativa em um ambiente misto (mundo real e virtual). Conforme ilustra a Figura 12:

Figura 12 - Headset Varjo XR-1



Fonte: About Volvo Cars, 2019

- g) HoloLens da Microsoft - O HoloLens escaneia e mapeia o ambiente enquanto o engenheiro anda em torno de um carro real. Usando um computador apropriado e um dispositivo holográfico integrado, os óculos renderizam hologramas e imagens a partir do ângulo que o carro é visto. Conforme ilustra a Figura 13. Com a aplicação dessa tecnologia, os engenheiros podem mudar instantaneamente vários elementos do carro, como grade, espelhos, faróis e outros detalhes, que no sistema tradicional levariam semanas.

Figura 13 - HoloLens da Microsoft utilizado pela empresa FORD



Fonte: Ford Media Center, 2017

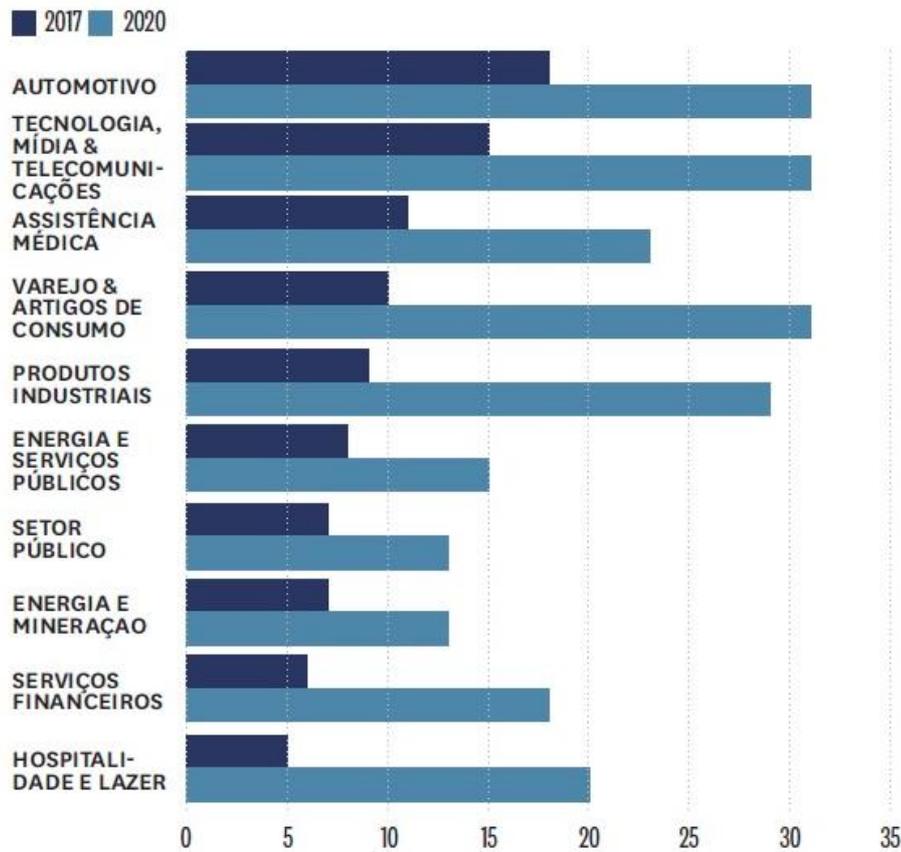
Baseado nos exemplos descritos, é possível concluir que apesar da disponibilidade da tecnologia de RA e de sua utilização em algumas empresas do ramo automotivo, essa tecnologia ainda não foi amplamente implementada no processo de desenvolvimento de produto.

Adicionalmente também foi verificada a dificuldade do processo de transformação digital das empresas, o que impacta diretamente na aplicação de novas tecnologias no processo de desenvolvimento. Uma matéria publicada pela revista EXAME, informa que apenas 30% das empresas conseguem de fato ultrapassar a fase de testes das soluções tecnológicas e implementá-las de maneira definitiva (BOMFIM,2019).

A implementação da indústria 4.0 é um fator de extrema importância dentro das organizações, e uma pesquisa realizada pela McKinsey aponta que a transformação digital atualmente está sob a responsabilidade dos CEO's (executivo chefe). Antes, o envolvimento dos CEO's se resumia a atualizações periódicas e informações em relação ao orçamento, porém, impulsionados pela transformação digital do século 21, eles são os principais incentivadores das transformações corporativas globais (SIEBEL, 2017).

No ano de 2017 foi feito um levantamento com o objetivo de identificar a porcentagem de executivos que estavam investindo substancialmente em RA e a porcentagem que pretendiam investir até 2020 (PORTER, 2017). O resultado desse levantamento pode ser observado na Figura 14:

Figura 14 - Realidade Aumentada no mundo real



FORTE: LEVANTAMENTO GLOBAL DIGITAL IQ DA PWC 2017, REALIZADO COM 2.216 EMPRESAS E EXECUTIVOS DE TI DE 53 PAÍSES.

Fonte: Porter e Heppelmann, 2017

Para se obter ganhos com a transformação digital é necessário estar atento a possíveis armadilhas relacionadas a questões culturais, disciplinares e de mentalidade que dificultam a implementação das novas tecnologias. Algumas dessas armadilhas estão detalhadas a seguir (ARORA, ARUN *ET AL*, 2016):

a) A transformação digital não precisa ser disruptiva

A adaptação — e não a reinvenção — pode gerar os melhores resultados (FURR, SHIPILOV, 2019).

As transformações digitais muitas vezes implicam em uma interrupção radical dos negócios, com altos investimentos em tecnologia e mudanças completas de canais físicos para virtuais. Em alguns casos, essa mudança está envolvida, porém, muitas vezes a transformação se dá em etapas incrementais.

O desafio, nesse caso, seria encontrar a melhor forma de atender as necessidades dos clientes - seja por meio de operações mais eficazes, seja

pela personalização em massa ou novos produtos e serviços - utilizando-se de ferramentas digitais.

A transformação digital não precisa necessariamente de uma reformulação na proposição de valor ou modelo de negócio adotado, pelo contrário, a chave do sucesso tem sido o foco nas necessidades do cliente. Dessa forma, passar ou não por uma disrupção depende da maneira com que se deseja atender o consumidor final (FURR, SHIPILOV, 2019).

b) Importância das pessoas

Um dos aspectos de suma importância para o sucesso da implementação das transformações digitais é a definição da equipe de trabalho. O primeiro passo seria identificar os problemas a serem resolvidos para depois seguir na busca efetiva dos respectivos talentos. Uma transformação digital em uma grande empresa pode exigir além de equipes dedicadas, a contratação de um executivo chefe para assuntos digitais – o CDO (ARORA AT AL, 2016)

O CDO é um “transformador chefe” e está encarregado pela coordenação e gerenciamento de mudanças, que envolve a maneira como a empresa trabalha até novos modelos de negócios (RICKARDS AT AL, 2015).

Outro fator importante é o engajamento da equipe que utilizará a nova tecnologia implementada, muitas vezes, os funcionários continuam por utilizar a antiga ferramenta de trabalho. Envolver os futuros usuários antes de decidir o que será feito e perguntar quais são os pontos problemáticos que a tecnologia pode ajudar a resolver é uma forma de melhorar a adoção da nova tecnologia. Na fase de treinamento é importante sempre reforçar o “por que” de se utilizar algo novo ao invés de focar no ensino da nova tecnologia (TYNAN, 2019).

c) Disciplina

Agilidade e rapidez são características básicas de organizações digitais, porém tamanha energia deve ser bem orientada para que se evite o caos. Esse é mais um fator que justifica a contratação de um CDO, uma vez que faz parte de suas atribuições examinar como a organização funciona e encontrar maneiras de injetar velocidade nos processos. Isso começa com a mudança de hábitos básicos, como liderança estratégica, reuniões semanais ou mesmo quinzenais para ajudar a incorporar a ideia de avançar em um ritmo mais rápido

garantindo um acompanhamento dos temas e tarefas (RICKARDS AT AL, 2015).

Disciplina não deve ser confundida com rigidez, manter um ambiente de trabalho flexível que permita mudanças em relação a recursos e pessoas no decorrer do projeto é necessário (ARORA AT AL,2016).

d) Execução solitária

Com a competição em um mundo sem fronteiras, os novos modelos de negócio consideram o relacionamento com um ecossistema de parceiros e distribuidores, diferente do que se tinha antes.

A abordagem de ecossistema entre parceiros e distribuidores auxilia no acesso a mercados, talentos, habilidades e tecnologias. Dessa forma, desenvolver juntamente com seus parceiros pode acelerar as atividades e customizar às suas necessidades os recursos já existentes no mercado. Uma etapa importante é conhecer detalhadamente as suas habilidades e vantagens, pois isso auxilia na busca pelos parceiros de negócio ideal a proposta a ser desenvolvida (ARORA AT AL,2016).

Baseado nesses fatores, a proposta desse trabalho pretende responder a seguinte pergunta: Quais os benefícios e os desafios da implementação da RA no processo de desenvolvimento de produto em uma empresa do setor automobilístico?

O contexto de Indústria 4.0 com a aplicação da tecnologia da RA e a forma como isso impacta na interação com o ambiente físico e virtual, está diretamente relacionado com a proposta de inovação constante da Indústria 4.0.

3. TRABALHO DE CAMPO

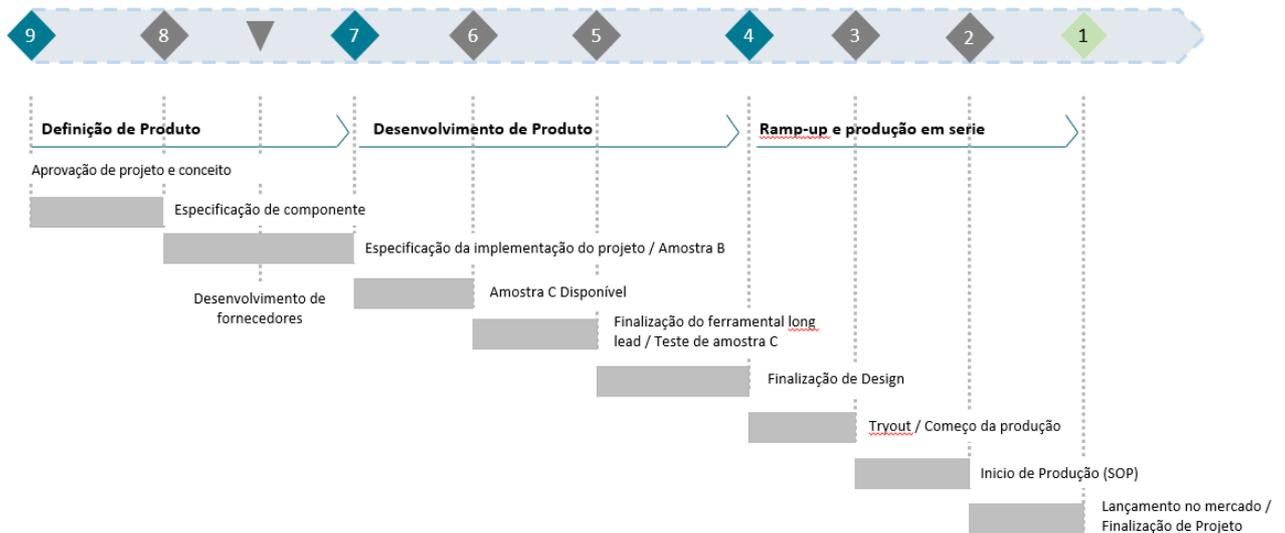
3.1 DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS EM UMA EMPRESA DO RAMO AUTOMOBILÍSTICO

A empresa X é uma marca alemã de automóveis e é a mais antiga empresa de automóveis e veículos comerciais do mundo. Sua história no Brasil teve início há 64 anos, quando em 1956 iniciou-se a produção de caminhões na planta situada na cidade de São Bernardo do Campo. Além dos setores produtivos, nessa mesma planta do ABC paulista, a empresa X conta também com um avançado Centro de Desenvolvimento Tecnológico (CDT).

O desenvolvimento de um novo produto na empresa X envolve diversas etapas, começando pelos estudos conceituais provenientes de uma necessidade identificada no mercado, *design* e testes dos novos componentes, industrialização, produção dos primeiros veículos até o lançamento do produto no mercado. Algumas dessas etapas estão sob responsabilidade do CDT, e serão descritas a seguir. No presente estudo, tem-se como base, um projeto de nacionalização de um veículo já disponível na Europa e que precisa ser adaptado para o mercado brasileiro.

Cada uma das etapas do projeto possuem uma série de requerimentos e entregas que devem ser realizados. No início do projeto, baseado no respectivo escopo, o gerente define quais etapas serão acompanhadas pelo time, bem como as principais entregas a serem cumpridas no final de cada uma delas. As atividades que estão sob responsabilidade do CDT são concentradas entre as etapas 9 até a 4 e são divididas em duas grandes fases: determinação e definição do produto e desenvolvimento do produto, conforme a Figura 15.

Figura 15 - Fluxograma do processo



Fonte: Autor

A fase de determinação e definição do produto ocorre entre as etapas 9 e 7 onde as principais atividades e entregas são:

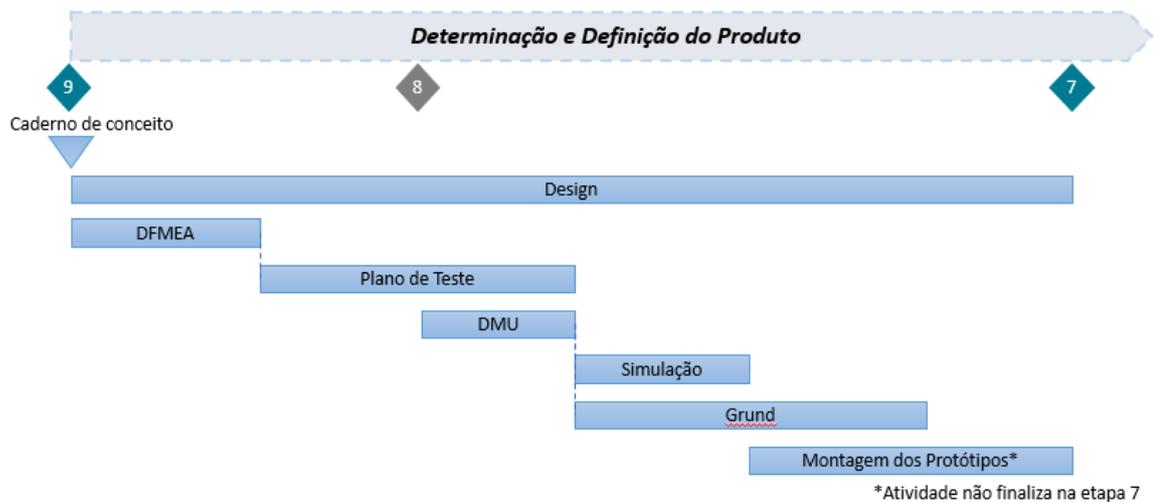
Etapa 9 – a engenharia avalia a viabilidade técnica do conceito, (geometria, tecnologia, inovação, legislação etc.), com base no conjunto de premissas e visão do produto. A principal entrega é o caderno de conceito com as especificações que devem ser seguidas nas demais etapas do desenvolvimento.

Etapa 8 – são avaliadas as especificações técnicas para cada componente. Uma vez que o conceito já foi disponibilizado é feita a análise dos efeitos e modos de falha para o projeto (DFMEA) que será utilizado como base para o detalhamento e definição dos testes, com as quantidades de amostras que deverão ser validadas, onde os testes devem ser feitos (veículo, teste em bancada e país), e qual a porcentagem de durabilidade esperada para as liberações finais dos componentes. Os testes de homologação também são detalhados nessa etapa levando em consideração a legislação dos países onde se pretende comercializar o veículo. Também é definido o nível de confiabilidade esperada (taxa de falha) durante os testes, e as metas de vida nas especificações de requisitos de componentes.

Etapa 7 – é feita a montagem virtual do veículo (DMU), uma vez que o conceito dos principais componentes já está disponível ou em fase final de projeto. Com base no DMU são feitas as simulações para conferir a durabilidade do projeto. Alguns componentes são validados apenas através dessas simulações e cálculos. O DMU

também serve como base para a primeira montagem física do veículo, conhecida como *Grundsatz Bemusterung* (Grund), do alemão, princípios de amostragem, onde são definidos os *layouts* pneumáticos / *layout* do chicote elétrico, e feitas as primeiras avaliações de montabilidade para verificar possíveis interferências que não são identificadas apenas na montagem virtual. Nessa etapa também é dado início à montagem dos protótipos que serão utilizados para validação dos componentes de acordo com o especificado no plano de testes, conforme a Figura 16:

Figura 16 – Etapas da fase 1: determinação e definição do produto



Fonte: Autor

A fase de desenvolvimento do produto ocorre entre as etapas 6 e 4 onde as principais atividades são:

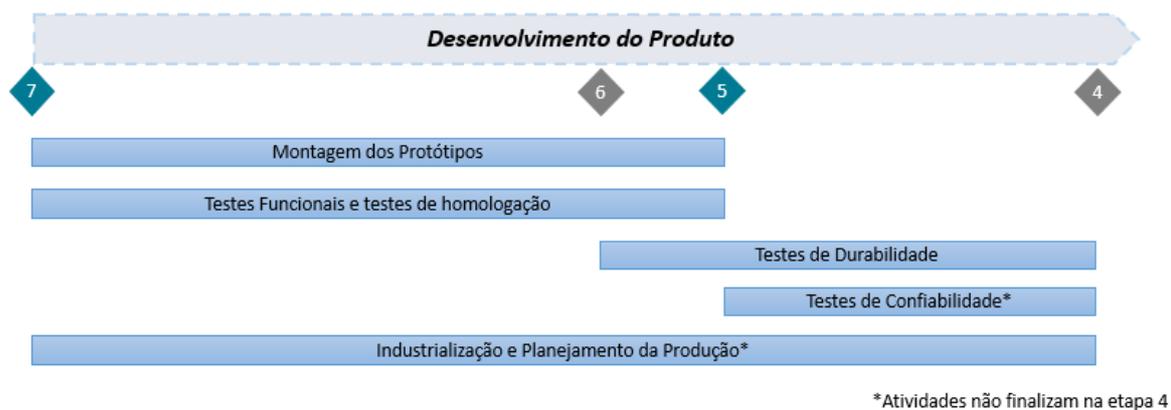
Etapa 6 – testes funcionais são iniciados com o objetivo de verificar se os componentes estão funcionando corretamente. Com base no resultado desses testes e do resultado das simulações e cálculos, se necessário são feitas melhorias no projeto dos componentes. O processo de industrialização e definição de fornecedores é iniciado com base nessas informações. Nessa etapa é iniciada a montagem dos veículos que serão direcionados para o teste de durabilidade dos componentes e veículo completo.

Etapa 5 – os testes funcionais são finalizados e os veículos são direcionados para os testes de homologação que ainda não foram realizados. Os testes de durabilidade são iniciados. Com base nos resultados dos testes o processo de registro

de falhas e definição de soluções e melhorias são coordenados também dentro do departamento de engenharia.

Etapa 4 – essa é conhecida como a etapa final de projeto dentro da engenharia, pois é nela que as liberações finais devem ser concluídas. Os principais testes de durabilidade são concluídos com a maturidade necessária para a aprovação do conceito proposto no QG9, conforme a Figura 17:

Figura 17 – Etapas da fase 2: desenvolvimento do produto



Fonte: Autor

Nas próximas etapas ainda temos a engenharia envolvida em atividades importantes para a conclusão do projeto, como por exemplo: envio dos relatórios de homologação para os órgãos certificadores do governo; os testes de confiabilidade continuam rodando bem como a solução das falhas identificadas. Porém, é no final da etapa 4 que o projeto é entregue para conclusão da industrialização e início dos testes de produção.

3.1 SITUAÇÃO ATUAL VERSUS SITUAÇÃO PROPOSTA

Na primeira fase do desenvolvimento, determinação e definição do produto, tem-se a sequência de atividades apresentada na Figura 18.

Figura 18 - Situação Atual



Fonte: Autor

A *grund*, ou *grundsatzbemusterung*, é a primeira montagem física que se tem do veículo, e é importante pois é utilizada para definir os *layouts* pneumáticos, *layout* de cabo de bateria, chicote elétrico e verificação de montabilidade, onde algumas interferências que não são perceptíveis no modelo virtual, são identificadas, principalmente de componentes como tecalons e chicotes. Após essas atividades serem concluídas o veículo não é utilizado pela engenharia em outra etapa do processo de desenvolvimento.

A proposta deste estudo é substituir a primeira montagem física do veículo (*Grundsatzbemusterung*) pela Realidade Aumentada. Dessa forma, após a montagem virtual do carro no DMU é possível projetá-la em realidade aumentada. Assim, todas as definições de *layout* serão realizadas no modelo virtual, enquanto as verificações de montabilidade e interferências serão realizadas posteriormente junto com a montagem do veículo funcional, que será utilizado pela engenharia para a realização de testes. Dessa forma, seria possível eliminar uma das primeiras etapas do processo, conforme a Figura 19.

Figura 19 - Situação Proposta



Fonte: Autor

3.2 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTAÇÃO E RECURSOS NECESSÁRIOS

As possibilidades de aplicação da RA são muito amplas, fazendo-se necessário um estudo das possíveis aplicações na área em questão. Portanto, baseado na fundamentação teórica e nas análises do processo de desenvolvimento de produto utilizados na empresa X, definiram-se três pacotes de implementação, sendo eles:

- Pacote 1 – Estático

A partir da disponibilidade do DMU já atualizado na última versão de acordo com o que foi solicitado no caderno de conceitos, desenvolve-se o modelo em escala 1:1 do veículo virtual para projeção em RA nas plataformas PC e mobile – IOS (utilizando-se o servidor local da empresa X, uma vez que os projetos são todos confidenciais e não podem, portanto, ser divulgados antes do lançamento oficial). A partir do modelo em RA é feita a definição dos *layouts* elétricos e pneumáticos que servirão de base para as liberações e desenvolvimentos posteriores. Também será feita uma verificação estática das interferências e atritos que podem não ter sido identificadas apenas no DMU.

- Pacote 2 – Dinâmico

Com o veículo já disponível em RA uma segunda aplicação possível seria a realização das verificações dinâmicas dos componentes. Para tal tarefa é necessário definir os parâmetros desejados da simulação mediante a real aplicação do projeto.

- Pacote 3 – *Show Room*

A proposta é utilizar o *show room* para apresentações do veículo em RA dentro de uma sala de projeção em tamanho real. Com essa aplicação as possibilidades são diversas. Além da apresentação do *design* do veículo é possível verificar os sistemas em visões fantasmas (quando deseja-se ver apenas sistemas específicos do veículo sendo possível desabilitar a apresentação do restante do veículo), mostrar funcionalidades pré-programadas como abertura de portas, funcionamento do painel, entre outros.

Atualmente a empresa X não possui conhecimento na tecnologia para desenvolver as aplicações em RA. Portanto, para a implementação dos referidos pacotes a melhor opção seria contratar uma empresa parceira especializada em tecnologias, como a RA.

Com base nessas premissas foram contatadas as empresas Y e Z, ambas com mais de 30 anos de experiência em suporte ao desenvolvimento de produto no mercado automobilístico e que já possuem um portfólio de RA em seus serviços oferecidos. As referidas empresas já prestaram serviços para a empresa X e conhece bem os seus processos internos, bem como as ferramentas utilizadas no desenvolvimento do produto, o que facilita o entendimento e desenvolvimento dos trabalhos.

Após a apresentação dos pacotes de implementação à empresa Y, esta forneceu os respectivos prazos e custos para a conclusão dos desenvolvimentos solicitados:

- Pacote 1 – dentro de 60 dias o veículo estaria disponível em RA e 15 dias depois os relatórios com as informações do *layout* elétrico e pneumático. A empresa Y informou que após o primeiro modelo do veículo pronto, as demais variantes e adaptações estariam disponíveis

em até 15 dias. Os custos envolvidos na implementação desse pacote é R\$ 100.000,00.

- Pacote 2 – Com base no desenvolvimento do pacote 1, os resultados das simulações virtuais dinâmicas estariam disponíveis em 65 dias. Os custos envolvidos na implementação desse pacote é R\$ 108.000,00.
- Pacote 3 – Já as aplicações para *show room*, também baseado no desenvolvimento no pacote 1, estariam disponíveis em 70 dias. Os custos envolvidos na implementação desse pacote é R\$ 118.000,00.

Após a apresentação dos pacotes de implementação à empresa Z, esta mostrou o que já tem desenvolvido em realidade virtual para a empresa X e recomendou a aplicação dessa tecnologia ao invés da RA devido as facilidades quanto ao seu desenvolvimento. Os custos envolvidos para a aplicação da RV e RA não foram informados.

Figura 20 – Experiência em Realidade Virtual



Fonte: Autor

Em RV já foi possível visualizar em um ambiente totalmente projetado, o veículo e todos os detalhes de seus componentes, sendo possível através do desenvolvimento de algumas ferramentas testar diferentes componentes, definir novas posições e verificar possíveis interferências. É importante ressaltar que a projeção do veículo foi baseada no DMU, mesmos arquivos que foram sugeridos neste trabalho para se utilizar como base para a aplicação em RA.

3.2.1 Caso de negócio

A partir da premissa de que a empresa X não tem o conhecimento da tecnologia em questão e não tem o interesse em desenvolvê-lo a curto prazo, os custos e tempos informados pela empresa Y inclui o pacote de prestação de serviços englobando todo o desenvolvimento do veículo na plataforma RA, bem como uma proposta de posição para os *layouts* pneumáticos e elétricos.

Tendo como ponto de partida o que foi definido no Pacote 1 (Estático) e comparando-o com uma situação real aplicada atualmente nos projetos da empresa

X, o ganho em relação ao tempo necessário para a definição dos *layouts* elétricos e pneumáticos é de aproximadamente 58%, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.:**

Figura 21 - Cronograma de implementação - Pacote 1



Fonte: Autor

Compararam-se os custos envolvidos com a montagem de um veículo físico (protótipo) com os custos da empresa parceira os ganhos relacionados aos custos identificados são de aproximadamente 80%, conforme Figura 22:

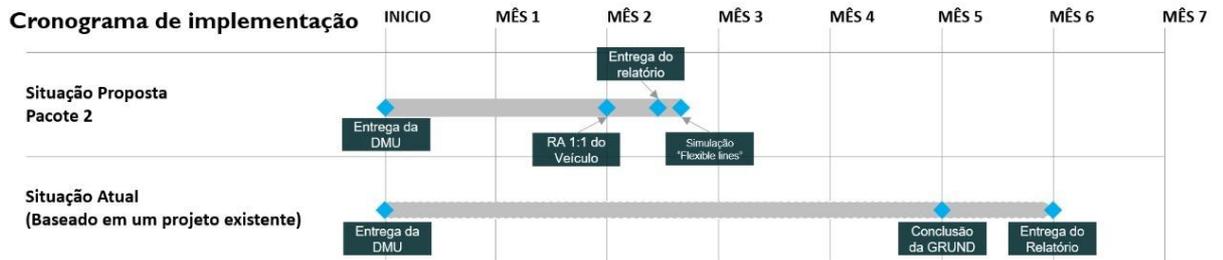
Figura 22 – Comparativo de Custo – Pacote 1



Fonte: Autor

Os mesmos comparativos foram realizados também para o pacote 2, o ganho em relação ao tempo necessário para a definição dos *layouts* elétricos e pneumáticos é de aproximadamente 55%, conforme **Erro! Fonte de referência não encontrada.3:**

Figura 23 - Cronograma de implementação - Pacote 2

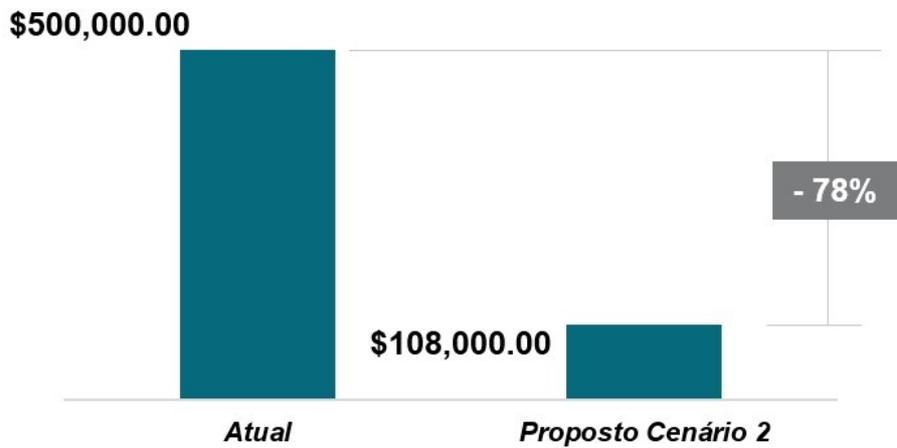


Fonte: Autor

Os ganhos relacionados aos custos identificados são de aproximadamente 78%, conforme Figura 224.

Figura 24 - Comparativo de Custo – Pacote 2

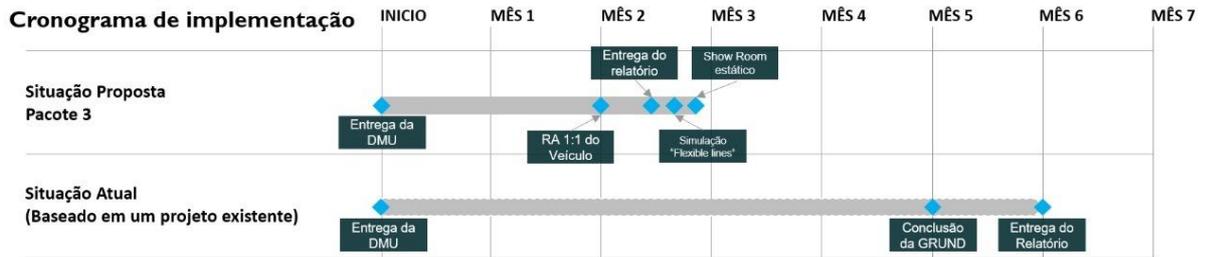
Comparativo de Custo



Fonte: Autor

Relacionado ao pacote 3, o ganho em relação ao tempo necessário para a definição dos *layouts* elétricos e pneumáticos é de aproximadamente 51%, conforme Erro! Fonte de referência não encontrada.5:

Figura 25 - Cronograma de implementação - Pacote 3



Fonte: Autor

Os ganhos relacionados aos custos identificados são de aproximadamente 76%, conforme Figura 226.

Figura 26 - Comparativo de Custo – Pacote 3



Fonte: Autor

É importante ressaltar que o valor de um veículo protótipo varia muito de acordo com sua complexidade. Nas análises realizadas, foi considerado um valor médio dos custos a partir do veículo mais simples até o mais complexo.

3.3 LIMITAÇÕES NA IMPLEMENTAÇÃO DA RA

Foram identificadas dificuldades que podem tornar inviável a aplicação da RA.

Primeiramente, a empresa X não possui o conhecimento necessário para a criação das aplicações, e uma das formas para obter sucesso com a utilização da RA é possuir pessoas capacitadas e dedicadas dentro da empresa, como um CDO que será responsável por toda coordenação e mudanças. Por não possuir uma equipe dedicada a esse tema, se faz necessária a contratação de uma empresa parceira. Ao manter isso fora de seu escopo, a empresa X precisa manter o engajamento de sua equipe, treinando-a, mostrando a importância e os ganhos que todos (colaboradores e empresa) terão com a nova ferramenta.

Outra limitação é a viabilidade econômica para que seja realizada a contratação de uma empresa parceira e que os 3 pacotes de implementação sugeridos sejam implementados. A empresa X deve realizar um estudo analisando os custos e o tempo de projeto essenciais para que seja viável a instalação da tecnologia e comparar com os custos e tempo de projeto que possui com o processo atual. Ao final, é possível decidir se as sugestões estão de acordo com o que a empresa X pode prover de recursos.

Apesar da empresa X já possuir outros processos que utilizem a tecnologia da RA, e ter componentes técnicos que suportem a aplicação, garantir boas conexões com as redes e bons processadores é importante para que não ocorram falhas e mau desempenho no *software*.

3.3.1 Limitações Encontradas na Empresa X

Na empresa X a RA já vem sendo aplicada em alguns departamentos como o Pós-Venda e na Manufatura (setor produtivo), todas elas com o apoio de empresas especializadas no desenvolvimento, aplicação e suporte da tecnologia. O grupo entrou em contato com os responsáveis para entender quais foram as principais dificuldades identificadas durante a implementação. Os principais fatores explanados foram:

- a) Parceiro de trabalho – como identificado no referencial teórico como uma possível armadilha na implementação de iniciativas tecnológicas, a escolha do parceiro de negócio ideal foi pontuada como um desafio. Como a RA não é uma tecnologia recente, existem várias empresas no ramo com diversos focos de aplicação. A busca pela empresa que realmente compreenda o desejo do cliente e que o auxilie apresentando propostas de soluções mais

simples é uma das etapas que mais demanda tempo no processo da implementação da RA.

- b) Definição das melhores ferramentas de *software* e *hardware* a serem utilizadas, considerando também o orçamento disponível para o projeto. Nem sempre o equipamento mais caro disponível no mercado será o que vai melhor atender as expectativas do cliente. Nessa fase o parceiro de negócio assume um papel muito importante como um especialista na tecnologia em questão para apresentar as ferramentas que melhor se adaptem ao problema.
- c) Envolvimento da Liderança – outro ponto identificado no referencial teórico foi a importância da atuação dos CEO's nesse processo. Como atualmente o envolvimento da liderança é mais solicitado, caso eles não apoiem a implementação das iniciativas o processo fica moroso.

3.4 RESULTADOS OBTIDOS NA EMPRESA X

No ano de 2020, foi realizada a primeira edição de uma competição interna no departamento de desenvolvimento de produto da empresa X, que tinha como escopo a inscrição de ideias que agregassem valor ao cliente (podendo envolver tecnologia, produto e serviços), ou ideias que entreguem ganho de eficiência nos processos de engenharia.

A competição foi realizada em 3 etapas, sendo elas:

Fase I - triagem das propostas recebidas – ao total foram inscritas 13 ideias.

Fase II - votação entre os colaboradores do setor de desenvolvimento – a ideia presente nesse referido trabalho ficou entre as 10 mais votadas e foi classificada para a fase III;

Fase III - apresentação das 10 ideias para o comitê avaliador, composto por diretores do setor de desenvolvimento de produto, gestores e um responsável do setor financeiro para avaliar a viabilidade da ideia apresentada.

O referido trabalho ficou em 2º lugar na competição, o que demonstra a real intenção da empresa X em aplicar essa iniciativa em seus processos.

4. CONCLUSÃO

A pesquisa deste trabalho teve como objetivo avaliar os impactos da implementação da realidade aumentada como parte do processo de desenvolvimento de novos produtos em uma empresa do setor automobilístico. Para esta análise, foi utilizada uma pesquisa qualitativa, baseada em mapeamento de processos, identificação de fatores determinantes para aplicação da RA e análise da aplicação da ferramenta visando os benefícios e dificuldades da implementação da tecnologia.

Sabe-se que o processo de desenvolvimento de produtos é de extrema importância dentro das organizações, principalmente por estar diretamente relacionado com a estratégia de negócios das empresas. Ao analisar o caso da empresa X, foram identificadas oportunidades no processo em que seria possível a implementação de ferramentas para melhoria nos resultados existentes, e nesse caso, a ferramenta escolhida foi a RA.

Uma vez que a empresa X não tem a intenção de desenvolver o conhecimento da referida tecnologia, a contratação de um parceiro de negócio é uma das opções para que a implementação seja possível. Mediante isso, ao receber os orçamentos foi possível identificar, apenas com o pacote 1 (estático), um ganho de 58% no tempo para definição dos layouts elétricos e pneumáticos, além do benefício que essa implementação trará para empresa de uma redução de 80% nos custos.

Contudo, identificou-se possíveis dificuldades no processo de implementação da RA. Entre elas, é fundamental que o parceiro de negócio ideal seja definido conforme os objetivos do trabalho e da empresa. Como existem diversas empresas do ramo no mercado, é necessário encontrar aquela que atenda às necessidades do cliente e apresente soluções mais simples. Além disso, poderá haver dificuldades na definição das melhores ferramentas de *hardware* e *software* com a adequação dos respectivos custos aos recursos disponíveis. Por fim, é importante a atuação dos líderes no processo. Caso os CEO's não apoiem a implementação, o processo pode se tornar moroso.

Diante disso, conclui-se que a aplicação da RA no processo de desenvolvimento de produto além de ser possível é viável, mediante à redução de custo e tempo que foram identificados no processo.

REFERÊNCIAS

ARORA, Arun et al. **A CEO guide for avoiding the ten traps that derail digital transformation**. 2016

BACK N., OGLIARI A., DIAS A., SILVA J. C. Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem. Manole, 2008.

BAXTER M. A Practical Guide to systematic methods of new product development. 2. ed. Edgard Blucher, 2000.

Bessant, John.; Tidd Joe. Inovação e Empreendedorismo. Bookman, 2019. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=lang_pt&id=mV6kDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=inova%C3%A7%C3%A3o&ots=NI8CayMQaB&sig=ERAKcWMxtuK6BeXUInied0u9xbc#v=onepage&q&f=false> Acesso em: 21 abril 2020.

BOMFIM, Murilo. Como engatar a quarta marcha na indústria. Revista EXAME, 2019. Disponível em: <<https://exame.abril.com.br/revista-exame/como-engatar-a-quarta-marcha-2/>> Acesso em: 19 abril 2020.

FORD AMPLIA O USO DA TECNOLOGIA DE REALIDADE MISTA NO DESIGN DE CARROS COM ÓCULOS HOLOLENS DA MICROSOFT. Ford Media Center, 2017. Disponível em: <<https://media.ford.com/content/fordmedia/fsa/br/pt/news/2017/09/21/ford-amplia-o-uso-da-tecnologia-de-realidade-mista-no-design-de-.html>>. Acesso em 12 de maio 2020

FURR, Nathan; SHIPILOV, Andrew. **A transformação digital não precisa ser disruptiva**. Harvard Business Review, 2019. Disponível em: <<https://hbrbr.uol.com.br/a-transformacao-digital-nao-precisa-ser-disruptiva/>>. Acesso em: 19 abril 2020

GONÇALVES, Hugo Meireles Dantas. A interação de ferramentas Lean com a Realidade Aumentada – Estudo Exploratório, 2016. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/9517/1/5161_10259.pdf>. Acesso em: 31 de outubro de 2020.

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. **Design principles for industrie 4.0 scenarios**. In: System Sciences (HICSS), 2016 49th Hawaii International Conference on. IEEE, 2016. p. 3928-3937.

HUDWAY. Disponível em: <<https://hudway.co/glass>>. Acesso em: 14 abril 2020

Indústria 4.0 já é realidade na fábrica da Mercedes-Benz em São Bernardo do Campo (SP). Auto Destaque, 2019. Disponível em: <<http://www.autodestaque.net.br/mercedes-benz-investe-em-industria-4-0/>>. Acesso em 02 maio 2020

KAGERMANN, Henning et al. **Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0: Securing the future of German manufacturing industry; final report of the Industrie 4.0 Working Group.** Forschungsunion, 2013.

Milgram, P., H. Takemura, A. Utsumi and F. Kishino, 1994, Augmented Reality: A class of displays on reality- virtuality continuum, in: Proceedings of SPIE Vol. 2351, Telem Manipulation and Telepresence technologies, 31 October 4 November, Boston, USA, pp. 282-292

Milgram, P., Kishino, F., "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Display", IEICE Transactions on Information Systems special issue on Networked Reality, Dec, 94.

OECD/Eurostat (2018), Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg. Disponível em: <<https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>> Acesso em: 21 abril 2020.

Pensando Bem – Alexander Graham Bell, 2019. Disponível em:<<http://portalemfoco.com.br/pensando-bem-alexander-graham-bell/>>. Acesso em: 15 novembro 2020.

PORTER, Michael E.; HEPPELMANN, James E. Augmented Reality in the Real World, Harvard Business Review, 2017.

PORTER, Michael E.; HEPPELMANN, James E. **How Does Augmented Reality Work?** Harvard Business Review, 2017.

PORTER, Michael E.; HEPPELMANN, James E. **Realidade aumentada no mundo real.** Harvard Business Review, 2017. Disponível em: <<https://hbrbr.uol.com.br/realidade-aumentada-no-mundo-real/>>. Acesso em: 19 abril 2020

PORTER, Michael E.; HEPPELMANN, James E. **Why Every Organization Needs an augmented Reality Strategy.** Harvard Business Review, 2017.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)** Quinta Edição, 2013.

RIATO, Giovanna. Ford usa realidade aumentada para ganhar eficiência no pós-venda. AUTOMOTIVE BUSINESS, 2019. Disponível em: <<http://www.automotivebusiness.com.br/inovacao/338/ford-usa-realidade-aumentada-para-ganhar-eficiencia-em-servicos-na-rede>>. Acesso em 15 abril 2020

RICKARDS, Tuck.; SMAJE, Kate.; SOHONI, Vik. **‘Transformer in chief’: The new chief digital officer.** 2015

ROZENFELD H., FORCELLINI F., AMARAL D., ET. AL. Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo. Saraiva, 2006.

RÜßMANN, M.; LORENZ, M.; GERBERT, P.; WALDNER, M.; JUSTUS, J.; ENGEL, P.; HARNISCH, M. **Industry 4.0: The future of productivity and growth in manufacturing industries**. Boston Consulting Group, v. 9, 2015. Disponível em: <https://www.bcg.com/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx>. Acesso em: 21 abril 2020

SCHÜTZER, Klaus; SOUZA, Nara Lucia. Tendência do desenvolvimento de produto na indústria automobilística, 1998 – Biblioteca Abepro. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART229.pdf>. Acesso em 04 maio 2020.

SCHWAB, K. *The Fourth Industrial Revolution*. Nova York: Crown Business, 2017.

SIEBEL, Thomas M. **Why digital transformation is now on the CEO's shoulders**, 2017.

TIGRE, Paulo Bastos. **Gestão da Inovação: A economia da Tecnologia no Brasil** 2. ed. Elsevier, 2014.

TYNAN, Dan. **8 erros que estão atrasando a transformação digital da sua empresa**. 2019. Disponível em: <<https://computerworld.com.br/2019/02/04/8-erros-que-estao-atrasando-a-transformacao-digital-da-sua-empresa/>> Acesso em 13 maio 2020

Using augmented and virtual reality for the best Volvo cars possible. About Volvo Cars, 2019. Disponível em: <<https://group.volvocars.com/news/future-mobility/2019/varjo-collaboration>>. Acesso em: 26 de maio de 2020.

Volkswagen AG. Virtual Technologies. Volkswagen AG. Disponível em: <<https://www.volkswagenag.com/en/group/research/virtual-technologies.html>>. Acesso em 02 maio 2020

WAYRAY. Disponível em: <<https://wayray.com/navion>>. Acesso em 14 abril 2020

ZLATANOVA, Dr. Dipl. Ing. S. AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY. 2002. 75 f. Section GIS technology, Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Thijsseweg.