

**EXPERIMENTO DE REALIDADE AUMENTADA PARA CAPACITAÇÃO  
PROFISSIONAL**

**AUGMENTED REALITY EXPERIMENT FOR PROFESSIONAL TRAINING**

**EXPERIMENTO DE REALIDAD AUMENTADA PARA LA FORMACIÓN  
PROFESIONAL**

Pablo Fernando Lopes

Mestre em Engenharia e Gestão de Processos e Sistemas pelo Instituto de Educação Tecnológica. Pós-Graduação em Gerenciamento Empresarial e Gestão de Pessoas pelo CESG - Centro de Ensino Superior de São Gotardo

pfl.lopes@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-3477-0252>

Fernando Haddad Zaidan

Doutor em Ciência da Informação pela UFMG . Mestre em Administração pela FUMEC. Analista de sistemas e programador de computadores pela UFMG.

contato@fernandozaidan.com.br

<https://orcid.org/0000-0001-5715-5562>

José Luis Braga

Doutor em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro . Professor Orientador no Mestrado do Instituto de Educação Tecnológica

zeluisbraga@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-1068-7008>

Fabrcio Martins Mendonça

Doutor em Ciência da Informação pela UFMG. Professor Adjunto do Departamento de Ciência da Computação da UFJF e Coordenador do Curso de Ciência da Computação Diurno da UFJF

fabriciomendonca@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8156-8607>

Editor Científico: José Edson Lara  
Organização Comitê Científico  
Double Blind Review pelo SEER/OJS  
Recebido em 10.05.2021  
Aprovado em 13.03.2022



Este trabalho foi licenciado com uma Licença Creative Commons - Atribuição – Não Comercial 3.0 Brasil

## RESUMO

**Objetivo:** o objetivo do presente estudo é investigar, via experimento, como a realidade aumentada (RA) pode ser empregada para adaptar um sistema produtivo, proporcionando capacitação profissional.

**Metodologia:** desenvolveu-se uma pesquisa qualitativa do tipo descritiva, a qual considerou a existência de uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito pesquisado. Também é adotado uma natureza quantitativa, pois traduz em números as informações para classificá-las e organizá-las. O delineamento de pesquisa utilizado é o experimental, para observar os efeitos das variáveis no objeto de estudo. A coleta de dados utilizada é a observação direta e extensiva, através da análise dos resultados do experimento que serão comparados com a realidade utilizada no meio industrial.

**Originalidade:** devido ao número baixo de publicações comparativas entre métodos tradicionais de treinamento com métodos utilizando a RA, que esse estudo apresenta a implementação de um modelo de trabalho que adota a RA para melhorar a qualificação profissional e os processos produtivos.

**Principais Resultados:** os resultados demonstram que o método proposto é mais efetivo para a capacitação profissional do que os métodos tradicionais.

**Contribuições teóricas:** foi comprovado que a utilização de recursos tecnológicos capacita as pessoas em qualquer atividade, melhorando o desempenho, além de ter como consequência um processo mais econômico.

**Contribuições sociais:** este estudo proporcionou enxergar as inúmeras possibilidades da aplicação dos recursos tecnológicos, para melhorar as condições das atividades laborais, trazendo comodidade, conforto, resolvendo problemas, promovendo capacitação profissional e aprimoramento habilidades pessoais.

**Palavras-chave:** Realidade Aumentada, RA, Capacitação Profissional, Treinamento.

## ABSTRACT

**Objective:** the objective of the present study is to investigate, via experiment, how augmented reality (AR) can be used to adapt a production system, providing professional training.

**Methodology:** a descriptive qualitative research was developed, which considered the existence of a dynamic relationship between the real world and the researched subject. A quantitative nature is also adopted, as it translates information into numbers to classify and organize it. The research design used is experimental, to observe the effects of variables on the object of study. The data collection used is direct and extensive observation, through the analysis of the results of the experiment that will be compared with the reality used in the industrial environment.

**Originality:** due to the low number of publications comparing traditional training methods with methods using AR, this study presents the implementation of a work model that adopts AR to improve professional qualification and production processes.

**Main Results:** the results demonstrate that the proposed method is more effective for professional training than traditional methods.

**Theoretical contributions:** it has been proven that the use of technological resources empowers people in any activity, improving performance, in addition to resulting in a more economical process.

**Social Contributions:** This study provided a view of the numerous possibilities of applying technological resources to improve the conditions of work activities, bringing convenience, comfort, solving problems, promoting professional training and improving personal skills.

**Keywords:** Augmented Reality, FROG, Professional Training, Training.

## RESUMEN

**Objetivo:** el objetivo del presente estudio es investigar, a través de la experimentación, cómo se puede utilizar la realidad aumentada (AR) para adaptar un sistema de producción, brindando capacitación profesional.

**Metodología:** se desarrolló una investigación cualitativa descriptiva, que consideró la existencia de una relación dinámica entre el mundo real y el sujeto investigado. También se adopta un carácter cuantitativo, ya que traduce la información en números para clasificarla y organizarla. El diseño de investigación utilizado es experimental, para observar los efectos de las variables sobre el objeto de estudio. La recolección de datos utilizada es la observación directa y extensiva, a través del análisis de los resultados del experimento que serán comparados con la realidad utilizada en el ambiente industrial.

**Originalidad:** debido al bajo número de publicaciones que comparan los métodos tradicionales de formación con los métodos que utilizan AR, este estudio presenta la implementación de un modelo de trabajo que adopta AR para mejorar la calificación profesional y los procesos de producción.

**Principales Resultados:** los resultados demuestran que el método propuesto es más efectivo para la formación profesional que los métodos tradicionales.

**Aportes teóricos:** se ha comprobado que el uso de recursos tecnológicos empodera a las personas en cualquier actividad, mejorando el desempeño, además de resultar en un proceso más económico.

**Contribuciones Sociales:** Este estudio brindó una visión de las numerosas posibilidades de aplicar los recursos tecnológicos para mejorar las condiciones de las actividades laborales, brindando comodidad, confort, solución de problemas, promoviendo la formación profesional y mejorando las habilidades personales.

**Palabras clave:** Realidad Aumentada, RANA, Capacitación profesional, Capacitación.

## 1 INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia da informação e comunicação (TIC) está mudando drasticamente a sociedade e a indústria; isso é percebido através das inovações que despontam a cada momento (Fukuyama, 2018 e Shiroishi, Uchiyama & Suzuki, 2019).

Neste cenário, destaca-se a força do mundo da computação, impulsionada pela transformação digital, que está criando novos valores para o desenvolvimento dos negócios e da sociedade, proporcionando o avanço da produtividade e bem-estar das pessoas. Para isso, a criação das novas tecnologias, como por exemplo a Internet das coisas (*IoT*), Dados

Aumentados (*Big Data*), Cidade Inteligente (*Smart Cities*), Robótica (*Drone*), Inteligência Artificial (AI), Realidade Aumentada (RA), dentre outros, foram de fundamental importância (Shiroishi, Uchiyama & Suzuki, 2018).

Dentre essas tecnologias, destaca-se a RA, que promove uma interação entre um ambiente real e o virtual. A RA permite visualizar objetos virtuais tridimensionais em um ambiente real, através de dispositivos tecnológicos (Gavish *et al.*, 2015).

Onday (2019) descreve que, com o surgimento de novas tecnologias, vários negócios serão perdidos, portanto uma adaptação a esta realidade se faz necessário, através de ferramentas de treinamentos para capacitação profissional.

Buscando a adaptação da produção à esta realidade, fazendo uma junção com as novas ferramentas tecnológicas, para melhor gerir os sistemas produtivos é que o presente trabalho apresenta o problema da seguinte pesquisa: *A Realidade Aumentada pode adaptar um sistema produtivo para proporcionar capacitação profissional?*

Levando em consideração o contexto exposto anteriormente, somado à existência de um número baixo de publicações comparativas entre métodos tradicionais de treinamento com métodos utilizando a RA (Gavish *et al.*, 2015), este trabalho se justifica por apresentar a implementação de uma metodologia capaz de melhorar a qualificação profissional e os processos produtivos.

Para tal, será utilizado a RA para criar um ambiente imersivo, proporcionando uma Interação Humano-Computador (IHC) permitindo o aproveitamento dos movimentos corporais para realizar ações com um sistema. Assim, fornece-se um suporte para as atividades das pessoas, criando experiência e melhorando a maneira que as pessoas trabalham (Carvalho *et al.*, 2011).

Essa interação será avaliada através de um experimento “apenas depois”, onde dois grupos homogêneos, com características semelhantes, foram criados e submetidos aos métodos de treinamento tradicional e com utilização da RA. Ao término do experimento, será realizada uma comparação entre o desempenho dos grupos (Gil, 2019).

O método de pesquisa empregado neste trabalho é o qualitativo, do tipo descritiva, de natureza quantitativa, e seu delineamento é experimental. A coleta de dados utilizada é a observação direta e extensiva.

## 1. OBJETIVO

O objetivo geral do presente estudo alinha a utilização da Realidade Aumentada, que é uma das tecnológicas relatadas anteriormente, em um contexto industrial. Desta forma, o objetivo geral deste trabalho é investigar, via experimento, como a realidade aumentada pode ser empregada para adaptar um sistema produtivo, proporcionando capacitação profissional.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- 1 Testar um método, utilizando uma das novas ferramentas tecnológicas (RA), para adaptar um sistema produtivo, através da capacitação profissional;
- 2 Comparar o método proposto com um método tradicional;
- 3 Analisar as vantagens e desvantagens encontradas no experimento.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, serão apresentados os conceitos referentes aos temas propostos, para a realização e condução do presente trabalho.

### 2.1. Realidade Aumentada (RA)

Jetter, Eimecke & Rese (2018) analisam as afirmações de Azuma (1997), para definir a RA como um sistema que utiliza objetos virtuais, para complementar um ambiente real, proporcionando uma aparência de coexistência entre eles.

Para Palmarin, *et al.* (2018), a RA é um sistema que combina objetos concretos e virtuais, alinhados geometricamente, proporcionando sua interação em um ambiente real e ao vivo. Jetter, Eimecke & Rese (2018) complementam que a RA é uma ferramenta centrada no homem, que exhibe informações tridimensionais específicas em um ambiente real, projetando um objeto de destino específico.

Para Ishida *et al.* (2015), na RA, os objetos virtuais apresentam informações que não são detectadas com os próprios sentidos do usuário, tornando-as úteis na percepção e interação com o mundo real.

Há cerca de 50 anos, as pesquisas acadêmicas envolvendo tecnologias de RA para suporte das áreas de operações, estão sendo empregadas. Nos últimos anos, grandes avanços tecnológicos surgiram nesta área, permitindo sua implementação nas indústrias (Palmarin *et al.*, 2018).

Quando se trata de processos complexos em aplicações industriais, a RA tem grande potencial para as organizações. Essa ferramenta tecnológica permite a interação entre objetos virtuais e ambientes reais, com aplicações industriais, no setor imobiliário, na educação, nos treinamentos, dentre outras (Chang & Chen, 2017 e Jetter, Eimecke & Rese, 2018).

A utilização da RA combinada com dispositivos eletrônicos, como suportes tecnológicos, foi introduzida no meio industrial para reduzir o tempo de execução das atividades e reduzir os custos das operações (Re, 2013 apud Jetter, Eimeckr & Rese, 2018).

Essa combinação permite integrar e manipular elementos virtuais em uma cena real criando um ambiente virtual. Esse ambiente permite que o usuário do dispositivo faça interações com os elementos virtuais. (Carvalho & Manzini, 2017).

Desta forma permite-se simular as funções de diversos processos e/ou equipamentos, simular reações físicas e químicas, e permitir que o usuário execute em tempo real todas as ações executadas no mundo real (Chang & Chen, 2017).

Cuperschmid, Grachet & Fabrício (2016) relatam que os elementos virtuais podem ser inseridos pelo sistema de localização do dispositivo de RA. A sua precisão será limitada pela capacidade do aplicativo em sobrepor os elementos virtuais ao mundo real.

Uma forma mais precisa de inserir os elementos virtuais são os marcadores. Esses marcadores são identificados por um sistema que os traduz e os representa pelo objeto virtual proposto (Carvalho & Manzini, 2017). A câmera do dispositivo de RA reconhece os objetos do ambiente real e projeta os elementos digitais sobrepondo imagens em 2D ou 3D no lugar dos marcadores, conforme Figura 1 (Ishida *et al.*, 2015).

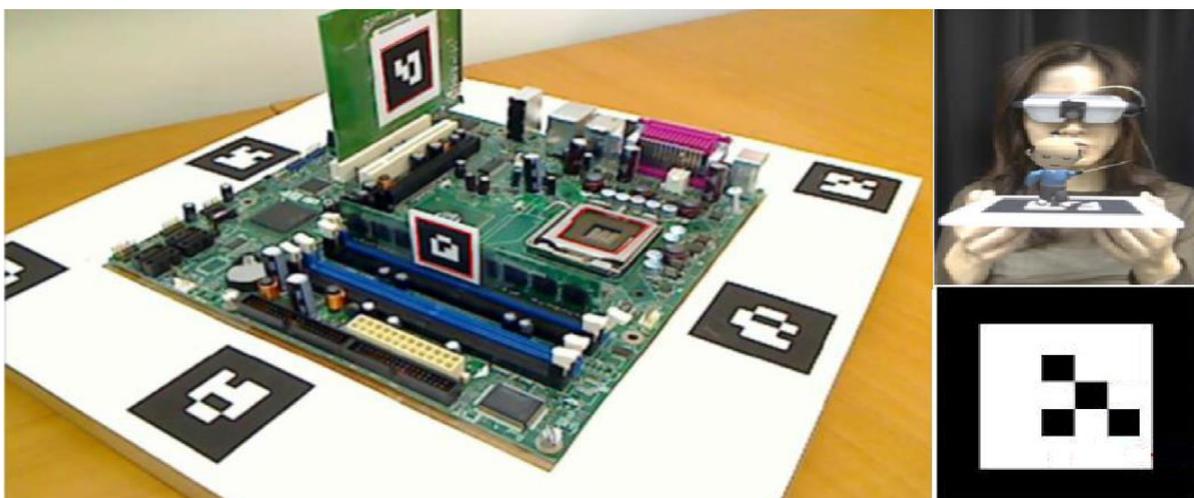


**Figura 1:** Sobreposição dos Marcadores por Objetos em 3D

Fonte: Internet, 2020

Cuperschmid; Grachet & Fabrício (2016) se baseiam em Koch, et al. (2014), para descrever esse sistema de marcação como rastreamento óptico. O rastreamento óptico poderá utilizar dois tipos de marcadores. São eles:

- Marcadores fiduciais: são estruturas retangulares fixas, com uma borda preta distinta, que são detectadas de forma robusta e fácil. Contêm em seu centro uma imagem de identificação do marcador e um fundo de contraste. Ver Figura 2.



**Figura 2:** Marcadores Fiduciais

Fonte: Adaptação Palmarini et al. (2018) apoud Westerfield et al. (2015), *Example of negative feedback message in performing assembly through AR* e CARVALHO, et al. (2011) apoud ARToolkit (2007), RA com marcas.

- Marcador de imagem: é uma imagem aleatória, sem bordas, com conteúdos visuais suficientes para serem detectados e rastreados com robustez, conforme demonstrado na Figura 3.



**Figura 3:** Marcadores de Imagem

Fonte: Adaptação Gavish et al. *AR-based training at the Sidel S.p.A. Training Center*, 2015 e INTERNET, 2020.

A utilização dos ambientes virtuais para orientação e treinamento nas operações fornecem informações relevantes em 3D, para a execução das atividades, servindo como um guia para melhorar as habilidades do usuário, proporcionando a resolução de diversos problemas (Jetter, Eimecke & Rese, 2018).

Os dispositivos móveis, como *smartphones*, *tablets*, computadores podem ser combinados com fones de ouvidos e óculos inteligentes para manter as mãos dos usuários livres. Desta forma, pode-se potencializar a sua utilização. Combinando a utilização destes dispositivos ao ambiente de trabalho, para trazer as informações em tempo real, dos dados das máquinas, sequenciados pelos manuais de instruções, podemos ter os seguintes benefícios (Jetter, Eimecke & Rese, 2018 e Gavish *et al.*, 2015):

- Treinar e qualificar os funcionários;
- Reduzir o número de erros e falhas de execução das atividades;
- Suavizar e acelerar o processo de produção;
- Diminuir o tempo de inatividade da máquina;
- Ajudam a superar a ausência ou falta da equipe de manutenção;
- Melhorar as capacidades cognitivas do usuário;
- Melhorar a capacidade espacial e a rotação mental do usuário;
- Aumentar a probabilidade do armazenamento das informações na memória de

longo prazo.

Uma interface de RA é criada através da inclusão de hardware, software, dispositivos de visualização, elementos de interface, marcadores, técnicas de interação e o conteúdo a ser mostrado na RA (Cuperschmid, Grachet & Fabrício, 2016). Entretanto, o estabelecimento desta interface através das tecnologias de exibição no processamento e calibração no ambiente físico, em tempo real, é o maior desafio a ser superado (Chang & Chen, 2017).

A experiência imersiva proporcionada pela interface da RA com o usuário permite aumentar a eficiência da execução das tarefas, dando qualidade aos propósitos de treinamento (Jetter, Eimecke & Rese, 2018). Assim, as ferramentas de RA são boas formas de se trabalhar dinamismo e clareza. A possibilidade de manipular com as mãos um marcador que projeta um objeto em 3D favorece o processo de capacitação/treinamento, sendo possível o esclarecimento de pontos importantes da atividade e/ou mostrar detalhes de forma rápida (Ishida *et al.*, 2015).

Ao realizar uma atividade pela primeira vez é normal que uma pessoa tenha dúvidas e falhas aconteçam. Entretanto, isso pode ser minimizado com a utilização da RA, pois informações podem ser incorporadas em modelos virtuais, permitindo orientar e melhorar a compreensão da execução da atividade (Cuperschmid, Grachet & Fabrício, 2016).

Desta forma, a RA disponibilizará a visualização do procedimento de trabalho de maneira interativa e mostrará no mesmo instante, um modelo de execução sobreposto ao mundo real. Assim será potencializado o seu uso como uma tecnologia para treinamento e para controle de qualidade da atividade (Cuperschmid, Grachet & Fabrício, 2016).

A utilização da RA amplificará a percepção do usuário sobre a sua atividade, antecipando problemas e orientando a tomada de decisões dos profissionais (Ishida *et al.*, 2015).

Por fim, depois da explanação do conceito da Realidade Aumentada, é válido e relevante pesquisar a respeito de Experimento e suas formas de condução.

## **2.2. Experimento.**

Gil (2019) descreve que uma pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que possam influenciá-lo, definir as formas para controlar e observar os efeitos das variáveis no objeto. Uma pesquisa experimental é composta por várias

modalidades. Dentre elas, as mais utilizadas são Experimentos “apenas depois”, Experimentos “antes-depois” e Experimentos “antes-depois com dois grupos” (Gil, 2017).

Os Experimentos “apenas depois” são constituídos de dois grupos: o “experimental” e o “controle”. Os dois grupos devem ser homogêneos, com características semelhantes. O grupo “experimental” recebe um estímulo e observações são feitas em ambos os grupos. Assim, como os grupos são homogêneos, as variações entre eles serão decorrentes do estímulo (Gil, 2019).

Os Experimentos “antes-depois” são realizados em um único grupo. Estímulos diferentes são empregados. Se houver diferenças significativas entre os resultados dos estímulos, o mesmo será caracterizado como melhoria (Gil, 2017).

Os Experimentos “antes-depois com dois grupos”, os dois grupos “experimental” e “controle” são medidos no início e no fim do experimento. O estímulo será aplicado apenas no grupo experimental. A diferença entre os resultados dos grupos demonstra a influência do estímulo introduzido (Gil, 2019).

Gil (2017) descreve uma série de nove passos para conduzir um experimento, formando um planejamento de pesquisa experimental.

O 1º passo é a “formulação do problema”. Um experimento é elaborado para responder a uma pergunta, uma indagação. Desta forma a pergunta deverá ser elaborada de maneira clara, precisa e objetiva (Gil, 2017).

O 2º passo é a “construção das hipóteses”. Uma hipótese deverá estabelecer uma relação causal entre as variáveis do experimento. Normalmente um experimento envolve uma única hipótese (Gil, 2019).

O 3º passo é a “operacionalização das variáveis”. Uma variável contida em uma hipótese deverá proporcionar o esclarecimento do que se vai investigar, evitando ambiguidade. Para a operacionalização das variáveis, devem considerar as condições de mensuração, possibilitando selecionar os instrumentos apropriados para condução do experimento (Gil, 2017).

O 4º passo é a “definição do plano experimental”. Existem dois tipos de planos. O “Plano de Uma Única Variável” implicam a manipulação de uma única variável independente, constituindo uma “mão única”. Os “Plano Fatoriais” consistem em uma variável independente e duas condições experimentais (Gil, 2019).

O 5º passo será a “determinação dos sujeitos”. Os sujeitos que irão realizar o experimento devem ser uma amostra da população a ser estudada. Para tal, devem ser consideradas as características que são relevantes para a condução do experimento (Gil, 2017).

O 6º passo é a “determinação do ambiente”. O ambiente deverá propiciar as condições necessárias para manipular as variáveis e analisar os seus efeitos no sujeito (Gil, 2019).

O 7º passo será a “coleta dos dados”. A coleta é feita através da manipulação de algumas condições e da observação dos efeitos produzidos (Gil, 2017).

O 8º passo é a “análise e interpretação dos dados”. Deverá ser empregada uma técnica estatística, para testar as diferenças entre as médias.

Por fim, o 9º passo é a “apresentação das conclusões”. Deverá refletir exclusivamente a vinculação dos dados empíricos coletados com as hipóteses. Deverá esclarecer a extensibilidade das conclusões.

Após descrever o que é um experimento e identificar como conduzi-lo, será necessário conceituar os métodos de controle estatístico do processo, aplicados para analisar o experimento.

### 2.3. Controle Estatístico do Processo - CEP.

Na concepção de Montgomery (2016), o CEP é um sistema de inspeção que verifica anomalias no processo. Tal procedimento fornece uma radiografia do processo permitindo identificar a sua variabilidade.

Segundo Louzada *et al.* (2013), o CEP geralmente trabalha com a média das amostras, pois a média dos valores seguirá uma distribuição normal, independente da sua distribuição individual. A média amostral e a média geral ou média do processo é determinada pelas fórmulas:

$$\bar{X}_i = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n} \quad \text{e} \quad \bar{X} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2 + \bar{x}_3 + \dots + \bar{x}_m}{m}$$

(2.3.1)

Sendo: =

X = média geral ou média do processo.

- 
- X = média das amostras;
- X = valor das amostras;
- n = número de observações.
- m = número de amostras.

Louzada *et al.* (2013) relata que, para evitar a análise errada dos dados, é necessário analisar a variação entre os valores. Para medir a variabilidade entre os valores são usados, com mais frequência, a amplitude e o desvio padrão.

Montgomery (2016) descreve a amplitude (R) como sendo a diferença entre o maior e o menor valor de um conjunto de amostras. Desta forma, a amplitude e a amplitude média é dada por:

$$R = X_{\max} - X_{\min} \quad \text{e} \quad \bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_m}{m} \quad (2.3.2)$$

Sendo: \_  
R = Amplitude média;  
R = Amplitude;  
m = número de amostras.

Nos dizeres de Louzada *et al.* (2013), o desvio padrão indica o “erro ou desvio” ao tentar substituir cada valor pela média do conjunto de dados. Montgomery (2016) descreve o desvio padrão amostral é igual à raiz quadrada da variância amostral, conforme descrito nas fórmulas:

$$S = \sqrt{\left[ \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1} \right]} \quad \text{e} \quad \bar{S} = \frac{\sum S_i}{m} \quad (2.4.6)$$

Sendo: \_

S = Desvio padrão médio;

S = Desvio padrão;

Após a explanação sobre os métodos estatísticos utilizados para analisar os dados, faz-se necessário identificar os métodos para treinamento e capacitação profissional, utilizados pelas empresas atualmente.

#### **2.4. Métodos para treinamento e capacitação profissional.**

As atividades industriais são operações que requerem conhecimento dos procedimentos e técnicas específicas para cada tarefa. Com suas diversidades de operações, as indústrias precisam organizar várias sessões de treinamento para seus trabalhadores. Como resultado tem-se um processo de treinamento demorado e caro (Gavish *et al.*, 2015).

Na concepção de Silva & Rosa (2019), o treinamento de pessoal é um processo da preparação do homem para o desempenho adequado de sua profissão. Marras (2016), complementa que os treinamentos para formação profissional devem preparar o trabalhador para executar determinada função, transmitindo conhecimento, através de exercícios específicos, que buscam melhoria nos resultados.

Neste contexto, temos o treinamento técnico-operacional. Esse treinamento é voltado para a capacitação técnica do trabalhador, fornecendo informações e desenvolvendo habilidades profissionais necessárias para a execução correta e satisfatória da tarefa (Silva & Rosa, 2019 e Marras, 2016).

O conteúdo do treinamento-operacional deve conter a transmissão das informações para executar a tarefa. Deve desenvolver a aptidão, comportamento e atitude, através de um roteiro de execução da tarefa (Chiavenato, 2009 Apud Marras, 2016). Geralmente, são adotados métodos de verificação do trabalho, que incluem o uso de listas de verificação, associadas às medições *in loco*, para certificar a conformidade da tarefa realizada com o projeto inicial (Cuperschmid, Grachet & Fabrício, 2016).

Na próxima seção será descrita a metodologia científica utilizada neste trabalho, apresentado o tipo de pesquisa utilizado, o seu delineamento e a forma de coleta de dados. Será descrito o procedimento experimental e o método de análise do experimento.

### 3. METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido por meio de uma pesquisa qualitativa com o tipo descritiva, a qual considerou a existência de uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito pesquisado. Este tipo de pesquisa possibilita uma investigação detalhada do conteúdo analisado, descrevendo apenas fatos e tendo o objetivo de demonstrar características de determinada população ou fenômeno e estabelecer uma relação entre as variáveis (Gil, 2017 e Beuren, 2013).

A pesquisa realizada também adota uma natureza quantitativa, pois irá traduzir em números as informações para classificá-las e organizá-las. Segundo Fonseca (2002), a pesquisa quantitativa utiliza uma linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno e determinar as relações entre as suas variáveis.

O delineamento de pesquisa utilizado é o experimental, que segundo Gil (2017) consiste em determinar o objeto de estudo, estabelecer as variáveis que influenciam no experimento e na designação das formas de controle e observação dos efeitos das variáveis no objeto de estudo.

A coleta de dados utilizada é a observação direta e extensiva, através da análise dos resultados do experimento que serão comparados com a realidade utilizada no meio industrial. A observação direta e extensiva permite coletar os dados através de um questionário ou formulário, que são respondidos sem a presença do entrevistador (Gil, 2019).

#### 3.1. Procedimento Experimental

Foi usado o Experimento “apenas depois” em dois grupos, “Experimental” e o “Controle”. Esse método foi escolhido por pretender comparar os resultados do método de treinamentos tradicionais, que foram realizados pelo “Grupo Controle”, com os resultados do método de treinamento usando a RA, que foram realizados pelo “Grupo Experimental”.

Os grupos foram compostos pela mesma quantidade de sujeitos, nas suas respectivas classes de idade e sexo. O grupo “Controle” recebeu um treinamento de como montar as peças e utilizou um roteiro de montagem para realizar a tarefa, conforme demonstrado parcialmente na Figura 4.

Roteiro de Montagem			Componentes		Especificação
Atividade	Ferramental	Código	Item		
1 Encaixe o castelo na haste do reparo	Manual	1	Haste do Reparo		
		2	Castelo		
2 Enrosque a gaveta na rosca da haste	Manual	Conj1	Castelo com a Haste do Reparo		
		3	Gaveta		
3 Enrosque o reparo na base	Chave de boca 26mm	Conj2	Reparo		
		4	Base		

**Figura 4:** Roteiro de Montagem para Grupo Controle

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O grupo “Experimental” utilizou um roteiro de montagem em RA para treinar e guiar a montagem. Ver Figura 5.



**Figura 5:** Vista do Roteiro de Montagem em RA

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O objeto tridimensional, utilizado na RA, é um modelo da amostra desenvolvido no software Inventor Autodesk<sup>1</sup>, versão 2019. A animação de montagem da amostra foi realizada com o auxílio do software 3ds Max Autodesk<sup>2</sup>, versão 2019.

<sup>1</sup> <https://www.autodesk.com.br/products/inventor/overview?plc=INVPROSA&term=1-YEAR&support=ADVANCED&quantity=>

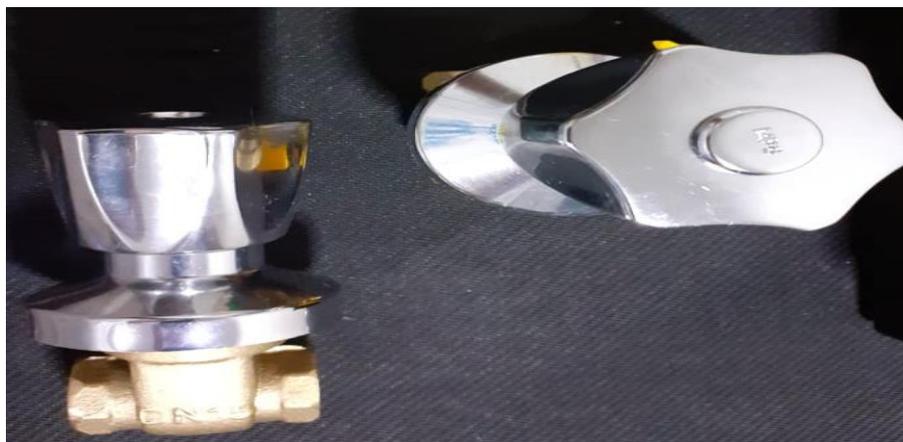
<sup>2</sup> <https://www.autodesk.com.br/products/3ds-max/overview>

Um aplicativo foi desenvolvido para reproduzir a animação. Os softwares *Engine* de jogos Unity, versão 2019.4 LTS<sup>3</sup>, e *Vuforia Engine*<sup>4</sup>, versão 9.3, foram utilizados para criar o aplicativo. O aplicativo foi instalado em um aparelho celular com sistema operacional Android. O aparelho celular foi inserido no óculos 3D de realidade virtual, Warrior JS080 da Multilaser.

Os sujeitos de cada grupo montaram o primeiro lote de amostras. Foram coletados os tempos de montagem de cada amostra. Após a montagem do primeiro lote realizou-se a inspeção das amostras, para verificar se a montagem estava correta. As seqüências entre montagem e inspeção aconteceu em todos os lotes.

### 3.11 Amostra

A peça utilizada como amostra foi um registro hidráulico de gaveta, conforme demonstrado na Figura 6. As amostras foram divididas em lotes com cinco peças P1, P2, P3, P4 e P5. Foram utilizados três lotes L1, L2, L3 no experimento.



**Figura 6:** Amostra - Registro de Gaveta de ½”  
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Desta forma, a representação das amostras será conforme o seguinte exemplo. A primeira peça, do primeiro lote (L1P1) a segunda peça, do primeiro lote (L1P2) e assim sucessivamente.

<sup>3</sup> <https://unity3d.com/pt/unity/qa/lts-releases?page=1>

<sup>4</sup> [https://partnervision.com.br/ptc/vuforia/engine/?gclid=Cj0KCQiAnb79BRDgARIsAOVbhRp1jNN7OKyMKYkjjKwNWT64R\\_2NrlTZS7W\\_8C20d-oVSX-6C-YeUsaAho1EALw\\_wcB](https://partnervision.com.br/ptc/vuforia/engine/?gclid=Cj0KCQiAnb79BRDgARIsAOVbhRp1jNN7OKyMKYkjjKwNWT64R_2NrlTZS7W_8C20d-oVSX-6C-YeUsaAho1EALw_wcB)



**Figura 7:** Kit de Montagem

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

Os sujeitos receberam um kit, conforme demonstrado na Figura 7, com todos os materiais necessários para montar as peças. Cada kit continha materiais suficientes para montar as cinco peças do lote.

### 3.1.2 Plano Experimental.

O experimento foi realizado conforme o planejamento de pesquisa experimental proposto por Gil (2017). Assim sendo seguem os nove passos que conduziram o experimento:

1º Pergunta Problema: Como validar um experimento de Realidade Aumentada por meio do Método de Usabilidade, no contexto da produção?

2º Hipóteses: Foram testadas duas hipóteses, são elas:

- A Realidade Aumentada pode adaptar um sistema produtivo para proporcionar capacitação profissional;
- A Realidade Aumentada pode ser empregada com mais efetividade para capacitação profissional do que métodos tradicionais.

3º Operacionalização das Variáveis: As variáveis foram observadas através dos seguintes fatores:

- Tempos de montagem das amostras;
- Desempenho na montagem das amostras;
- Falhas de montagem;

- Defeitos de montagem;
- Independência de montagem pelo sujeito.

4º Plano Experimental: Foi adotado o Plano Fatorial. A variável “capacitação profissional” foi submetida a duas condições experimentais. São elas:

- A primeira condição observada foi o método tradicional de treinamento utilizado pelas empresas;
- A segunda condição foi um treinamento utilizando a RA.

5º Determinação dos sujeitos. Os grupos foram compostos pela mesma quantidade de sujeitos. Os sujeitos selecionados não tinham nenhuma experiência com a tarefa proposta no experimento. Foram selecionados sujeitos nas seguintes classes de idades e sexo:

- 1ª Classe (C1): Quatro Homens (C1H1, ..., C1H4) e quatro mulheres (C1M1, ..., C1M4), entre 18 e 30 anos;
- 2ª Classe (C2): Quatro Homens (C2H1, ..., C2H4) e quatro mulheres (C2M1, ..., C2M4), entre 31 e 45 anos;
- 3ª Classe (C3): Quatro Homens (C3H1, ..., C3H4) e quatro mulheres (C3M1, ..., C3M4), entre 46 e 60 anos;
- 4ª Classe (C4): Quatro Homens (C4H1, ..., C4H4) e quatro mulheres (C4M1, ..., C4M4), com idade superior a 60 anos;

6º Ambiente. Foi criado um ambiente semelhante a um posto de trabalho de uma empresa, onde os sujeitos realizaram a tarefa em pé. Uma bancada de 90 centímetros de altura foi utilizada para colocar os Kit's e realizar a tarefa.

7º Coleta dos dados. Foi utilizado um cronômetro para coletar o tempo gasto pelos sujeitos na montagem das amostras. Durante a montagem foi observado o sujeito executando a atividade. Uma inspeção foi realizada ao término de cada lote de amostra.

8º Análise e interpretação dos dados. Foi realizada uma comparação entre as médias de cada condição proposta no 4º passo e métodos estatísticos foram empregados para auxiliar na análise dos dados.

9º Apresentação das conclusões. Foram utilizados gráficos e tabelas para apresentação dos resultados.

### **3.2. Análise do Experimento.**

Esse experimento científico foi conduzido para testar as seguintes hipóteses:

- A Realidade Aumentada pode adaptar um sistema produtivo e proporcionar capacitação profissional.
- A Realidade Aumentada pode ser empregada com mais efetividade para capacitação profissional do que métodos tradicionais.

Para analisar tais hipóteses foi empregada uma comparação entre os resultados dos dois grupos, onde foram comparados:

- Médias, amplitudes e desvio padrões dos tempos de montagem das amostras;
- Desempenho de montagem das amostras;
- Quantidade de falhas nas montagens;
- Quantidade de defeitos.
- Em qual amostra o sujeito deixou de usar as instruções de montagem.

## **4. Apresentação e Discussão dos Resultados**

Nesta seção será apresentado o resultado do experimento e a validação das hipóteses do experimento.

### **4.1. Experimento**

O experimento foi realizado entre os meses de junho e agosto de 2020. Devido à condição enfrentada neste período, por causa da pandemia provocada pelo Covid-19, o experimento teve que seguir todas as medidas de prevenção determinadas pelos órgãos competentes. Conforme demonstrado na Figura 6.



**Figura 8:** Experimento

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

No lado esquerdo da Figura 8, é demonstrado o experimento C1M2 do Grupo Controle, onde o sujeito realiza a montagem com o auxílio do roteiro impresso. No lado direito da figura está o experimento C2M2 do Grupo Experimental, onde o sujeito realiza a montagem utilizando o óculos de realidade virtual com o roteiro em RA.

#### *4.1.1 Tempo de montagem das amostras.*

Primeiramente, foi definido o ciclo de montagem da peça. Esse ciclo tinha início quando o sujeito estava com as duas mãos sobre a mesa, neste momento inicia a coleta do tempo. O ciclo finaliza quando o sujeito deixa a peça montada sobre a mesa e voltava as mãos na posição inicial. Neste momento era fechado o tempo de montagem.

Os tempos de montagem foram coletados e inseridos em planilhas de controle do experimento e em seguida analisados. No Grupo “Controle”, ver Tabela 1, uma divergência foi detectada. A Classe C2M teve o menor tempo médio ( $\bar{X}$ ) de montagem no segundo lote. As demais classes seguiram a lógica de quanto mais peças montadas, mais rápido era o tempo de montagem, tendo a melhor média no último lote. Neste grupo, os homens levaram em média 91 segundos para montar cada peça. Já as mulheres levaram em média 114 segundos para realizar a montagem da peça. Sendo 59% das peças montadas com um tempo igual ou menor do que a média de cada classe por lote.

**Tabela 1**  
Planilhas de controle do experimento no Grupo Controle

Experimento de Capacitação Profissional																														
Tempos de Montagem do Registro					Metodo de Treinamento:										Classes:															
Classe	Amostragem	Lote 1 (L1)					Lote 2 (L2)					Lote 3 (L3)					Média geral													
		P1	P2	P3	P4	P5	X	R	S	P1	P2	P3	P4	P5	X	R		S	P1	P2	P3	P4	P5	X	R	S				
C1H	C1H1	246	133	111	110	98	139,60	148	60,81	97	126	100	105	107	107,00	29	11,34	94	91	98	95	83	92,20	15	5,72	112,93				
	C1H2	189	102	88	84	92	111,00	105	44,11	88	89	75	78	82	82,40	14	6,11	70	65	101	64	70	74,00	37	15,35	89,13				
	C1H3	142	79	108	78	77	96,80	65	28,42	73	63	70	62	63	66,20	11	4,97	80	73	77	63	73	73,20	17	6,42	78,73				
	C1H4	148	117	88	71	97	104,20	77	29,58	74	67	66	73	67	69,40	8	3,78	70	67	61	65	62	65,00	9	3,67	79,53				
	Fechamento	181	108	98,8	85,8	91	112,90	98,75	8,15	83	86,3	77,8	79,5	79,8	81,25	15,50	1,31	78,5	74	84,3	71,8	72	76,10	19,50	1,56	90,08				
C1M	C1M1	277	153	230	136	135	186,20	142	64,04	148	248	152	139	115	160,40	133	51,03	119	130	103	139	100	118,20	39	16,84	154,93				
	C1M2	199	150	205	142	101	159,40	104	43,15	96	155	112	121	110	118,80	59	22,13	190	83	76	77	77	100,60	114	50,05	126,27				
	C1M3	227	130	117	134	145	150,60	110	43,87	113	141	144	113	105	123,20	39	17,95	100	107	109	79	113	101,60	34	13,48	125,13				
	C1M4	204	102	89	83	93	114,20	121	50,67	100	75	76	94	83	85,60	25	11,06	75	66	78	65	68	70,40	13	5,77	90,07				
	Fechamento	227	134	160	124	119	152,60	119,25	10,09	114	155	121	117	103	122,00	64,00	5,11	121	96,5	91,5	90	89,5	97,70	50,00	4,31	124,10				
C2H	C2H1	110	120	94	107	88	103,80	32	12,81	94	88	86	90	110	93,60	24	9,63	94	89	90	88	90	90,20	6	2,28	95,87				
	C2H2	113	89	116	88	82	97,60	34	15,69	84	90	112	92	90	93,60	28	10,71	90	103	88	90	93	92,80	15	5,97	94,67				
	C2H3	120	105	75	80	79	91,80	45	19,72	68	66	62	63	82	68,20	20	8,07	70	60	59	73	58	64,00	15	6,96	74,67				
	C2H4	173	113	84	107	88	113,00	89	35,71	98	100	72	65	73	81,60	35	16,20	81	90	70	76	76	78,60	20	7,47	91,07				
	Fechamento	129	107	92,3	95,5	84,3	101,55	50,00	4,20	86	86	83	77,5	88,8	84,25	26,75	2,23	83,8	85,5	76,8	81,8	79,3	81,40	14,00	1,13	89,07				
C2M	C2M1	247	194	145	114	290	198,00	176	72,02	124	101	86	94	106	102,20	38	14,32	104	98	90	92	90	94,80	14	6,10	131,67				
	C2M2	198	149	119	105	77	129,60	121	46,20	68	66	62	63	82	68,20	20	8,07	98	81	80	93	84	87,20	18	7,92	95,00				
	C2M3	138	92	99	86	83	99,60	55	22,32	80	74	81	72	74	76,20	9	4,02	84	73	73	82	87	79,80	14	6,46	85,20				
	C2M4	194	145	121	102	150	142,40	92	34,70	91	80	76	76	87	82,00	15	6,75	95	84	81	89	87	87,20	14	5,31	103,87				
	Fechamento	194	145	121	102	150	142,40	111,00	8,76	90,8	80,3	76,3	76,3	87,3	82,15	20,50	1,66	95,3	84	81	89	87	87,25	15,00	1,29	103,93				
C3H	C3H1	215	76	72	64	69	99,20	151	64,88	57	61	61	65	64	61,60	8	3,13	50	53	44	47	66	52,00	22	8,51	70,93				
	C3H2	177	112	88	106	88	114,20	89	36,70	112	75	155	79	92	102,60	80	32,65	78	76	77	68	69	73,60	10	4,72	96,80				
	C3H3	300	129	137	104	98	153,60	202	83,46	105	99	128	82	88	100,40	46	17,87	103	98	103	84	85	94,20	19	9,31	116,07				
	C3H4	230	105	99	91	85	122,00	145	60,85	91	78	114	75	81	87,80	39	15,83	77	75	75	70	73	74,00	7	2,65	94,60				
	Fechamento	231	106	99	91,3	85	122,25	146,75	12,30	91,3	78,3	115	75,3	81,3	88,10	43,25	3,47	77	75	74,8	67,3	73,3	73,45	14,50	1,26	94,60				
C3M	C3M1	136	120	164	112	102	126,80	62	24,23	108	98	131	93	119	109,80	38	15,48	82	81	83	134	69	89,80	65	25,35	108,80				
	C3M2	182	107	100	74	114	115,40	108	40,18	84	71	74	140	90	91,80	69	28,00	82	84	86	85	83	84,00	4	1,58	97,07				
	C3M3	190	153	145	121	120	145,80	70	28,67	104	97	100	117	105	104,60	20	7,64	95	87	90	102	84	91,60	18	7,09	114,00				
	C3M4	185	147	144	116	119	142,20	69	27,76	102	115	102	93	103	103,00	22	7,84	92	85	101	90	85	90,60	16	6,58	111,93				
	Fechamento	173	132	138	106	114	132,55	77,25	6,04	99,5	95,3	102	111	104	102,30	37,25	2,95	87,8	84,3	90	103	80,3	89,00	25,75	2,03	107,95				
C4H	C4H1	190	110	92	94	85	114,20	105	43,35	83	91	82	87	93	87,20	11	4,82	79	78	77	76	80	78,00	4	1,58	93,13				
	C4H2	160	101	97	92	87	107,40	73	29,87	94	85	114	83	88	92,80	31	12,56	79	81	89	74	77	80,00	15	5,66	93,40				
	C4H3	187	104	107	87	85	114,00	102	41,98	82	76	87	69	78	78,40	18	6,73	84	76	80	73	72	77,00	12	5,00	89,80				
	C4H4	184	112	90	88	90	112,80	96	41,00	88	82	84	71	74	79,80	17	7,09	76	77	70	69	70	72,40	8	3,78	88,33				
	Fechamento	180	107	96,5	90,3	86,8	112,10	94,00	7,81	86,8	83,5	91,8	77,5	83,3	84,55	19,25	1,56	79,5	78	79	73	74,8	76,85	9,75	0,80	91,17				
C4M	C4M1	181	159	156	157	125	155,60	56	19,97	100	119	94	105	93	102,20	26	10,57	108	89	99	94	95	97,00	19	7,11	118,27				
	C4M2	192	157	153	121	127	150,00	71	28,25	98	100	111	105	93	101,40	18	6,88	91	81	98	89	97	91,20	17	6,87	114,20				
	C4M3	263	226	161	143	139	186,40	124	55,25	126	100	102	131	120	115,80	31	14,08	108	96	93	98	91	97,20	17	6,61	133,13				
	C4M4	212	180	157	140	130	163,80	82	32,94	108	106	103	113	102	106,40	11	4,39	102	89	96	95	94	95,20	13	4,66	121,80				
	Fechamento	212	181	157	140	130	163,95	83,25	6,82	108	106	103	114	102	106,45	21,50	1,80	102	88,8	96,5	94	94,3	95,15	16,50	1,26	121,85				
															31,0			13									20,6			9

Nota. Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

No Grupo “Experimental”, ver Tabela 2, todas as classes apresentaram a melhor média de montagem no último lote. Os homens apresentaram um tempo médio de montagem de 95 segundos por peça. As mulheres, em média, levaram aproximadamente 112 para realizar a montagem da peça. Neste grupo, 57% das peças montadas foram realizadas com um tempo igual ou menor do que a média de cada classe por lote.

**Tabela 2**  
Planilhas de controle do experimento no Grupo Experimental

Experimento de Capacitação Profissional																																																																																			
Tempos de Montagem do Registro					Metodo de Treinamento:					RA		Grupo :		Experimental		Classes:				C1: 18-30		C2: 31-45		C3: 46-60		C4: >60																																																									
Classe	Amostragem	Lote 1 (L1)								Lote 2 (L2)								Lote 3 (L3)								Média geral																																																									
		P1	P2	P3	P4	P5	X	R	S	P1	P2	P3	P4	P5	X	R	S	P1	P2	P3	P4	P5	X	R	S																																																										
C1H	C1H1	152	112	104	103	100	114,20	52	21,59	85	89	85	87	90	87,20	5	2,28	79	78	77	78	79	78,20	2	0,84	93,20																																																									
	C1H2	134	104	102	100	97	107,40	37	15,09	93	88	103	90	91	93,09	15,4	6,05	80	81	84	77	79	80,20	7	2,59	93,56																																																									
	C1H3	151	109	110	101	99	114,00	52	21,24	80	77	82	74	78	78,21	8	3,03	81	77	78	75	74	77,00	7	2,74	89,74																																																									
	C1H4	148	112	102	101	102	113,00	47	20,07	84	81	82	75	76	79,60	9	3,91	74	75	70	71	72	72,40	5	2,07	88,33																																																									
	<b>Fechamento</b>	<b>146</b>	<b>109</b>	<b>105</b>	<b>101</b>	<b>99,5</b>	<b>112,15</b>	<b>47,00</b>	<b>3,90</b>	<b>85,5</b>	<b>83,8</b>	<b>88,1</b>	<b>81,5</b>	<b>83,8</b>	<b>84,52</b>	<b>9,36</b>	<b>0,76</b>	<b>78,5</b>	<b>77,8</b>	<b>77,3</b>	<b>75,3</b>	<b>76</b>	<b>76,95</b>	<b>5,25</b>	<b>0,41</b>	<b>91,21</b>																																																									
C1M	C1M1	188	162	170	148	165	166,65	40,25	14,64	119	130	117	113	110	117,96	20,1	7,67	102	100	98	106	95	100,12	11	4,11	128,24																																																									
	C1M2	166	140	141	125	122	138,60	44	17,51	91	96	92	101	94	94,83	10,2	4,02	103	86	89	87	88	90,60	17	7,02	108,01																																																									
	C1M3	175	148	138	133	134	145,60	41,75	17,49	105	104	106	107	103	104,95	3,63	1,46	95	92	91	93	94	93,00	4	1,58	114,52																																																									
	C1M4	170	142	134	125	132	140,65	44,25	17,29	97	94	92	94	94	94,20	5	1,79	88	83	87	85	84	85,40	5	2,07	106,75																																																									
	<b>Fechamento</b>	<b>175</b>	<b>148</b>	<b>146</b>	<b>133</b>	<b>138</b>	<b>147,88</b>	<b>42,56</b>	<b>3,35</b>	<b>103</b>	<b>106</b>	<b>102</b>	<b>104</b>	<b>100</b>	<b>102,99</b>	<b>9,71</b>	<b>0,75</b>	<b>96,9</b>	<b>90,3</b>	<b>91,3</b>	<b>92,8</b>	<b>90,3</b>	<b>92,28</b>	<b>9,25</b>	<b>0,74</b>	<b>114,38</b>																																																									
C2H	C2H1	190	110	92	94	85	114,20	105,3	43,47	83	91	82	86	93	87,00	11	4,85	79	78	77	76	80	78,00	4	1,58	93,07																																																									
	C2H2	160	101	97	93	87	107,55	72,75	29,64	94	85	114	83	88	92,80	31	12,56	79	81	89	74	77	80,00	15	5,66	93,45																																																									
	C2H3	187	104	107	87	85	114,05	102,3	42,08	82	76	87	69	78	78,40	18	6,73	84	76	80	73	72	77,00	12	5,00	89,82																																																									
	C2H4	184	112	91	88	90	112,90	95,75	40,76	88	82	84	71	74	79,80	17	7,09	76	77	69	70	70	72,40	8	3,78	88,37																																																									
	<b>Fechamento</b>	<b>180</b>	<b>107</b>	<b>96,7</b>	<b>90,5</b>	<b>86,8</b>	<b>112,18</b>	<b>94,00</b>	<b>7,80</b>	<b>86,8</b>	<b>83,5</b>	<b>91,8</b>	<b>77,3</b>	<b>83,3</b>	<b>84,50</b>	<b>19,25</b>	<b>1,56</b>	<b>79,5</b>	<b>78</b>	<b>78,8</b>	<b>73,3</b>	<b>74,8</b>	<b>76,85</b>	<b>9,75</b>	<b>0,80</b>	<b>91,18</b>																																																									
C2M	C2M1	210	157	174	130	163	166,65	80,5	29,28	120	132	116	108	103	115,70	29	11,28	103	99	94	115	88	99,80	26,8	10,11	127,38																																																									
	C2M2	193	141	144	111	105	138,60	88	35,01	87	98	90	105	94	94,80	18	7,05	110	82	85	86	85	89,60	28	11,50	107,67																																																									
	C2M3	205	150	131	121	122	145,60	83,5	34,97	106	103	107	108	101	104,95	7,25	2,92	97	95	90	92	94	93,60	7	2,70	114,72																																																									
	C2M4	199	144	128	110	123	140,65	88,5	34,59	110	94	89	95	93	96,20	21	8,04	91	81	89	85	83	85,80	10	4,15	107,55																																																									
	<b>Fechamento</b>	<b>202</b>	<b>148</b>	<b>144</b>	<b>118</b>	<b>128</b>	<b>147,88</b>	<b>85,13</b>	<b>6,69</b>	<b>106</b>	<b>107</b>	<b>100</b>	<b>104</b>	<b>97,8</b>	<b>102,91</b>	<b>18,81</b>	<b>1,46</b>	<b>100</b>	<b>89,3</b>	<b>89,5</b>	<b>94,4</b>	<b>87,5</b>	<b>92,20</b>	<b>17,94</b>	<b>1,42</b>	<b>114,33</b>																																																									
C3H	C3H1	203	93	82	79	77	106,70	125,5	53,91	70	76	72	76	78	74,40	8	3,29	64	66	61	62	73	65,20	12	4,76	82,10																																																									
	C3H2	169	107	93	99	90	111,40	78,5	32,54	103	80	135	81	90	97,70	54,5	22,55	79	76	83	71	73	76,40	12	4,77	95,17																																																									
	C3H3	244	117	122	96	92	134,00	151,5	62,55	94	88	108	76	83	89,70	31,5	11,95	94	86	92	79	78	85,80	16	7,29	103,17																																																									
	C3H4	207	109	95	90	88	117,70	119	50,56	90	85	89	73	78	83,00	17	7,31	77	76	73	70	72	73,60	7	2,88	91,43																																																									
	<b>Fechamento</b>	<b>205</b>	<b>106</b>	<b>98</b>	<b>91</b>	<b>86,8</b>	<b>117,45</b>	<b>118,63</b>	<b>9,98</b>	<b>89,3</b>	<b>82,3</b>	<b>101</b>	<b>76,5</b>	<b>82,3</b>	<b>86,20</b>	<b>27,75</b>	<b>2,25</b>	<b>78,5</b>	<b>76</b>	<b>77,3</b>	<b>70,5</b>	<b>74</b>	<b>75,25</b>	<b>11,75</b>	<b>0,99</b>	<b>92,97</b>																																																									
C3M	C3M1	159	140	135	160	114	141,30	46,5	19,11	104	109	113	99	106	106,00	13,5	5,04	95	85	91	114	82	93,40	32	12,58	113,57																																																									
	C3M2	187	132	127	99	121	133,00	88	32,68	91	86	92	123	93	96,90	36,5	14,56	87	83	92	87	90	87,80	9	3,42	105,90																																																									
	C3M3	227	190	153	132	130	166,10	97	41,44	115	99	101	120	113	109,50	21	9,11	102	92	93	100	88	94,90	13,5	5,68	123,50																																																									
	C3M4	199	164	151	128	125	153,00	74	30,10	105	111	104	102	103	104,80	8,5	3,40	97	87	98	93	90	93,00	11	4,64	116,93																																																									
	<b>Fechamento</b>	<b>193</b>	<b>156</b>	<b>141</b>	<b>130</b>	<b>122</b>	<b>148,35</b>	<b>76,38</b>	<b>6,17</b>	<b>104</b>	<b>101</b>	<b>102</b>	<b>111</b>	<b>104</b>	<b>104,30</b>	<b>19,88</b>	<b>1,61</b>	<b>95,1</b>	<b>86,8</b>	<b>93,5</b>	<b>98,5</b>	<b>87,5</b>	<b>92,28</b>	<b>16,38</b>	<b>1,32</b>	<b>114,98</b>																																																									
C4H	C4H1	186	135	124	126	105	134,90	80,5	30,26	92	105	88	96	93	94,80	17	6,38	94	84	88	85	87	87,60	10	3,91	105,77																																																									
	C4H2	176	129	125	107	107	128,70	69,5	28,35	96	93	113	94	91	97,30	21,5	8,69	85	81	93	82	87	85,60	12	4,77	103,87																																																									
	C4H3	225	165	134	115	112	150,20	113	46,84	104	88	95	100	99	97,20	16	6,06	96	86	87	86	83	87,60	13	4,93	111,67																																																									
	C4H4	198	146	124	114	110	138,30	88	36,17	98	94	93	92	88	93,00	10	3,61	89	83	83	82	82	83,80	7	2,95	105,03																																																									
	<b>Fechamento</b>	<b>196</b>	<b>144</b>	<b>127</b>	<b>115</b>	<b>109</b>	<b>138,03</b>	<b>87,75</b>	<b>7,08</b>	<b>97,5</b>	<b>95</b>	<b>97,1</b>	<b>95,5</b>	<b>92,8</b>	<b>95,58</b>	<b>16,13</b>	<b>1,24</b>	<b>91</b>	<b>83,5</b>	<b>87,8</b>	<b>83,8</b>	<b>84,8</b>	<b>86,15</b>	<b>10,50</b>	<b>0,83</b>	<b>106,58</b>																																																									
C4M	C4M1	160	135	129	130	120	134,90	40,25	15,13	94	99	91	95	93	94,40	8	2,97	91	86	88	86	87	87,60	5	2,07	105,63																																																									
	C4M2	152	129	127	118	118	128,70	34,75	14,17	97	95	100	96	94	96,40	6	2,30	85	83	89	84	86	85,40	6	2,30	103,50																																																									
	C4M3	188	158	142	133	131	150,20	56,5	23,42	101	93	95	99	98	97,11	7,55	3,06	92	87	88	86	84	87,40	8	2,97	111,57																																																									
	C4M4	168	142	131	126	124	138,30	44	18,09	96	94	93	93	91	93,40	5	1,82	86	84	83	82	83	83,60	4	1,52	105,10																																																									
	<b>Fechamento</b>	<b>167</b>	<b>141</b>	<b>132</b>	<b>127</b>	<b>123</b>	<b>138,03</b>	<b>43,88</b>	<b>3,54</b>	<b>96,9</b>	<b>95,3</b>	<b>94,8</b>	<b>95,8</b>	<b>94</b>	<b>95,33</b>	<b>6,64</b>	<b>0,51</b>	<b>88,5</b>	<b>85</b>	<b>87</b>	<b>84,5</b>	<b>85</b>	<b>86,00</b>	<b>5,75</b>	<b>0,44</b>	<b>106,45</b>																																																									
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="28" style="text-align: center;">Legenda</td> </tr> <tr> <td style="width: 20%;">Falhas de montagem</td> <td style="width: 20%; background-color: yellow;"></td> <td style="width: 20%;">Defeitos</td> <td style="width: 20%; background-color: red;"></td> <td style="width: 20%;">Sem Instruções</td> <td style="width: 20%; background-color: blue;"></td> <td colspan="22"></td> </tr> </table>																												Legenda																												Falhas de montagem		Defeitos		Sem Instruções																							
Legenda																																																																																			
Falhas de montagem		Defeitos		Sem Instruções																																																																															

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

#### 4.1.2 Desempenho na Montagem das Amostras

O desempenho dos sujeitos foi constatado através do ritmo de montagem. Assim, foram analisados a amplitude e o desvio padrão dos tempos de montagem das peças de cada lote. A amplitude (R) e o desvio padrão (S) foram calculados conforme descrito na seção 2.3 deste trabalho e seus resultados estão inseridos nas planilhas de controle do experimento, disponíveis nas Tabelas 1 e 2.

No Grupo “Controle”, houve uma anomalia detectada na classe C1H, onde a amplitude média e o desvio padrão médios foram menores no segundo lote. Nas demais classes, os resultados foram diminuindo gradativamente, conforme o número de peças montadas. Assim, 5,21% dos lotes montados pelo Grupo, apresentaram uma amplitude menor do que 10% da

média do tempo de montagem por lote. Além de 41,67% das classes apresentaram um desvio padrão médio, por lote, inferior a 2 segundos e 4,17% inferior a 1 segundo.

No Grupo “Experimental”, não foi encontrada nenhuma anomalia. Todas as classes tiveram a amplitude média e o desvio padrão médios diminuindo gradativamente conforme o número de peças montadas. Desta forma, 22,92% dos lotes montados pelo Grupo apresentaram uma amplitude menor do que 10% da média do tempo de montagem por lote. 62,5% das classes apresentaram um desvio padrão médio, por lote, inferior a 2 segundos e 33,33% inferior a 1 segundo.

#### 4.1.3 Falhas de Montagem

As falhas de montagem são apontadas quando o sujeito pega um componente da peça fora da ordem de montagem, monta algum componente fora da sequência estabelecida no roteiro de montagem ou deixa algum componente cair.

As peças que apresentaram falhas de montagem estão demarcadas com a cor verde na planilha de controle do experimento de cada grupo. Ver as Tabelas 1 e 2.

No Grupo “Controle”, 31% das peças montadas apresentaram falhas, sendo 18% das falhas ocorridas no primeiro lote, 8% no segundo lote e 5% no terceiro lote. No Grupo “Experimental”, 9% das peças montadas apresentaram falhas, sendo 2% das falhas ocorridas no primeiro lote, 3% no segundo lote e 2% no terceiro lote.

#### 4.1.4 Defeitos de Montagem

Os defeitos de montagem se referem à ausência de algum componente na peça depois de montada, algum componente montado fora das especificações, se a peça foi danificada durante a montagem ou se a peça foi montada erradamente.

No Grupo “Controle”, apenas 13% dos sujeitos montaram as peças sem apresentar nenhum tipo de defeito. No total deste grupo 16% das peças montadas apresentaram defeitos, sendo o Prolongador mal enroscado o defeito com o maior número de ocorrência (56%), conforme indicado na Tabela 3.

**Tabela 3**  
Índice de Defeitos no Grupo Controle

Tipo de Defeitos	Quantidade de Defeitos	%
Prolongador mal enroscado	43	56%
Castelo mal enroscado	15	19%
Montagem errada	5	6%
Regulador montado errado	4	5%
Faltou o botão	2	3%
Não colocou o regulador	2	3%
Gaveta mal enroscada	2	3%
Faltou o parafuso	1	1%
Faltou o prolongador do castelo	1	1%
Esmagou o anel do castelo	1	1%
Esgalou a rosca da gaveta	1	1%
<b>Total</b>	<b>77</b>	<b>100%</b>
Total de Peças Montadas		480
Percentual de Defeitos		16%
Experimento Sem Defeitos		13%

**Nota.** Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

No Grupo “Experimental”, 66% dos sujeitos montaram as peças sem apresentar nenhum tipo de defeito. Apenas 4% das peças montadas apresentaram defeitos. O defeito com o maior número de ocorrência foi o Prolongador mal enroscado, com 42%, conforme demonstrado na Tabela 4.

**Tabela 4**  
Índice de Defeitos no Grupo Experimental

Tipo de Defeitos	Quantidade de Defeitos	%
Prolongador mal enroscado	8	42%
Castelo mal enroscado	4	21%
Faltou o Regulador	2	11%
Montagem errada	2	11%
Regulador montado errado	2	11%
Não colocou o regulador	1	5%
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>100%</b>
Total de Peças Montadas		480
Percentual de Defeitos		4%
Experimento Sem Defeitos		66%

**Nota.** Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

As peças defeituosas estão demarcadas com a cor vermelha na planilha de controle do experimento de cada grupo. Ver as Tabelas 1 e 2.

#### 4.1.5 Independência de Montagem, Pelo Sujeito.

Antes de começar cada experimento, os sujeitos foram informados que o roteiro de montagem poderia ser retirado quando eles se sentissem confortáveis em realizar o experimento sem consultar o roteiro. Foi lhes explicado, que a mesma sequência de montagem deveria ser mantida, com ou sem o roteiro.

No Grupo “Controle”, 25% dos sujeitos utilizaram o roteiro em todo o experimento, sendo que 44% destes sujeitos deixaram de usar o roteiro após a peça L2P1; 9% após a peça L2P2; 9% após a peça L3P1; 6% após a peça L2P4; 3% após a peça L2P5 e 3% após a peça L3P2.

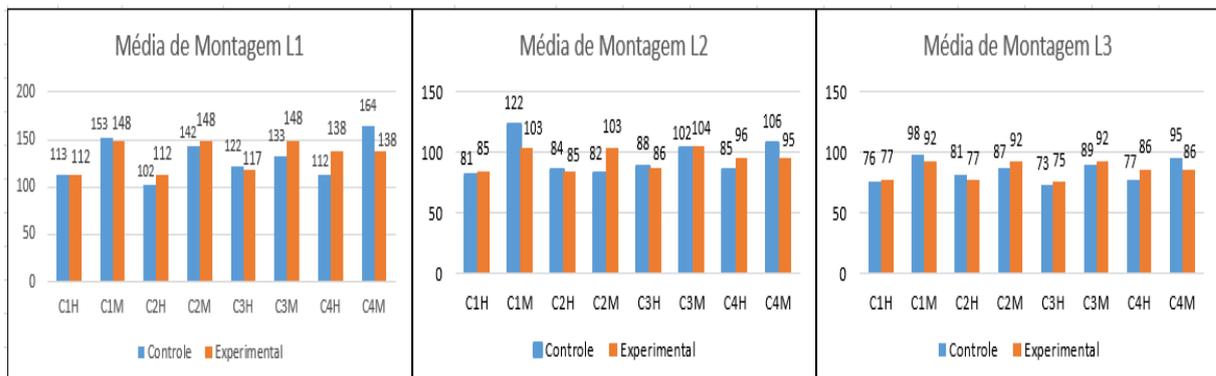
Neste grupo, 13% dos sujeitos apresentaram mais defeitos ou falhas após deixar de usar o roteiro. Entretanto 28% das peças montadas sem o auxílio do roteiro apresentaram defeitos ou falhas de montagem.

No Grupo “Experimental”, 12% dos sujeitos utilizaram o roteiro em todo o experimento, sendo que 38% destes sujeitos deixaram de usar o roteiro após a peça L2P1; 16% após a peça L2P2; 16% após a peça L3P1; 9% após a peça L2P3; 6% após a peça L2P4; 3% após a peça L2P5.

Aproximadamente 16% dos sujeitos do Grupo “Experimental” apresentaram mais defeitos ou falhas após deixar de usar o roteiro. Entretanto, 9% das peças montadas sem o auxílio do roteiro apresentaram defeitos ou falhas de montagem.

#### 4.2 Análise do Experimento.

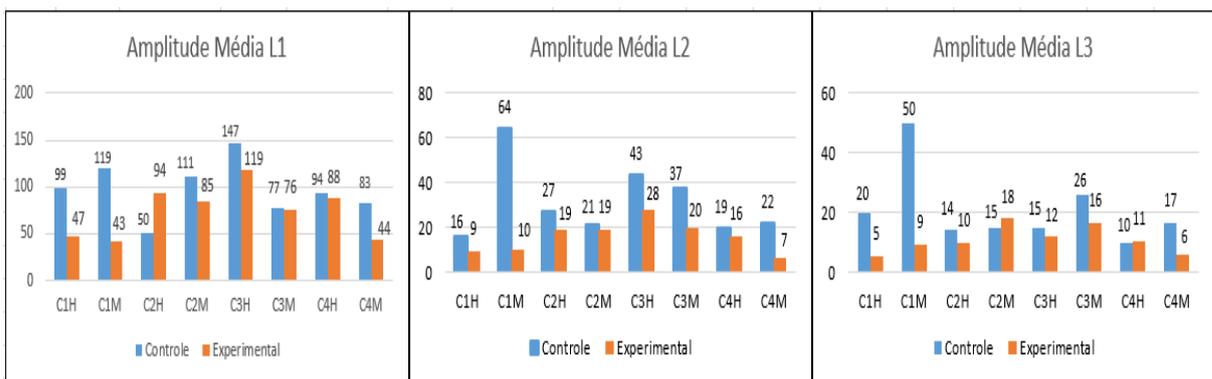
Iniciaremos esse procedimento pela validação das hipóteses. Primeiramente comparamos as médias dos tempos de montagem de cada lote, por classe, conforme demonstrado na Figura 9.



**Figura 9:** Comparativo Entre os Tempos Médios de Montagem das Peças  
 Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Das 24 médias comparadas, apenas 8 médias (33%) apresentaram uma diferença considerável. São elas: Classe C2H, C3M, C4H e C4M no L1, além das classes C1M, C2M, C4H e C4M no L2. As demais médias apresentaram valores aproximados. Entretanto, 58% das médias do Grupo “Controle” foram menores na comparação com as médias do Grupo “Experimental”.

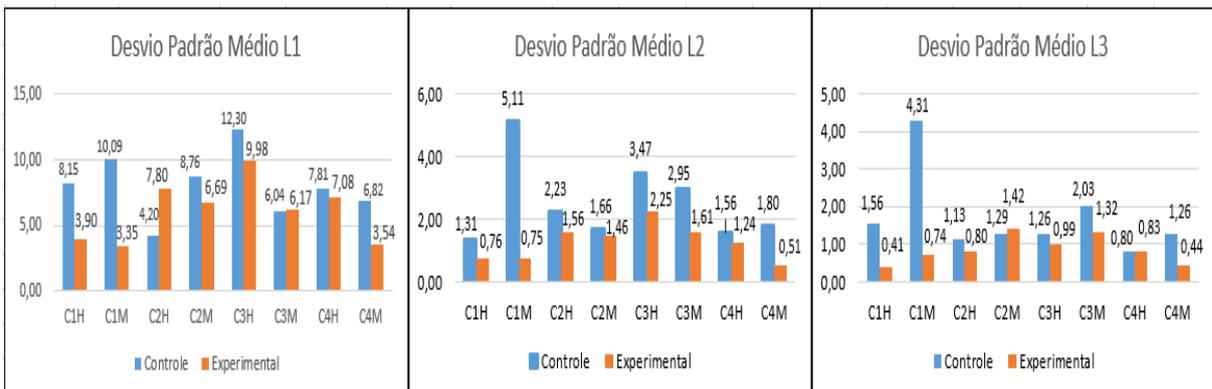
Em seguida foi analisado o desempenho de montagem através da análise da amplitude e do desvio padrão. Para tal, foi necessário comparar a amplitude média de cada lote, por classe. Ver Figura 10.



**Figura 10:** Comparativo Entre as Amplitudes Médias

Fonte: Elaborado Pelo Autor, 2020.

Conforme demonstrado no Figura 10, 88% dos valores das amplitudes médias do Grupo “Experimental” foram menores, na comparação com os valores das amplitudes médias do Grupo “Controle”. Continuando a análise do desempenho de montagem, foi comparado o desvio padrão médio de cada lote por classe. Ver Figura 11.

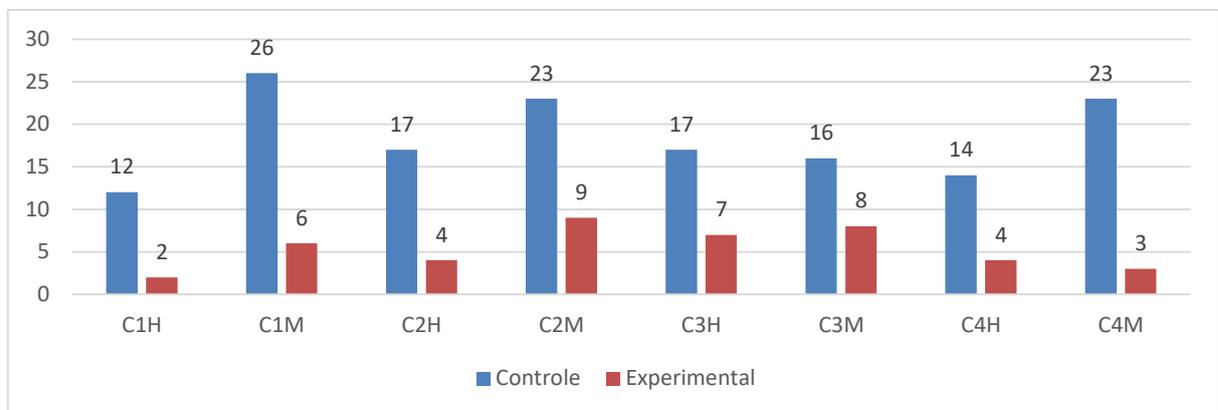


**Figura 11:** Comparativo Entre os Desvios Padrões

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

Conforme demonstrado no Figura 11, 92% dos valores do desvio padrão médio do Grupo “Experimental” foram menores, na comparação com os valores do desvio padrão médio do Grupo “Controle”.

Dando sequência à análise, um comparativo entre as falhas de montagem foi realizado. No total, o Grupo “Controle” obteve 148 falhas, que representa 31% das peças montadas. O Grupo “Experimental” obteve 43 falhas, que representa 9% das peças montadas. O comparativo entre as falhas, por classe, está representado no Figura 12.



**Figura 12:** Comparativo Entre as Falhas de Montagem

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

O próximo passo foi o comparativo entre os defeitos de montagem. 16% das peças montadas pelo Grupo “Controle” apresentaram defeitos, enquanto o Grupo “Experimental” obteve apenas 4% de peças defeituosas.

Podemos destacar que 13% dos sujeitos do Grupo “Controle” montaram todas as peças sem apresentar nenhum tipo de defeito, enquanto que 66% dos sujeitos do Grupo “Experimental” também montaram as peças sem nenhum defeito. Ver Tabela 3 e Tabela 4.

Em seguida, foi comparado a autonomia dos sujeitos. Para isso, foi observado se os sujeitos se sentiam confortáveis em montar as peças sem o auxílio dos roteiros. Sendo assim, constatamos que 75% dos sujeitos, do Grupo “Controle”, deixaram de usar o roteiro em algum momento. Das peças fabricadas sem o auxílio do roteiro, 28% apresentaram defeitos ou falhas.

Já no Grupo “Experimental”, 88% dos sujeitos deixaram de usar o roteiro em algum momento. Das peças fabricadas sem o auxílio do roteiro, 9% apresentaram defeitos ou falhas. Para finalizar a análise, a próxima seção traz a validação das hipóteses.

#### 4.2.1 *Validação das Hipóteses.*

A primeira hipótese analisada foi: “A Realidade Aumentada pode adaptar um sistema produtivo para proporcionar capacitação profissional”.

Desde o início das sociedades, os seres humanos procuram encontrar soluções para melhorar as condições de trabalho; assim surgiu a mecanização do trabalho, eletricidade e automação, que fazem parte do cotidiano de hoje (Pereira, Lima & Charrua-Santos, 2019). E eis que o desenvolvimento da tecnologia permite melhorar o padrão de vida da humanidade. (Nakanishi, 2019 apud Pereira, Lima & Charrua-Santos, 2019).

Baseado na pesquisa realizada neste trabalho e nas citações dos autores nos parágrafos anteriores, pode-se afirmar que a RA poderá ser empregada para adaptar os sistemas produtivos.

Tomando como base os resultados do grupo que utilizou a RA obteve-se o seguinte:

- Um número pequeno de defeitos de montagens;
- Uma baixa ocorrência de falhas de montagem;
- Um número pequeno de falhas e defeitos após o término do treinamento;
- Uma maior confiança para realizar a montagem das peças sem auxílio ou instruções;

Pode-se, assim, afirmar que o método empregado proporcionou capacitação profissional.

A segunda hipótese analisada foi: “A Realidade Aumentada pode ser empregada com mais efetividade para capacitação profissional do que métodos tradicionais”. Baseados na comparação entre os dois métodos de capacitação profissional, pode-se afirmar que o método de treinamento utilizando a RA proporciona:

- Uma menor variação entre os tempos de montagem;
- Uma menor variação entre os tempos de montagem e a média dos tempos de montagem.
- Um ritmo de produção com mais constância e baixa variabilidade.

Nas comparações dos resultados entre os grupos, onde o Grupo “Experimental” obteve melhores resultados em quase todas as variáveis analisadas, pode-se afirmar que a RA é mais efetiva para a capacitação profissional do que métodos tradicionais. Tal resultado vai ao encontro à afirmação de Gavish *et al.* (2015), onde o autor diz que a utilização da RA proporcionará treinamentos mais eficientes, economizando tempo e dinheiro. Desta forma podemos afirmar que as hipóteses foram validadas, com base nas comparações realizadas nas seções anteriores.

No próximo capítulo será apresentada a conclusão do presente trabalho, demonstrando um compilado dos resultados, as contribuições do presente estudo, os limites de pesquisa, as possibilidades de novos estudos e a impressão final.

## 6 CONCLUSÃO

O objetivo principal deste estudo se concentrou em investigar, via experimento, como a realidade aumentada pode ser empregada para adaptar um sistema produtivo, proporcionando capacitação profissional. Para tal, o presente trabalho demonstrou através de um experimento que a ferramenta tecnológica RA pode adaptar um sistema produtivo para melhorar a capacitação profissional das pessoas.

Assim, os objetivos específicos foram descritos, visando delinear o tema desta pesquisa e detalhar os processos para a realização deste trabalho. O primeiro deles consiste em testar um método, utilizando uma das novas ferramentas tecnológicas para adaptar um sistema produtivo, através da capacitação profissional.

Sendo assim, foi desenvolvido um método utilizando a RA para adaptar um processo de montagem de um registro hidráulico, de gaveta, modelando um sistema interativo para treinamento profissional. Esse método foi testado em um experimento do tipo “apenas depois”.

Os demais objetivos específicos visam comparar o método proposto com um método tradicional e analisar as vantagens e desvantagens encontradas no experimento. Assim foi identificado que o método proposto proporcionou um número pequeno de falhas e defeitos de montagem, mantendo o ritmo de produção constante e uma baixa variabilidade, quando comparado com métodos tradicionais de treinamento. Além disso, identificamos que os tempos médios de montagem foram ligeiramente menores, nesta mesma comparação.

Para aprofundar no tema desta pesquisa, a seguinte problemática foi identificada:

*A Realidade Aumentada pode adaptar um sistema produtivo para proporcionar capacitação profissional?*

Visando resolver tal problemática um experimento foi criado, para checar duas hipóteses, as quais foram avaliadas através da operacionalização das variáveis do experimento. A primeira hipótese consiste em analisar se a RA pode adaptar um sistema produtivo, proporcionando capacitação profissional. A adaptação do sistema está evidenciada no lado direito da Figura 8, onde o sujeito usa uns óculos de realidade virtual para ter acesso ao roteiro, enquanto realiza a montagem da peça. Outra adaptação está na utilização dos marcadores da RA no Kit. A capacitação profissional foi atendida e confirmada nos resultados do experimento.

A segunda hipótese consiste em identificar se a RA pode ser empregada com mais efetividade para capacitação profissional do que métodos tradicionais. Para testar essa hipótese, foi conduzido o experimento com uma abordagem comparativa, onde dois grupos homogêneos trabalharam com métodos diferentes de treinamento e seus desempenhos foram comparados.

Nesta comparação, das cinco variáveis analisadas, em apenas uma delas que o método utilizando a RA não foi o melhor. Assim, ficou demonstrando que o método de RA é mais efetivo para a capacitação profissional.

O experimento com RA foi analisado, através da comparação das médias, amplitudes e desvio padrão dos tempos de montagem; desempenho na montagem; falhas nas montagens; defeitos e quando os sujeitos deixaram de usar as instruções de montagem. Neste comparativo apenas as médias de montagem do método de RA foi inferior ao método tradicional. Nas demais o método de RA foi melhor.

Este trabalho contribui para demonstrar que a RA pode ser inserida como um sistema de treinamento ou pode ser empregada como uma ferramenta de trabalho, onde o trabalhador é treinado, enquanto realiza a produção das peças.

Entretanto este estudo foi limitado pela pandemia do COVID-19, trazendo dificuldade para montar os grupos do experimento, visto que as pessoas estavam com receio de participar do experimento e se expor ao vírus. O processo de execução do experimento também foi prejudicado, pois o experimento tinha que ser conduzido individualmente, sujeito por sujeito,

e todas as peças tinham que ser esterilizadas em cada experimento. Assim o processo ficou lento e demorou mais do que era esperado.

Outra limitação foi a animação da RA. Tal animação poderia incluir mais itens, como áudios narrativos da atividade, cronômetro, ilustrações dos ajustes e até mesmo vídeos da execução da atividade. Tais itens não foram realizados devido ao tempo para fazer tais animações e pela limitação de recursos financeiros do pesquisador. Sendo assim, a inclusão desses itens possibilitará novos estudos, bem como enriquecerá a aplicação da RA no meio industrial, ensinando as pessoas a realizar as atividades que elas não saibam.

O presente estudo demonstrou como usar as novas tecnologias para realizar aquilo que não conseguimos fazer ou demoramos muito para tal. Essa afirmação está embasada nos resultados do experimento. Vê-se, muitas vezes, uma tendência de utilização da tecnologia para realizar atividades que podem prejudicar a saúde das pessoas, tais como serviço de movimentação de cargas, atividades repetitivas, atividades que podem gerar perigo para quem as executa, melhorando assim a qualidade de vida das pessoas.

Conclui-se, então, que este estudo comprova que a utilização de recursos tecnológicos capacita as pessoas em qualquer atividade, melhorando o seu desempenho, além de ter como consequência um processo mais econômico. Por fim, este estudo proporcionou enxergar as inúmeras possibilidades da aplicação dos recursos tecnológicos, para melhorar as condições das atividades laborais, trazendo comodidade, conforto, resolvendo problemas, promovendo capacitação profissional, aprimoramento habilidades pessoais, dentre outras inúmeras possibilidades.

## REFERÊNCIAS

- Beuren, I. M. I. (2013). *Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade*. Editora Atlas SA.
- Carvalho, D. D., & Manzini, E. J. (2017). *Aplicação de um programa de ensino de palavras em Libras utilizando tecnologia de realidade aumentada*. Revista Brasileira de Educação Especial, 23(2), 215-232.
- Carvalho, E., Mações, G., Sousa, N., Varajão, I., & Brito, P. (2011). *VRINMOTION: Utilização de Realidade Aumentada no sector mobiliário*.
- Chang, S. N., & Chen, W. L. (2017, May). *Does visualize industries matter? A technology foresight of global Virtual Reality and Augmented Reality Industry*. In *2017 International Conference on Applied System Innovation (ICASI)* (pp. 382-385). IEEE.
- Cuperschmid, A. R. M., Grachet, M. G., & Fabrício, M. M. (2016). *Development of an Augmented Reality environment for the assembly of a precast wood-frame wall using the BIM model*. Ambiente Construído, 16(4), 63-78.

- da Silva, D., & Rosa, J. C. (2019). *A gestão por competências e o processo de treinamento e desenvolvimento de pessoas (t&d): estudo de caso na empresa kl embalagens–São João Batista/SC. Revista Visão: Gestão Organizacional*, 8(2), 79-100.
- da Fonseca, J. J. S. (2002). *Apostila de metodologia da pesquisa científica*. João José Saraiva da Fonseca.
- Fukuyama, M. (2018). *Society 5.0: Aiming for a new human-centered society. Japan Spotlight*, 27, 47-50.
- Gavish, N., Gutiérrez, T., Webel, S., Rodríguez, J., Peveri, M., Bockholt, U., & Tecchia, F. (2015). *Evaluating virtual reality and augmented reality training for industrial maintenance and assembly tasks. Interactive Learning Environments*, 23(6), 778-798.
- Gil, A. A (2017). *Como elaborar projetos de pesquisa*. 6. ed. São Paulo: Atlas.
- Gil, A. A (2019). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. 7. ed. São Paulo: Atlas.
- Ishida, C. Y., Milsted, D. R., do Carmo Freitas, M., Tsunoda, D. F., Machado, G. D., & Conceição, F. H. (2015). *Realidade aumentada: tecnologias inovadoras para o ensino em engenharia e arquitetura. Percurso*, 2(17), 247-258.
- Jetter, J., Eimecke, J., & Rese, A. (2018). *Augmented reality tools for industrial applications: What are potential key performance indicators and who benefits?. Computers in Human Behavior*, 87, 18-33.
- Louzada, F., Diniz, C., & Ferreira, P. (2013). *Controle estatístico de processos: uma abordagem prática para cursos de engenharia e administração*. Grupo Gen-LTC.
- Marras, J. P. (2016). *Administração de recursos humanos: do operacional ao estratégico*. 15.ed. São Paulo: Saraiva Educação SA.
- Montgomery, D. C. (2016). *Introdução ao controle estatístico da qualidade*. 7.ed. Rio de Janeiro: Grupo Gen-LTC.
- Onday, O. (2019). *Japan's society 5.0: going beyond industry 4.0. Business and Economics Journal*, 10(2), 2-7.
- Palmarini, R., Erkoyuncu, J. A., Roy, R., & Torabmostaedi, H. (2018). *A systematic review of augmented reality applications in maintenance. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 49, 215-228.
- Pereira, A. G., Lima, T. M., & Charrua-Santos, F. (2019, August). *Society 5.0 as a result of the technological evolution: Historical approach. In International Conference on Human Interaction and Emerging Technologies* (pp. 700-705). Springer, Cham.
- Shiroishi, Y., Uchiyama, K., & Suzuki, N. (2019). *Better actions for society 5.0: using AI for evidence-based policy making that keeps humans in the loop. Computer*, 52(11), 73-78.
- Shiroishi, Y., Uchiyama, K., & Suzuki, N. (2018). *Society 5.0: For human security and well-being. Computer*, 51(7), 91-95.