



**UFAM**

**Universidade Federal do Amazonas**  
**Faculdade de Tecnologia**  

---

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia de**  
**Produção - PPGE**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
**MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**NICOLLY REBECA DA SILVA RIBEIRO**

**AUDITORIA INTERNA: UM ESTUDO LONGITUDINAL NA ADMINISTRAÇÃO**  
**PÚBLICA SOBRE A UTILIZAÇÃO DAS TECNOLOGIAS HABILITADORAS DA**  
**INDÚSTRIA 4.0.**

**MANAUS - AM**

**2023**



**UFAM**

**Universidade Federal do Amazonas**  
**Faculdade de Tecnologia**  

---

**Programa de Pós-Graduação em Engenharia de**  
**Produção - PPGE**



**NICOLLY REBECA DA SILVA RIBEIRO**

**AUDITORIA INTERNA: UM ESTUDO LONGITUDINAL NA ADMINISTRAÇÃO  
PÚBLICA SOBRE A UTILIZAÇÃO DAS TECNOLOGIAS HABILITADORAS DA  
INDÚSTRIA 4.0**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração: Tecnologias Emergentes.

Orientador: Prof. Dr. Armando Araújo de Souza Junior.

MANAUS - AM

2023

### Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

R484a Ribeiro, Nicolly Rebeca da Silva  
Auditoria Interna: um estudo longitudinal na Administração Pública sobre a utilização das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 / Nicolly Rebeca da Silva Ribeiro . 2023  
178 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Armando Araújo de Souza Júnior  
Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) -  
Universidade Federal do Amazonas.

1. Indústria 4.0. 2. Tecnologias Habilitadoras. 3. Administração Pública. 4. Auditoria Interna. I. Souza Júnior, Armando Araújo de. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



**Universidade Federal do Amazonas**  
**Faculdade de Tecnologia**  
**Programa de Pós-Graduação em Engenharia de**  
**Produção - PPGEP**



**NICOLLY REBECA DA SILVA RIBEIRO**

**AUDITORIA INTERNA: UM ESTUDO LONGITUDINAL NA ADMINISTRAÇÃO  
PÚBLICA SOBRE A UTILIZAÇÃO DAS TECNOLOGIAS HABILITADORAS DA  
INDÚSTRIA 4.0**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como parte do requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Área de concentração: Tecnologias Emergentes.

Aprovada em **28** de junho de 2023.

**BANCA EXAMINADORA**

**Prof. Dr. Armando Araújo de Souza Júnior**, Presidente  
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

**Prof. Dr. Jonas Fernando Petry**, Membro  
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

**Prof. Dr. Marcelo Albuquerque de Oliveira**, Membro  
Universidade Federal do Amazonas – UFAM

*“Quando passares pelas águas estarei contigo, e quando pelos rios, eles não te submergirão; quando passares pelo fogo, não te queimarás, nem a chama arderá em ti”.*

*“Porque eu sou o Senhor teu Deus, o Santo de Israel, o teu Salvador; dei o Egito por teu resgate, a Etiópia e a Seba em teu lugar”.*

*Isaías 43:2-3*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a *Deus* por seu infindável amor, por ter me concedido o dom da vida e por ter me permitido chegar até aqui nessa caminhada acadêmica e profissional.

Ao meu amado esposo *Guarniery Lima*, pela sua compreensão nos momentos em que estive ausente em sua vida enquanto cursava o mestrado e discorria esta dissertação, por me incentivar a seguir em frente nesta caminhada nos momentos em que pensei desistir e por ter me ouvido falar sobre Indústria 4.0 durante esse um ano de pesquisa.

Ao meu orientador, Prof. Dr. *Armando Araújo de Souza Júnior*, a minha gratidão por ter me dado a oportunidade de ser sua orientanda, por me ceder seu precioso tempo em reuniões para orientar-me, por conseguir extrair o máximo de empenho e dedicação desta mestranda durante as fases desta dissertação, registro aqui a notável dedicação deste professor à academia e aos alunos que orienta.

Ao Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, Prof. Dr. *Marcelo Albuquerque de Oliveira*, pelo apoio durante esta jornada e por se disponibilizar a sanar as dúvidas desta mestranda.

À Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, na pessoa da senhora *Beatriz* por fornecer um excelente atendimento aos mestrandos e prestar as informações pertinentes sempre com gentileza e em tempo hábil.

Aos *professores* que formam o corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, pelas aulas ministradas, por estarem sempre dispostos a nos passar os conhecimentos necessários e por nos incentivarem a prosseguir no curso.

Às *instituições públicas* que me permitiram realizar esta pesquisa em seus Setores de Auditoria Interna e aos *Auditores Internos* entrevistados por cederem seu tempo para serem entrevistados colaborando ativamente com os dados desta pesquisa.

## RESUMO

Na atual conjuntura de uma 4ª Revolução Industrial também denominada de Indústria 4.0, vivencia-se uma mudança de paradigma oriunda do âmbito privado que se irradia para todas as esferas da sociedade, inclusive para a Administração Pública. Diante disso, os cidadãos enquanto detentores de direitos esperam que os serviços públicos sejam permeados por esta nova revolução, sendo relevante para a coletividade conhecer do nível de imersão tecnológica em que se encontra as estruturas governamentais, em especial as estruturas de auditoria interna da máquina pública que atuam como ferramentas de apoio da sociedade no que tange à defesa da *res* pública. Neste sentido, esta pesquisa teve o objetivo avaliar o nível de utilização das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0 no processo de auditoria governamental nas esferas federal, estadual e municipal visando o desenvolvimento desta atividade no atual cenário de Indústria 4.0. Para atingir o objetivo proposto, foi realizada uma pesquisa de abordagem qualitativa, de cunho exploratório e descritivo baseado em dados coletados por meio de pesquisa documental e entrevistas semiestruturadas. Os resultados do estudo indicam que a inserção tecnológica do processo de auditoria governamental apresenta um nível inicial quanto a sua aderência à Indústria 4.0. A pesquisa realizada apontou oportunidades que indicam que os setores de Auditoria Interna Governamental já estão caminhando para a inserção tecnológica frente a este cenário de I4.0, entretanto diagnosticou-se que avanços maiores precisam ser engendrados pela Administração Pública para que os desafios, principalmente de investimentos e infraestrutura tecnológica, sejam vencidos para uma eficiente e completa aderência às tecnologias pilares que estruturam este novo cenário de Indústria 4.0.

**Palavras-chave:** Indústria 4.0. Tecnologias Habilitadoras. Administração Pública. Auditoria Interna.

## ABSTRACT

In the current context of a 4th Industrial Revolution also called Industry 4.0, there is a paradigm shift coming from the private sphere that radiates to all spheres of society, including Public Administration. Given this, citizens as holders of rights expect public services to be permeated by this new revolution, and it is relevant for the community to know the level of technological experience in which the governed structures are located, in particular the internal audit structures of the public machine. that work as tools to support society in terms of defending public affairs. In this sense, this research aimed to evaluate the level of use of technologies enabled by Industry 4.0 in the process of government audits at the federal, state, and municipal levels, aiming at the development of this activity in the current scenario of Industry 4.0. In order to reach the proposed objective, a research with a qualitative approach was carried out, with an exploratory and descriptive nature, based on data collected through documentary research and semi-structured interviews. The results of the study indicate that the level of technological insertion of the government audit process presents an initial level in terms of its direction toward Industry 4.0. The research carried out presented opportunities that indicate that the Governmental Internal Audit sectors are already motivated for technological insertion in the face of this I4.0 scenario, however, it was diagnosed that greater advances need to be engendered by the Public Administration so that the challenges, mainly of investments and technological infrastructure, are matured for an efficient and complete adherence to the technologies that structure this new scenario of Industry 4.0.

**Keywords:** Industry 4.0. Enabling Technologies. Public Administration. Internal Audit.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Revoluções Industriais.....	22
<b>Figura 2</b> - Layout da I4.0.....	26
<b>Figura 3</b> - Princípios de design da I4.0.....	29
<b>Figura 4</b> -Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0. ....	31
<b>Figura 5</b> - Integração entre sistema virtual e sistema físico. ....	34
<b>Figura 6</b> - Interação homem-máquina por intermédio de CPS.....	35
<b>Figura 7</b> - Ataques cibernéticos a Sistemas de Controle Industrial de 2013 a 2016. ....	37
<b>Figura 8</b> - Vários serviços na fabricação em nuvem. ....	38
<b>Figura 9</b> - Três robôs autônomos industriais realizando pintura com spray.....	41
<b>Figura 10</b> - I4.0 e fábricas inteligentes como parte da Internet de Coisas e Serviços...	44
<b>Figura 11</b> - Rede de IIoT em um sistema fabril.....	45
<b>Figura 12</b> - Display de cabeça, display de mão e display aeroespacial.....	47
<b>Figura 13</b> - Valor da realidade Aumentada Industrial na I. 4.0.....	48
<b>Figura 14</b> - Projeto baseado na ferramenta gêmeo digital.....	50
<b>Figura 15</b> - Manufatura Subtrativa versus Manufatura Aditiva. ....	51
<b>Figura 16</b> - Fluxograma do processo produtivo com a Manufatura Aditiva. ....	53
<b>Figura 17</b> - As três dimensões de integração de sistemas. ....	54
<b>Figura 18</b> - Integração Horizontal por intermédio de redes de criação de valor. ....	57
<b>Figura 19</b> - Engenharia de ponta a ponta no ciclo de vida de um produto. ....	58
<b>Figura 20</b> - Linha do tempo do governo eletrônico ao governo digital.....	67
<b>Figura 21</b> - Tipos de Auditoria. ....	73
<b>Figura 22</b> - Modelo das 3 Linhas de Defesa.....	75
<b>Figura 23</b> – As 4 Gerações da Auditoria. ....	77
<b>Figura 24</b> - Objetivos da pesquisa e seus procedimentos operacionais.....	93
<b>Figura 25</b> - Estrutura de operacionalização da pesquisa. ....	93
<b>Figura 26</b> - Posicionamento da AIG no Organograma Administrativo Macro da Instituição 1.....	95
<b>Figura 27</b> - Estrutura funcional da unidade de Auditoria da Instituição 1. ....	97
<b>Figura 28</b> - Estrutura funcional da unidade de Auditoria da Instituição 2. ....	98
<b>Figura 29</b> - Posicionamento da Unidade de Auditoria no Organograma da Instituição 3.....	100
<b>Figura 30</b> - Levantamento documental das unidades de Auditoria. ....	103

<b>Figura 31</b> - Inserção de recursos tecnológicos. ....	103
<b>Figura 32</b> - Recursos tecnológicos utilizados. ....	104
<b>Figura 33</b> - Recebimento dos processos via sistemas na unidade de Auditoria 3. ....	105
<b>Figura 34</b> - Avanço na utilização de plataformas digitais. ....	106
<b>Figura 35</b> - Objetivos das atividades de auditoria. ....	107
<b>Figura 36</b> - Fases das atividades desenvolvidas no âmbito do Setor de Auditoria.....	107
<b>Figura 37</b> - Utilização de amostragem no âmbito das atividades de auditoria.....	108
<b>Figura 38</b> - Utilização de amostragem no âmbito das atividades de auditoria.....	108
<b>Figura 39</b> - Força de Trabalho no setor de Auditoria Federal em 2019. ....	108
<b>Figura 40</b> - Insuficiência de força de Trabalho no setor em 2019.....	109
<b>Figura 41</b> - Insuficiência de força de Trabalho no setor em 2022.....	109
<b>Figura 42</b> - Insuficiência de força de Trabalho no setor em 2019.....	109
<b>Figura 43</b> - Recursos para monitoramento das recomendações de auditoria. ....	110
<b>Figura 44</b> - Quantidade de recomendações que a AIG deve acompanhar a implementação. ....	110
<b>Figura 45</b> - Tecnologias Habilitadoras Aderentes.....	112
<b>Figura 46</b> - Benefícios do emprego da IoT.....	113
<b>Figura 47</b> - Benefícios do emprego da computação em nuvem. ....	115
<b>Figura 48</b> - Benefícios do Big Data no âmbito das atividades de auditoria. ....	116
<b>Figura 49</b> - Benefícios da Inteligência Artificial no âmbito das atividades de auditoria. ....	118
<b>Figura 50</b> - Benefícios da Segurança Cibernética no âmbito das atividades de auditoria.....	119
<b>Figura 51</b> - Modelo de Categorização Temática de Mensuração Tecnológica. ....	121
<b>Figura 52</b> - Metodologia da análise de conteúdo das entrevistas. ....	123
<b>Figura 53</b> - Oportunidades e desafios dos Setores de AIG.....	151

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> - Conhecimento sobre Tecnologias Habilitadoras.....	124
<b>Gráfico 2</b> - Utilização de Tecnologias Habilitadoras. ....	126
<b>Gráfico 3</b> - Nível de implementação tecnológica. ....	130
<b>Gráfico 4</b> - Importância dada pela Alta Administração.....	132
<b>Gráfico 5</b> - Digitalização dos processos dos Setores de Auditoria Interna.....	135
<b>Gráfico 6</b> - Nível de automatização. ....	136
<b>Gráfico 7</b> - Integração entre tecnologia da informação e processos. ....	138
<b>Gráfico 8</b> - Treinamento e Qualificação dos Auditores.....	142
<b>Gráfico 9</b> -Infraestrutura Tecnológica do Setor de Auditoria.....	146
<b>Gráfico 10</b> - Investimentos em tecnologias direcionado aos Setores de Auditoria. ....	148

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Conceitos Indústria 4.0. ....	27
<b>Quadro 1</b> - Conceitos Indústria 4.0 (continuação). ....	28
<b>Quadro 2</b> - Movimentos mundiais relacionados à 4ª Revolução Industrial. ....	59
<b>Quadro 3</b> - Ranking de competitividade global de manufatura. ....	60
<b>Quadro 4</b> - Proposições de políticas brasileiras para a Indústria 4.0.....	63
<b>Quadro 5</b> - Marcos regulatórios do governo digital no Brasil.....	68
<b>Quadro 6</b> - Vantagens da Auditoria Pública.....	75
<b>Quadro 6</b> - Vantagens da Auditoria Pública (continuação).....	76
<b>Quadro 7</b> - Tecnologias utilizadas no âmbito do Tribunal de Contas da União. ....	79
<b>Quadro 8</b> - Níveis de Avaliação do Modelo de Mensuração Tecnológica.....	122

## LISTA DE SIGLAS

AGU - Advocacia-Geral da União

AIG - Auditoria Interna Governamental

BDA - *Big Data Analytics*

CGU - Controladoria-Geral da União

CNI - Confederação Nacional da Indústria

COVID 19 - Coronavírus SARS-CoV-2

CPS - Sistemas Ciberfísicos

DTTL- *Deloitte Touche Tohmatsu Limited*

EGD - Estratégia de Governança Digital

I4.0 - Indústria 4.0

IBGC - Instituto Brasileiro de Governança Corporativa

IEL - Instituto Euvaldo Lodi

IIA- Instituto dos Auditores Internos

IIoT - Internet Industrial das Coisas

IoT - Internet das Coisas

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

SEI - Sistema Eletrônico de Informação

TCLE - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TCU - Tribunal de Contas da União

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>14</b>
1.1	Contextualização do tema	14
1.2	Situação Problema	16
1.3	Objetivos	17
1.3.1	Objetivo Geral	17
1.3.2	Objetivos específicos	18
1.4	Justificativa	18
1.5	Estrutura da Dissertação	20
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>21</b>
2.1	Revoluções Industriais	21
2.2	Indústria 4.0	25
2.3	Princípios da Indústria 4.0	29
2.4	Tecnologias Habilitadoras da I.4.0	30
2.4.1	Big Data Analytics (BDA)	32
2.4.2	Sistemas Ciberfísicos (CPS) e Segurança Cibernética	34
2.4.3	Armazenamento em Nuvem	37
2.4.4	Robôs Autônomos e Inteligência Artificial	40
2.4.5	Internet das Coisas (IoT) e Internet Industrial das Coisas (IIoT)	42
2.4.6	Realidade Aumentada	46
2.4.7	Simulação	48
2.4.8	Manufatura Aditiva	50
2.4.9	Integração de Sistemas Horizontal e Vertical	54
2.5	Movimentos Mundiais da Indústria 4.0	58
2.6	As Revoluções da Administração Pública Brasileira	64
2.7	O processo de digitalização da Administração Pública Brasileira	66
2.8	Auditoria Interna Governamental: terceira linha de defesa da Administração Pública	72
2.9	A I4.0 no âmbito das atividades de auditoria	77
<b>3</b>	<b>PERCURSO METODOLÓGICO</b>	<b>81</b>
3.1	Natureza da Pesquisa	82
3.2	Objetivos da Pesquisa	83
3.3	Abordagem da Pesquisa	84
3.4	Procedimentos da Pesquisa	84

<b>3.4.1</b>	<b>Estudo de casos múltiplos .....</b>	<b>85</b>
<b>3.5</b>	<b>Métodos para coleta de dados.....</b>	<b>86</b>
<b>3.6</b>	<b>Análise dos resultados .....</b>	<b>89</b>
<b>3.7</b>	<b>Operacionalização da Pesquisa .....</b>	<b>92</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>94</b>
<b>4.1</b>	<b>Caracterização dos locais objeto deste estudo .....</b>	<b>94</b>
4.1.1	Unidade de AIG da Instituição 1 (Esfera Federal) .....	94
4.1.2	Unidade de AIG da Instituição 2 (Esfera Estadual) .....	97
4.1.3	Unidade de AIG da Instituição 3 (Esfera Municipal).....	100
<b>4.2</b>	<b>Levantamento e análise documental .....</b>	<b>102</b>
<b>4.3</b>	<b>Tecnologias Habilitadoras Aderentes .....</b>	<b>111</b>
<b>4.4</b>	<b>Mensuração do nível de inserção tecnológica dos Setores de AIG frente à I4.0.....</b>	<b>120</b>
<b>4.5</b>	<b>Análise da mensuração tecnológica dos setores de AIG frente à I4.0.....</b>	<b>123</b>
<b>4.6</b>	<b>Diagnóstico do nível de inserção tecnológica com a identificação das oportunidades e desafios ...</b>	<b>150</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>155</b>
<b>6</b>	<b>CONTRIBUIÇÕES.....</b>	<b>158</b>
<b>6.1</b>	<b>Contribuições Acadêmicas.....</b>	<b>158</b>
<b>6.2</b>	<b>Contribuições Econômicas.....</b>	<b>158</b>
<b>6.3</b>	<b>Contribuições Sociais .....</b>	<b>159</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>160</b>
	<b>APÊNDICE .....</b>	<b>176</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização do tema

Inovações tecnológicas estão surgindo e em intervalos cada vez menores ocasionam marcos civilizatórios, modificando assim a vida humana em variados aspectos. Isso aconteceu com a invenção da roda, da máquina a vapor, do telefone, dos computadores e atualmente está ocorrendo com a chegada da internet, as organizações fabris avançaram bastante desde o processo de usinagem até a chegada da manufatura automatizada, de modo que contemporaneamente os sistemas de fabricação e industrialização passam por modificações profundas com a manifestação de uma 4ª Revolução Industrial, a sociedade está diante de um novo marco civilizatório com a transformação digital, com a eclosão da ciência dos dados, inteligência artificial, robótica, computação cognitiva e biotecnologia (FERNANDES, 2019; PHUYAL; BISTA; BISTA, 2020).

Hodiernamente, a sociedade vive e integra essa 4ª Revolução Industrial, trata-se de nova revolução iniciada em 2011 pela Alemanha e também denominada de Indústria 4.0 (I4.0), esta nova revolução se perfaz pelo desenvolvimento de tecnologias de comunicação e informação, ensejando alto nível de automação por intermédio dos sistemas ciberfísicos, controle descentralizado e conectividade avançada, de forma que essa revolução tecnológica que se vivencia vem para modificar drasticamente a maneira como se vive, trabalha-se e a sociedade interage entre si, refere-se a uma mudança disruptiva que será integrada e abrangente, envolvendo todos os agentes globais tanto dos setores privados quanto dos setores públicos, essa 4ª Revolução Industrial tem o condão de melhorar a qualidade de vida dos humanos em cadeia global (ALCÁCER *et al.*, 2022; SCHWAB, 2016).

À vista disso, a I4.0 define-se como uma nova revolução industrial justamente pelo seu caráter disruptivo, configurando-se como uma mudança de paradigma que introduz e incorpora tecnologias da comunicação e informação na manufatura e que é suportada e estimulada pela inserção de diversas tecnologias incluindo robótica, *big data*, plataformas em nuvem, tecnologias avançadas de trabalho em rede, ocasionando uma mudança cultural que leva as organizações a modificarem a forma como realizam negócios,

estruturam os empreendimentos, produzem e gerem as funções e as responsabilidades de seus trabalhadores, essa 4ª Revolução Industrial atrela-se a uma estratégia baseada no desenvolvimento da fábrica inteligente, com sistemas de automação conectados, novos meios de interação homem-máquina e novos métodos de trabalho (FACCHINI; DIGIESI; PINTO, 2022; FLAMINI; NALDI, 2022).

No contexto da I4.0, em que esta proporciona mais eficiência nos processos, aumento da produtividade e criação de produtos e serviços inovadores, nessa nova era moderna da tecnologia que permite a ampliação significativa das oportunidades negociais, proporcionando vantagens competitivas e inovadoras, é imprescindível que as organizações utilizem das inovações como forma de se manterem existindo neste cenário competitivo, a utilização de tecnologias leva à redução de custos e a adaptação a novos mercados, permitindo a geração de produtos e serviços diferenciados, os avanços tecnológicos emergidos com essa revolução estão transformando os processos de trabalho e remodelando os negócios, o mundo encontra-se cada vez mais dinâmico, a I4.0 tornou-se uma realidade inquestionável tendo em vista o atual cenário tecnológico que encontra-se presente na vida de quase todo o mundo, de modo que neste cenário de 4ª Revolução Industrial, as organizações, sejam elas privadas ou públicas, não podem ficar alheias às inovações disruptivas que emergem com a I4.0 (DOS SANTOS; VIANNA LORDELO, 2019; COSTA; BASTOS, 2020).

Neste diapasão, mudanças de paradigmas promovidas pelas tecnologias emergentes levam o governo a se inserir no seio dessa mudança, tendo em vista que a administração pública está atrelada aos princípios da modernidade e da eficiência, à vista disso a digitalização dentro da administração pública proporciona que o setor público acompanhe o status atual da sociedade que passou a ter um novo modo de vida trazido pelas mudanças de paradigmas e ainda permite que a administração pública se beneficie das vantagens trazidas pela utilização de tecnologias, a Administração Pública encontra-se cada vez mais compenetrada no mundo tecnológico e isso possibilita a expansão e a melhoria dos serviços públicos prestados à coletividade bem como a forma como o Estado atua e se interliga com a sociedade (REIS, 2021; REIS, 2015).

## 1.2 Situação Problema

A Auditoria é uma atividade imprescindível para a promoção de maior segurança em todas as áreas de uma organização com vistas a preservar o empreendimento contra a ocorrência de fraudes e contribuindo para o melhoramento do controle interno organizacional, o setor de Auditoria no contexto da máquina pública tem como propósito o assessoramento no desempenho das funções com a *res pública*, sendo a unidade de auditoria instância de apoio à governança da organização, colaborando também para a eficácia do controle interno no âmbito da Administração Pública, por intermédio de avaliações e recomendações emanadas através do produto de sua atividade de auditoria (CUNHA, 2019; MOREIRA, 2015).

Nesta conjuntura, na qual se vislumbra como fundamental o papel da auditoria, têm-se que as organizações de auditoria governamental, estruturas que atuam no âmbito da administração pública, estão se moldando no sentido de terem estratégias de modernização por intermédio do uso de ferramentas de análises de dados e outras tecnologias digitais para o estabelecimento de um controle digital com vistas a possibilitar a conformidade das operações e a criação de valor público pelo Estado, a Auditoria 4.0 proporcionará mudanças disruptivas no que tange à profissão do auditor, levando a uma automatização dos procedimentos de auditoria utilizados atualmente, diminuindo o tempo e ampliando o escopo da auditoria, depreende-se que as organizações industriais caminham no sentido da I4.0 de forma que a atividade de auditoria também deve caminhar neste sentido (PAIVA, 2017; DAI; VASARHELYI, 2016).

Ressalta-se que a utilização de tecnologias de informação e comunicação estão proporcionando às organizações criarem estruturas físicas e virtuais que alcancem cooperação e processo adaptativo em sua cadeia de valor, entretanto está ocorrendo utilização inadequada e muitas das vezes sem a integração pertinente dessas tecnologias no que tange à organização e seus parceiros comerciais ou até mesmo entre seus departamentos internos, os empreendimentos estão em estado de urgência para a inserção de tecnologias da informação e comunicação em seus âmbitos de processo de produção, entretanto também há a necessidade de visualizar o que ainda precisa ser realizado para alcançar essa inserção (ALCÁCER *et al.*, 2022; FLAMINI; NALDI, 2022).

Sob esta perspectiva, as ferramentas de avaliação e adequação voltadas para a I4.0 estão sendo amplamente empregadas no âmbito organizacional, denotando-se que atualmente há grandes interesses institucionais de identificar seus pontos fortes e fracos no cenário dessas inovações tecnológicas de 4ª Revolução Industrial bem como verificar quais investimentos são necessários para preenchimento das lacunas encontradas, pois a avaliação do nível de implantação da I4.0 é imprescindível uma vez que proporciona aos empreendimentos que identifiquem em quais aspectos esta implantação está sendo retardada e quais recursos precisam ser engendrados para promover a aceleração dessa transição (FACCHINI; DIGIESI; PINTO, 2022; FLAMINI; NALDI, 2022).

De acordo com Silva (2021) e Veiga (2021), na atualidade o auditor trabalha com informações advindas das tecnologias da informação e do âmbito operacional eletrônico além de imprimir métodos e procedimentos de auditoria já distintos daqueles tradicionais, pois as práticas de auditoria tradicionais necessitam ser modernizadas porquanto os negócios atuais exigem práticas de auditoria proativas e com perspectiva para o futuro, a auditoria tradicional será atualizada pela inserção de inteligências de negócios e pela utilização de tecnologias nas atividades regulamentadas dos auditores, tendo em vista que as recorrentes ondas tecnológicas e a dinâmica do mercado e da sociedade exigem que os auditores se tornem mais proativos e prospectivos.

Diante desse contexto, a questão que norteou esta pesquisa foi definida como:

**Qual o nível de utilização das tecnologias habilitadoras da I4.0 no processo de auditoria governamental?**

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

Objetivo geral desta pesquisa foi avaliar o nível de utilização das tecnologias habilitadoras da I4.0 no processo de auditoria governamental nas esferas federal, estadual e municipal visando o desenvolvimento desta atividade no atual cenário de I4.0.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar as tecnologias habilitadoras aderentes aos trabalhos desenvolvidos no âmbito de Auditoria Interna na Administração Pública;
- Mensurar o nível de inserção tecnológica do setor de Auditoria Interna Governamental frente à I4.0;
- Apontar as oportunidades ou desafios que justificam o nível tecnológico encontrado no âmbito da estrutura de Auditoria Interna Governamental.

## 1.4 Justificativa

A Administração Pública busca reforçar sua capacidade de governar com vistas a melhorar seu desempenho estratégico no que tange à promoção econômica e social, desta forma a máquina pública é compelida a empregar o controle interno no âmbito de suas atividades e a se utilizar das inovações tecnológicas para otimizar o tempo e melhorar a qualidade com o fito de atender o interesse público, a auditoria governamental se apresenta como um instrumento capaz de efetuar o controle das ações estatais cujos trabalhos voltam-se para o desempenho das entidades governamentais, no conflito entre cidadão e Estado tem-se que a Auditoria desempenha a função de avaliadora quanto à execução do serviço público prestado, examinando se esse serviço encontra-se em conformidade com o que foi institucionalizado, além de buscar promover a solidificação dos mecanismos de governança pública (PINTO *et al.*, 2012; FONTENELE, 2021).

Isso posto, a Administração Pública, que em estruturação absorveu e vem absorvendo em seu âmbito processos e avanços originados e desenvolvidos na iniciativa privada, não pode ficar alheia a este novo processo de transformação e disrupções tecnológicas chamada de I4.0 que está se consolidando de forma veloz na iniciativa privada, muito menos o Governo pode se limitar a empregar as tecnologias disruptivas de forma aquém daquilo que a sociedade almeja sentir, como está sentido nos setores privados, quanto à transformação na prestação dos serviços públicos, que devem ser mais cada vez mais ágeis, mais eficientes, com a maior economia possível de recursos públicos e mais customizados à necessidade de cada cidadão, de cada nicho social, aproximando-

se ao máximo da plenitude da satisfação da coletividade para a qual a máquina pública trabalha e é sua razão de existir.

Vislumbra-se que a Administração Pública precisa estar preparada e aderente aos impactos tecnológicos que surgem com essa Revolução de 4ª Geração tal qual como ocorre com setor privado. Neste sentido, a Auditoria Interna atuante no âmbito governamental precisa estar em um nível propício de adesão e utilização das ferramentas habilitadoras objetivando melhorar sua eficiência, produtividade e agilidade na prestação dos seus serviços, haja vista que as atividades de auditoria são de fundamental importância para o viés da máquina pública, contribuindo para que esta consiga estar alinhada com os interesses da sociedade, atendendo as expectativas sociais quanto aos serviços públicos prestados, bem como ao emprego correto dos recursos públicos.

As tecnologias habilitadoras são inovações que nascem no seio da iniciativa privada nessa nova era tecnológica, sendo de obrigatoriedade dos empreendimentos, que visam obter lucro no mercado concorrencial, a inserção dessas tecnologias emergentes com vistas a angariarem crescimento de produtividade e melhoramento de competitividade, além do atendimento satisfatório de sua clientela que estão cada vez mais exigindo aquisição de produtos em curtos espaços de tempo, com alta personalização e com preços razoáveis. É justamente com a aderência tecnológica da I4.0 dentro dos empreendimentos que isso é alcançando.

Dai e Vasarhelyi (2016) afirmam que à medida que os empreendimentos industriais avançam em direção à I4.0 as atividades de auditoria também devem avançar nesse sentido com vistas a se adaptar ao novo ambiente tecnológico que se institui, as tecnologias podem possibilitar aos profissionais de auditoria coletar uma diversidade de dados referentes à auditoria em tempo real e automatizar processos repetitivos, a Auditoria 4.0 emerge por intermédio das tecnologias introduzidas pela I4.0, especialmente a Internet Industrial das Coisas, Internet de Serviços, Sistemas Ciberfísicos (CPS), fábricas inteligentes, que proporcionam organizações flexíveis, interconectadas e inteligentes.

Denota-se que diversas tecnologias habilitadoras da I4.0 podem proporcionar não apenas a sobrevivência e a continuação da imprescindibilidade da atividade de auditoria, mas também que a Auditoria consiga atingir sua finalidade primordial com excelência, da melhor forma possível, em um espaço de tempo menor e com menos dispêndio de

recursos, sendo relevante mensurar o grau tecnológico no âmbito dos setores de auditoria, principalmente das estruturas de auditoria que se dedicam à área governamental cujos setores são alinhados a proteger o interesse público e a própria máquina pública, verificando neste contexto se as estruturas de auditoria interna pública estão aptas a prestar um serviço moderno, eficiente e ágil de acordo com a era tecnológica de I4.0 que a sociedade hodierna vivencia.

## **1.5 Estrutura da Dissertação**

Esta dissertação está estruturada em 6 Capítulos: no Capítulo 1 apresenta-se a introdução com vistas a fazer uma exposição da pesquisa, da problemática discutida, com os objetivos geral e específicos correlacionados, abordando ainda a justificativa do trabalho; por conseguinte, o Capítulo 2 ocupa-se da apresentação do referencial teórico, o qual traz um levantamento bibliográfico com o propósito de fundamentar o tema do presente estudo, tratando das Revoluções Industriais e inclinando-se no aprofundamento da 4ª Revolução Industrial e suas tecnologias habilitadoras, descrevendo sua ocorrência no mundo, no Brasil e na Administração Pública, bem como seus impactos na atividade de Auditoria; no Capítulo 3 tece-se os procedimentos metodológicos, destrinchando-se os aspectos da pesquisa realizada quanto à sua natureza, objetivos, abordagem e procedimentos; em sequência, no Capítulo 4 expõe-se a análise e a discussão dos resultados. No Capítulo 5 apresentam-se as conclusões, e no Capítulo 6 as contribuições acerca do estudo, seguido das referências utilizadas como fundamentação teórica.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico versará sobre as contribuições das três revoluções industriais até a chegada da 4ª Revolução Industrial também intitulada de Indústria 4.0 (I4.0), conceituando-a, abordando seus princípios e apresentando suas tecnologias habilitadoras, além de apontar os principais movimentos mundiais rumo à I4.0, citando a posição do Brasil frente à essa nova revolução, com vistas a posicionar a Administração Pública Brasileira nesse cenário de transformações ao longo do tempo até a chegada da era da digitalização pública, de forma a identificar a atividade de Auditoria Interna Governamental (AIG) como terceira linha de defesa do setor público, abordando a inserção das atividades de auditoria no âmbito da I4.0.

### 2.1 Revoluções Industriais

O termo “revolução industrial” pode ser definido como o lapso temporal em que o trabalho passa a ser realizado mais por máquinas no universo das organizações fabris do que em âmbito doméstico e no que refere às gerações de revoluções industriais estas são decorrentes de avanços tecnológicos e científicos que proporcionam a continuidade das revoluções em âmbito mundial, de modo que contemporaneamente há a existência de quatro gerações de revoluções oriundas de saltos tecnológicos disruptivos que vêm ocorrendo desde os primórdios da industrialização e ocasionando mudanças de paradigmas em escala mundial e em todas as estruturas da sociedade, seja em âmbito empresarial ou em âmbito público (LIAO *et al.*, 2018; LASI *et al.*, 2014). A Figura 1 apresenta as 4 Revoluções Industriais.

**Figura 1 - Revoluções Industriais.**

	1ª revolução industrial	2ª revolução industrial	3ª revolução industrial	4ª revolução industrial
				
<b>Período</b>	1780-1860	1870-1950	1970-2000	2000 -
<b>Inovação Tecnológica</b>	energia a vapor e máquinas ferramentas	eletricidade	eletrônica, TI, automação	Sensores conectados à Internet
<b>Paradigma de produção</b>	Produção Artesanal	Produção em massa	customização em massa	Produção personalizada

**Fonte:** Adaptado de Bortolini *et al.* (2017).

Esses saltos tecnológicos que ocorrem desde a 1ª Revolução Industrial promovem mudanças profundas no que concerne a processos de produção que se tornam cada vez mais automatizados, permitindo que pessoas consigam manusear máquinas de forma simples e eficiente, e gerando a possibilidade de fabricação de objetos com qualidade e personalização, provendo também setores laborais mais propícios ao trabalho, pois a sociedade almeja por avanços que promovam qualidade de vida, em vista disso avanços vêm sendo constantemente promovidos com as Revoluções Industriais (QIN; LIU; GROSVENOR, 2016; WANG *et al.*, 2016).

A 1ª Revolução Industrial da história ocorreu na Inglaterra, desenvolvendo-se em meados do século XVIII e estendendo-se até a metade do século XIX, foi o momento em que se introduziu as instalações de produção mecânica, nessa revolução surgiu a máquina a vapor que ocasionou a substituição do trabalho manual e da fabricação artesanal pelo processo de produção mecanizado utilizando a energia de água e vapor (HERMANN; PENTEK; OTTO, 2016; ŚLUSARCZYK, 2018).

Conforme abordam Almeida (2019), Santos, Leme e Junior (2018), a primeira máquina a vapor fora criada pelo britânico James Watt em 1.765 e com o surgimento dessa tecnologia começou-se a despontar as primeiras fábricas manufatureiras, fazendo com que os negócios aumentassem seu sistema produtivo, com a inovação trazida pelos maquinários houve a possibilidade de ter-se uma produção em série, modificando o perfil profissional dos trabalhadores da época, essa nova maneira de se produzir acarretou mudanças não somente dentro dos negócios fabris, mas em toda a sociedade na qual pessoas de classes mais baixas passaram a ter acesso a produtos que antes só eram

adquiridos pelos mais afortunados, o aprimoramento da comunicação nesse período atrelou-se aos telégrafos inventado em 1.837 por um estadunidense chamado Samuel Morse.

Já em meados do século XIX, tem-se o advento da Revolução de 2ª Geração que vem a terminar na metade do século XX, esta foi uma revolução marcada pelo surgimento da energia elétrica que proporcionou a inserção de linhas de produção dentro das fábricas e o sistema produtivo em massa, foi nesse período que se inseriu nos sistemas de manufatura a divisão do trabalho (DO AMARAL AIRES; MOREIRA; DE SÁ FREIRE, 2017; LIAO *et al.*, 2018).

Nessa 2ª Revolução Industrial, a eletricidade possibilitou a utilização de maquinários e motores menores e mais produtivos, as residências passaram a ter energia elétrica, surgiram os primeiros eletrodomésticos, a eletrônica foi desenvolvida e criou-se a “válvula”, acarretando mudanças significativas na indústria, as novas máquinas passaram a executar tarefas que envolviam cálculos e que antes eram privativas de humanos, tem-se o surgimento do *Taylorismo*, com os princípios focados no tempo de produção e na melhoria da eficiência produtiva, e do *Fordismo*, criando a linha de produção em massa e o conceito de produção em escala que possibilitou a redução de custos produtivos e a popularização dos produtos, permitindo que a classe trabalhadora pudessem comprá-los, nesse período houve a confecção do primeiro automóvel “Ford T”, além disso o telégrafo passou a permitir comunicações à longas distâncias, invenções como telefone, televisão, rádio, foram criadas nessa época (ALMEIDA, 2019; SANTOS; LEME; JUNIOR, 2018).

Mais tarde, no começo da década de 1.970, a Revolução de 3ª Geração se desenvolveu, vindo balizada pelas tecnologias de eletrônica e de informação, provocando automatização fabril em alto nível e consolidando ainda mais a automação no âmbito dos setores de manufatura (STOCK; SELIGER, 2016; LIAO *et al.*, 2018).

Essa 3ª Revolução Industrial também ficou conhecida como a Era da Eletrônica ou da Automação, na qual os maquinários passaram a ser controlados por Controladores Lógicos Programáveis, nesse período há a entrada de tecnologia da informação nos processos de fabricação bem como a inserção do computador no chão de fábrica, também houve a criação do Protocolo de Controle de Transmissão e Protocolo de Internet (TCP/IP), e surgiu o “transistor” um componente eletrônico que substituiu a válvula, a

eletrônica foi o que desencadeou essa nova revolução por meio de sensores, transdutores, redes industriais, permitindo o gerenciamento de grande quantidade de variáveis dentro da produção e a tomada de decisão de forma autônoma, os primeiros braços robóticos foram desenvolvidos, surge o telefone celular e a internet, todas essas inovações modificaram as atividades manufatureiras, a forma de se consumir produtos e serviços também foram impactadas fazendo com que as organizações fabris se adaptassem à nova realidade para se manterem competitivas no mercado (ALMEIDA, 2019; SANTOS; LEME; JUNIOR, 2018).

Para Stock e Seliger (2016), Tupa, Simota e Steiner (2017), após os avanços tecnológicos propiciados pela 3ª Revolução Industrial, consigna-se um 4º estágio de industrialização também chamado de Indústria 4.0, que vem moldando os empreendimentos comerciais e agregando valor industrial, ocasionando o surgimento de novos negócios disruptivos, a 3ª Revolução Industrial trouxe as inovações dos ramos da eletrônica e das tecnologias da informação para os setores manufatureiros, já a 4ª Revolução que se vivencia contemporaneamente está associada à ligação de subcomponentes do processo fabril por meio da Internet das Coisas (IoT) e à interligação de todas as partes dos maquinários com o auxílio de cadeias de dados e operações integradas.

A 4ª Revolução Industrial se apresenta como uma mudança de paradigma das revoluções anteriores pela inserção da IoT e aplicação de tecnologia nos sistemas de manufatura, ensejando o surgimento das fábricas inteligentes, integradas por um sistema de produção vertical e horizontal em sua cadeia produtiva, o paradigma da Revolução de 4ª Geração é fomentar a conexão de elementos físicos entre si ou por meio de conexão com a Internet, além de centrar-se no atendimento das necessidades individuais do cliente (THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017; VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018).

Consoante Müller, Kiel e Voigt (2018) e Lasi *et al.* (2014), a 4ª Revolução Industrial acarreta implicações e inovações em todos os tipos de empreendimentos, sejam eles já consolidados ou em desenvolvimento, mudanças são sentidas nos campos de criação de valor, novos modelos de negócios emergem centrados em dados e baseados em digitalização e tecnologia, a tendência leva a crê que os negócios serão voltados para a prestação de serviços, ocorrendo uma fusão entre produção de produtos e oferecimento de serviços físicos por intermédio de melhorias e soluções tecnológicas que se baseiam

em dados, a revolução Industrial de 4ª Geração também conhecida como I4.0 acarreta uma nova onda de mudanças dentro da produção industrial por meio da inserção de tecnologias da Internet e objetos inteligentes que resultam em uma digitalização avançada no seio das organizações.

Essa revolução de 4ª geração que se perfaz pelas vias tecnológicas da I4.0 não se limita a proporcionar aumento da capacidade produtiva e da eficiência organizacional, comportando-se como uma alteração de modelo de gestão negocial que muda de centralizado para descentralizado, essa 4ª Revolução é tão profunda que suas mudanças disruptivas não ficam adstritas somente na Indústria, impactos da I4.0 serão sentidos no estilo em que se vive e na maneira como se trabalha (BIARD; NOUR, 2021; WANG *et al.*, 2016).

## 2.2 Indústria 4.0

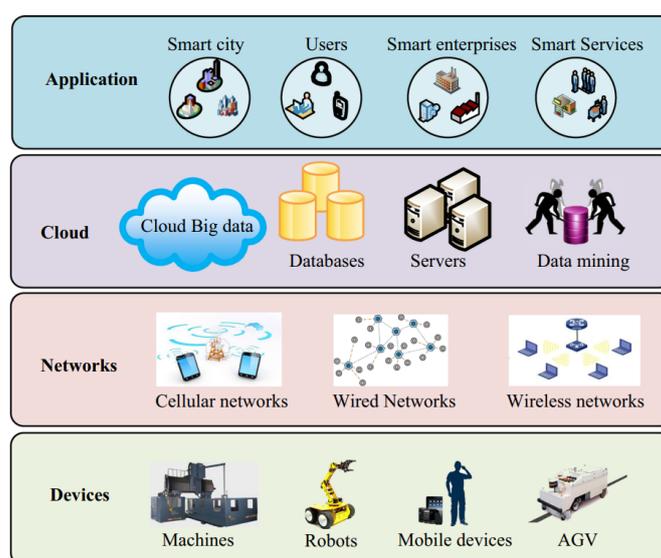
Em 2011 o termo I4.0 foi exposto pela primeira vez na Feira de Hanover ao ser utilizado pelo professor de Física *Henning Kagermann*, o qual posteriormente participaria da estratégia de desenvolvimento da indústria alemã, já no ano de 2013 o governo da Alemanha se utilizou do termo I4.0 como estratégia para tratar sua indústria manufatureira nesse novo cenário de 4ª Revolução Industrial (RAJ *et al.*, 2020; GAJDZIK *et al.*, 2020).

A I4.0 também chamada de 4ª Revolução Industrial vem promovendo modificações disruptivas nos setores de fabricação e com isto ocasionando mudanças de paradigmas e disseminando as produções inteligentes que se utilizam de máquinas associadas ao uso da internet para a promoção dessa produção, esta 4ª Revolução Industrial estimula a criação das fábricas inteligentes por meio do uso de tecnologias, mas para além da criação de fábricas e produções inteligentes a I 4.0 impacta também em outros setores da sociedade como no de serviços, na área da saúde, nos setores agrícolas, chegando atingir inclusive os setores públicos (KAWAGUCHI, 2019; KUMAR *et al.*, 2020).

Ademais, esta 4ª Revolução Industrial é caracterizada como uma nova abordagem de sistemas inteligentes que conectam tecnologias de produção eficazes, digitalização e tecnologia de comunicação e informação que surge após a inserção das técnicas oriundas

da 3ª Revolução Industrial, de forma que verifica-se que o desenvolvimento industrial atualmente se perfaz em quatro níveis, sendo o primeiro nível marcado pelo surgimento da mecanização e da energia a vapor, o segundo pela produção em massa e integração de processos de produção, o terceiro pela produção assistida por computador e o quarto nível que está se concretizando com a denominação de I4.0 o qual se caracteriza pelos os CPS (GAJDZIK *et al.*, 2020; KISS; BREDA; MUHA, 2019). A Figura 2 apresenta um *layout* geral com quatro componentes principais para a I4.0.

**Figura 2 - Layout da I4.0.**



**Fonte:** Li *et al.* (2017, p. 03).

A I4.0 vem sendo integrada pela convergência de conceitos emergentes e utilização de novas tecnologias na qual inclui-se *big data*, computação em nuvem, robótica, manufatura aditiva, inteligência artificial, internet das coisas, são estas tecnologias avançadas que vêm reestruturando os sistemas de produções e remodelando os fluxos de trabalho com a expectativa de gerar aumento de produtividade, a Indústria de 4ª geração se configura pela interoperabilidade, pela transparência da informação, pela assistência técnica e pelas decisões descentralizadas (RAJ *et al.*, 2020; KISS; BREDA; MUHA, 2019). O Quadro 1 apresenta uma síntese de alguns dos conceitos atribuídos a Indústria 4.0.

**Quadro 1 - Conceitos Indústria 4.0.**

Conceito	Autor(es)
A I4.0 representa uma mudança de paradigma de "centralização" para "descentralização" em manufatura e produção inteligentes.	Kawaguchi (2019)
A I4.0 visa criar fábricas inteligentes onde as tecnologias são transformadas e atualizadas usando IoT, CPSs, análise de big data.	Kumar <i>et al.</i> (2020)
A indústria de 4ª geração é agregado de sistemas interconectados entre si (interoperabilidade) que agregam os dados elementares fornecidos por sensores individuais, nos quais as informações são derivadas e colocadas em contexto (transparência da informação), esses sistemas apoiam as tomadas de decisões com base nas informações mapeadas ou podem até mesmo executar decisões (assistência técnica), os sistemas físicos podem tomar suas próprias decisões autônomas para realizar suas tarefas (decisões descentralizadas).	Kiss, Breda e Muha (2019)
A Indústria 4.0, também chamada de quarta revolução industrial, pode ser vista como a convergência de vários conceitos emergentes e novas tecnologias, como identificação por radiofrequência, big data, computação em nuvem, sensores inteligentes, aprendizado de máquina, robótica, manufatura aditiva, inteligência artificial, realidade aumentada e a Internet das Coisas.	Raj <i>et al.</i> (2020)
O conceito de I 4.0 pode ser entendido como a integração técnica de sistemas físicos virtuais chamados CPS em sistemas de produção e logística, e a aplicação da IIoT e a Internet de Serviços (IoS) na indústria. O conceito da I4.0 significa a formação de novas cadeias de valor, mudanças nos modelos de negócios e a reorganização dos processos de prestação de serviços e trabalho.	Gajdzik <i>et al.</i> (2020)
A quarta revolução industrial é um desenvolvimento galopante de novas tecnologias, com aumento de disponibilidade e alta personalização das soluções técnicas introduzidas. Essas mudanças incluem produção digital, comunicações de rede, tecnologias de computador e automação, bem como muitas outras áreas. A essência do conceito da I4.0 é baseada em uma simbiose de técnicas de produção avançada e tecnologias de informação e comunicação (TIC), bem como da velocidade e qualidade das informações fornecidas.	Piątkowski (2020)
A I4.0 é operacionalizada como o uso de produtos e processos inteligentes, que possibilitam a coleta e análise autônoma de dados, bem como a interação entre produtos, processos, fornecedores e clientes por meio da internet.	Buer, Strandhagen e Chan (2018)

**Fonte:** Elaborado pela Autora (2022).

**Quadro 2 - Conceitos Indústria 4.0 (continuação).**

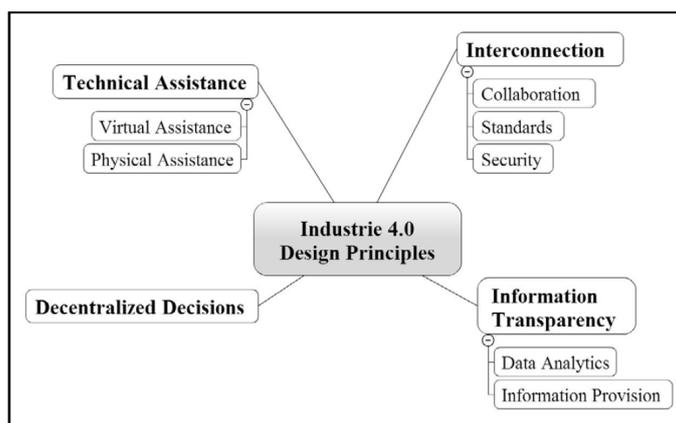
<b>Conceito</b>	<b>Autor(es)</b>
<p>O termo 'Indústria 4.0' refere-se à quarta revolução industrial que é derivada do projeto relacionado à manufatura informatizada para a construção do futuro no ano de 2011. Este projeto foi operado pelo Ministério Alemão de Educação e Pesquisa. A aplicabilidade do termo 'I4.0 é popular em países europeus, especialmente no setor de manufatura da Alemanha. O termo I4.0 é baseado no conceito de Internet de serviços, Internet das Coisas, internet industrial e sistemas físicos cibernéticos, inteligência artificial.</p>	Moktadir <i>et al.</i> (2018)
<p>A quarta revolução fornece as bases para a I4.0 com aplicação de modernas tecnologias de informação e comunicação conectadas com a integração de automação industrial, redes de dados e tecnologias de fabricação como produção inteligente, interação humano-computador, 3D, impressão, operações remotas etc. A I4.0 pode ser entendida como a “manufatura inteligente” ou “indústria integrada” que tem como capacidade influenciar todo o negócio em termos de produtos projetados, fabricados e entregues etc.</p>	Luthra e Mangla (2018)
<p>A I4.0 é um processo controverso por natureza e definição dadas as tecnologias facilitadoras que permitem que ela exista, bem como as oportunidades que traz. A expressão “quarta revolução industrial” foi introduzida pela primeira vez em 1988 para identificar os processos de evolução de invenções em inovação devido a cientistas em equipes de produção. O termo foi depois associado ao desenvolvimento e aplicação de nanotecnologias. Em 2011, foi nomeado “Indústria 4.0” em homenagem ao plano industrial “Indústria 4.0” da Alemanha. Outros países têm nomes diferentes para a Indústria 4.0, como “Internet Industrial” ou “Manufatura Avançada” nos Estados Unidos, “Fábricas do Futuro” pela Comissão Europeia e “Futuro da Manufatura” no Reino Unido. Outros termos incluem a “Quarta Revolução Industrial”, “Fábrica Digital”, “Manufatura Digital”, “Fábrica Inteligente”, “Fábrica Interconectada”, “Indústria Integrada”, “Produção 4.0” e “Cooperação Homem Máquina”.</p>	Büchi, Cugno e Castagnoli (2020)
<p>A I4.0 pode ser definida como uma rede em tempo real, inteligente, horizontal e vertical de pessoas, máquinas, objetos e sistemas de informação e comunicação com o objetivo de controlar dinamicamente sistemas complexos. A definição exata e abrangente do conceito é disputada entre diferentes disciplinas de pesquisa, pois cada disciplina de pesquisa tende a destacar características individuais.</p>	Birkel <i>et al.</i> (2019)

**Fonte:** Elaborado pela Autora (2022).

### 2.3 Princípios da Indústria 4.0

Wang (2016) e Sung (2018), baseados na obra elaborada em 2016 por Hermann, Pentek e Otto intitulada “*Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios*”, trazem quatro princípios de *design* norteadores da I4.0 os quais são: decisões descentralizadas, assistência técnica, interoperabilidade ou interconexão e transparência da informação. A Figura 3 apresenta esses quatro princípios da I4.0.

**Figura 3** - Princípios de *design* da I4.0.



Fonte: Hermann, Pentek e Otto (2016, p. 05).

As decisões descentralizadas são necessárias frente à demanda por produtos personalizados que se tornam incompatíveis com o formato de sistemas centralizados, desta forma a descentralização consiste que computadores incorporados tornem possível que CPS atuem no sentido de estabelecer decisões de forma autônoma, trata-se da possibilidade de sistemas cibernéticos trabalharem da forma mais autônoma possível, havendo acompanhamento do sistema apenas para fins de qualidade e rastreabilidade, de forma que as interferências serão aplicadas somente em casos de exceção ou conflitos, quando as atividades serão delegadas a um nível superior (HERMANN *et al.*, 2015; ZHAO, 2018).

Quanto à assistência técnica, trata-se de assistência virtual e física, no que tange à assistência virtual esta visa apoiar os trabalhadores, propiciando que os dados sejam agregados e visualmente compreensíveis para a tomada de decisão e resolução de problemas em curto espaço de tempo, e em relação à assistência física esta remete ao

apoio físico prestado pelos CPS aos trabalhadores no desempenho de atividades desgastantes e cansativas para os humanos (WANG, 2016; SUNG, 2018).

O princípio da interoperabilidade ou interconexão está atrelado à configuração de diversas redes conectadas tendo como ponto central a integração que também é visada pela IoT e pelos CPS, esse princípio consiste na ideia de digitalização, comunicação, padronização, flexibilidade, personalização, referindo-se à aptidão de comunicação e execução de programas ou transmissão de dados entre as diversas unidades funcionais, trata-se de capacidade de operação em conjunto, possibilitando que sistemas possam compreender uns aos outros e compartilhar funcionalidades por intermédio do desenvolvimento de padrões, em IoT a interoperabilidade alude ao atributo que dois sistemas possuem de se comunicarem e de compartilharem serviços entre si (QIN; LIU; GROSVENOR, 2016; NOURA; ATIQUZZAMAN; GAEDKE, 2019).

No que diz respeito à transparência da informação, esta refere-se à aptidão que os sistemas de informação possuem para gerar cópia virtual do ambiente real, proporcionando enriquecimento de dados e sensores a modelos digitais de plantas e para isso torna-se necessário agregação de dados brutos do sensor com informações de contexto de maior valor (SUNG, 2018; ZHAO, 2018).

## **2.4 Tecnologias Habilitadoras da I.4.0**

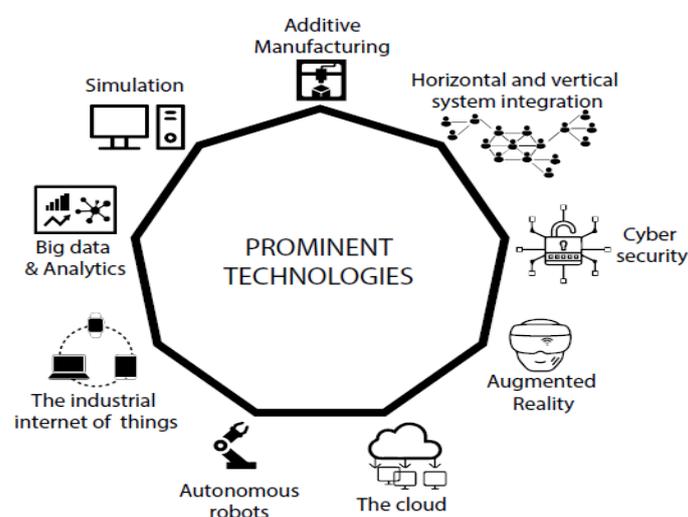
Para Buer, Strandhagen e Chan (2018) e Muktadir *et al.* (2018), as idealizações de um mundo conectado por meio de tecnologias habilitadoras trazem à tona a visão de uma nova Revolução Industrial chamada de I4.0, acelerando a transição das organizações fabris para as chamadas fábricas inteligentes e interligadas que visam a customização de produtos e a redução dos custos de produção em massa, visto que a competitividade em que se inserem os empreendimentos comerciais demandam que essas organizações busquem implementar as chamadas tecnologias capacitadoras em seus métodos produtivos com o objetivo de aperfeiçoar a performance produtiva, reduzir custos e melhorar a qualidade dos produtos.

A indústria de 4ª geração reveste-se de tecnologias avançadas que visam aumentar a produtividade por meio de processos de trabalho digitais e descentralizados como *Big*

*Data*, Computação em Nuvem, Realidade Aumentada e IoT, além disso há outras diversas tecnologias habilitadoras que estão emergindo nessa nova revolução tecnológica como Robótica, Simulação, Segurança Cibernética e Manufatura Aditiva. Consequentemente é possível vislumbrar organizações empresariais adotando as tecnologias capacitadoras como forma de se inserir na perspectiva de produção de I4.0, exemplo disso são as empresas *Google*, *Amazon* e *Netflix* que já se utilizam da ferramenta de *Big Data Analytics* (BDA) com vistas a acompanhar a escolha de seus clientes quanto a seus produtos (RAJ *et al.*, 2020; MOKTADIR *et al.*, 2018).

Na visão de Birkel *et al.* (2019), Alcácer e Cruz-Machado (2019), essa 4ª Revolução Industrial que vem impactando os setores empresariais de vários países é composta por CPS integrados por sensores, processadores de dados e atuadores que conjugam mundo real com mundo virtual e possibilitam a transmissão em tempo real de dados entre objetos e pessoas, essa nova revolução pauta-se em um processo interoperável, integrado e otimizado baseado em altas tecnologias implementadas de forma interdisciplinar por intermédio de várias áreas e que tem como blocos de construção: Internet Industrial das Coisas (IIoT), Computação em Nuvem, *Big Data Analytics* (BDA), Simulação, Realidade Aumentada, Manufatura Aditiva, Integração de Sistemas Horizontais e Verticais, Robôs Autônomos e Segurança Cibernética. A Figura 4 ilustra as Tecnologias Habilitadoras da I4.0.

**Figura 4** -Tecnologias Habilitadoras da Indústria 4.0.



**Fonte:** Saucedo-Martínez *et al.* (2018, p. 04).

Acrescentam ainda Saucedo-Martínez *et al.* (2018) e Vaidya, Ambad e Bhosle (2018) que a I4.0 tem como pilares de estruturação as tecnologias de BDA, Robôs Autônomos, Simulação, Integração de Sistemas Horizontal e Vertical, IIoT, Segurança Cibernética e CPS, Manufatura Aditiva, Realidade Aumentada e Armazenamento em Nuvem, sendo essas as tecnologias habilitadoras que estabelecerão maior eficiência dentro das organizações, proporcionarão mudanças de paradigmas nas interações entre fornecedores, produtores, clientes e na relação homem-máquina, e modificarão a maneira de se fabricar que passa a ser executada de forma integrada, automatizada e otimizada.

As seções seguintes apresentam os pilares ou blocos de construção integrantes da I4.0, formando a chamada Indústria de 4ª Geração que está reformulando todo o processo industrial e impactando organizações fabris e empresariais, negócios de todos os tamanhos, setores públicos e a sociedade como um todo.

#### 2.4.1 Big Data Analytics (BDA)

A tecnologia disruptiva de BDA apresenta-se como uma ferramenta empregada no processamento de grandes quantidades de dados que pelo seu volume de informações não haveria como ser processada pelas vias tradicionais de processamento, a captação e análise de informações originadas de diversos compartimentos serão determinantes para auxiliar os negócios empresariais em suas tomadas de decisões que precisarão ser responsivas no âmbito da fabricação inteligente, integrada e flexível (SEZER; DOGDU; OZBAYOGLU, 2017; VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018).

Essa ferramenta emergente vem manifestando grande potencial de aplicação em sistemas avançados de manufatura, proporcionando que sistemas fabris saiam da tomada de decisões reativas para uma abordagem proativa por meio do uso de informações relevantes dentro de uma enorme gama de dados extraídas em todo o processo de produção, no qual estão inseridos variados componentes que geram informações como máquinas, fabricação, logística e *feedbacks* de usuários, por ser uma tecnologia disruptiva capaz de processar grandes conjuntos de dados, pode ser uma ferramenta a ser empregada na otimização, no controle e na prevenção em determinados seguimentos negociais como

por exemplo no setor de logística o qual gera grande quantidade de informações com a utilização da Internet das Coisa - IoT (CHEN, 2017; WINKELHAUS; GROSSE, 2020).

A tecnologia capacitadora de BDA que atua em grandes quantidades de dados possui quatro dimensões também chamadas de 4Vs que se apresentam como: Volume de dados, Variedade de dados, Velocidade de geração de novos dados e suas análises, e Valor dos dados no processamento de informações dentro do sistema de fabricação (MITTAL *et al.*, 2019; VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018).

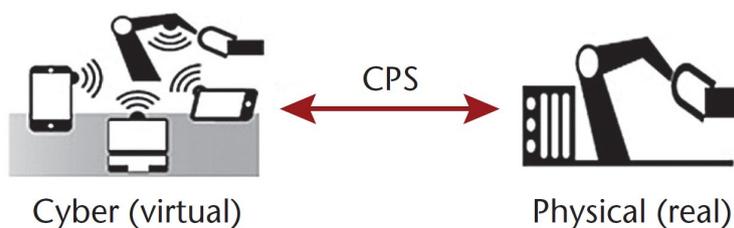
Corroborando o entendimento sobre BDA, Conway (2016) e Moktadir *et al.* (2018) argumentam que as organizações que trabalham com manufatura inteligente possuem sistemas que incorporam tecnologias de Internet e Armazenamento em Nuvem que possibilitam a realização de acesso com segurança a dispositivos e informações, permitindo a utilização de BDA no processamento de dados acoplado com novas ferramentas e tecnologias móveis, gerando maior valor ao negócio e melhorias na eficiência e na lucratividade do empreendimento, essa tecnologia emergente de BDA pretende aumentar a produtividade, bem como reduzir as incertezas no processo de tomada de decisão, e já vem sendo utilizada em empreendimentos de manufatura, em empresas farmacêutica, de automação e química com vistas a torná-la mais eficientes e produtivas.

Para empresas que operam com grande quantidade de informações em seu chão de fábrica ou trabalham com abundância de dados operacionais, essa tecnologia de BDA torna-se eficiente no processamento desses dados dentro da organização, de forma que essa ferramenta pode ser utilizada para descobrir padrões ocultos, tendências de mercado, predileção de clientes, aumentando o envolvimento dos mesmos e sua satisfação perante a organização, pesquisas apontam que varejistas tendem a obter de 15% a 20% de retorno sobre o investimento realizado em utilização de *big data*, essa tecnologia é o elemento chave da I4.0 contribuindo para que os empreendimentos obtenham percepções importantes por meio de processamento adequado de dados (ZHONG *et al.*, 2017; BIARD; NOUR, 2021).

## 2.4.2 Sistemas Ciberfísicos (CPS) e Segurança Cibernética

Sistemas Ciberfísicos (CPS) são sistemas que pelas vias de sensores e atuadores conseguem interligar componentes físicos e camadas cibernéticas, esses sistemas executam a virtualização de operações, promovendo comunicação entre equipamentos, pessoas e produtos, na manufatura essa tecnologia monitora e sincroniza informações entre o espaço físico da fábrica e o espaço computacional cibernético, esses sistemas possuem uma interação em tempo real com o mundo físico tendo como foco o controle de processos tangíveis, e geralmente é uma tecnologia revestida de relativa autonomia, seus sensores são utilizados para captação de informações sobre parâmetros físicos, enquanto que seus atuadores realizam o controle dos processos no mundo real (BONILLA *et al.*, 2018; BOYES *et al.*, 2018). A Figura 5 ilustra a interligação entre sistemas cibernéticos e componentes físicos.

**Figura 5** - Integração entre sistema virtual e sistema físico.



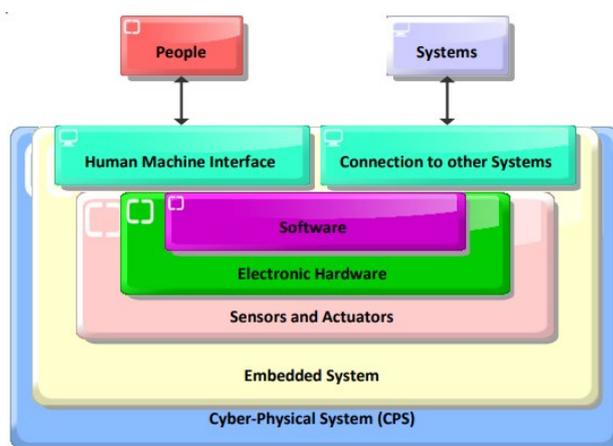
Fonte: Posada *et al.* (2015, p. 05).

Winkelhaus e Grosse (2020) e Zhong *et al.* (2017) adicionam que o CPS é uma tecnologia descentralizada, composta por computadores e redes embarcados que conseguem atuar monitorando e controlando processos no mundo real, os quais são sistemas habilitados que conseguem estabelecer uma relação coordenada e combinada entre objetos físicos e elementos ou serviços computacionais, contendo interações em rede que possuem dispositivos físicos de entrada e saída e serviços cibernéticos, esses mecanismos de sistemas estão sendo aplicados em diversos ramos como na medicina, biologia, saúde.

Em sintonia com o que afirmam Nagy *et al.* (2018) e Winkelhaus e Grosse (2020), o CPS emerge dentro de organizações empresariais para formar as fábricas inteligentes,

acionando melhorias no processo produtivo, promovendo a tomada de decisão descentralizada e a cooperação entre máquinas e humanos, tudo em tempo real para otimização dos métodos de produção em massa, porquanto o papel do CPS é estabelecer uma ligação entre dispositivos físicos e o ciberespaço, essas redes de produção cibernéticas são formadas pela junção e interação de múltiplos CPS dentro das organizações e por produzirem informações em grandes proporções acabam por se tornar ferramenta subjacente da 4ª Revolução Industrial. A Figura 6 apresenta uma cooperação homem-máquina pela via de CPS.

**Figura 6** - Interação homem-máquina por intermédio de CPS.



**Fonte:** Tupa, Simota e Steiner (2017, p. 03).

Com a IoT foi possível a interligação de fábricas à Internet, criando-se as fábricas inteligentes que são mais eficientes e produtivas, entretanto os CPS habilitados por meio de IoT passaram a enfrentar fragilidades com o surgimento de ameaças advindas dessa Internet, essas vulnerabilidades podem interferir negativamente nos sistemas produtivos sob a forma de vírus, *worm*, cavalo de troia, bomba de *software*, interrupções ou negações de serviços de computadores e sabotagem, foram os avanços tecnológicos em computadores e redes que desencadearam essas vulnerabilidades aos CPS, tornando-os mais propensos às investidas de ameaças cibernéticas, os ataques contra a segurança de sistemas são dilatados pelo uso da IoT que gerou crescimento exponencial de dispositivos, inclusive dentro das organizações empresariais, utilização de ferramentas de suporte de engenharia assistida por computador, como computação em nuvem, e crescimento na obtenção e divulgação de dados, equipamentos e processos dos sistemas

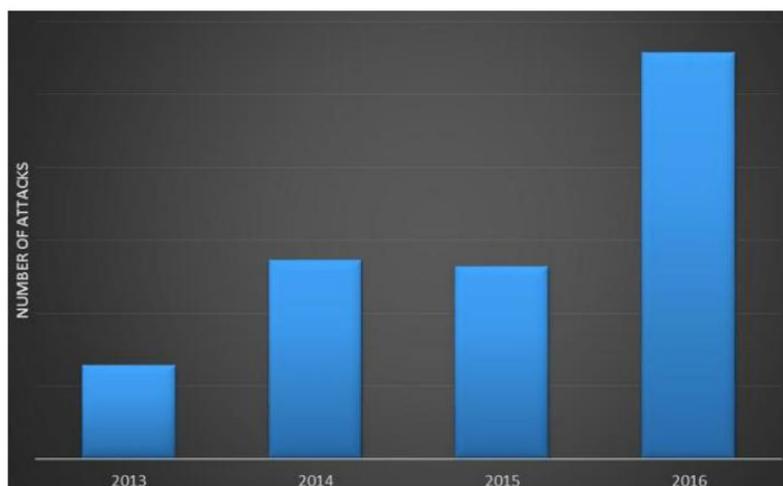
produtivos observado pelo crescimento no uso de protocolos de comunicação emergentes (HE *et al.*, 2016; ELHABASHY *et al.*, 2019).

Segundo Ani, He e Tiwari (2017) e Benias e Markopoulos (2017), a segurança cibernética tem se tornado um dos desafios para as organizações empresariais, pois os negócios tendem a se tornar cada vez mais tecnológicos frente à I4.0 e com isso ficam sujeitos à ataques de pessoas e *software* que visam prejudicar o sistema produtivo, os produtos, a marca e os lucros dos empreendimentos, há 20 anos a segurança cibernética não era uma preocupação para os sistemas produtivos, tendo em vista que a internet ainda estava em seus primórdios, entretanto na era da I4.0, na qual as tecnologias de fabricação encontram-se interconectadas, gerando e trocando dados entre si, e sistemas de controle industrial são amplamente utilizados nos setores fabris, cria-se novas áreas de ataques para que cibercriminosos planejem incidentes de segurança.

Destarte, a Segurança Cibernética no contexto da I4.0 torna-se necessária, pois nesse novo paradigma industrial há a utilização do protocolo de comunicação padrão para fins operacionais, por isso estruturas seguras e confiáveis devem ser empregadas com vistas a proteger os sistemas manufatureiros contra as ameaças de segurança cibernética, a segurança cibernética atua sobre a privacidade e a segurança dos dados e no atual cenário tecnológico da I4.0, no qual os negócios são amplamente baseados na digitalização, como ocorre na manufatura Inteligente, torna-se necessário que os dados sejam protegidos de ameaças por meio dessa segurança cibernética (MOKTADIR *et al.*, 2018; MITTAL *et al.*, 2019).

Há ataques cibernéticos à empresas detectados, e mesmo sendo considerados ocorrências isoladas, são situações que geram preocupações, cita-se ataques cibernéticos internacionais como o ocorrido na empresa de gás russa que ocasionou uma explosão e prejuízos no oleoduto *Trans-Siberian*, ataque a uma usina nuclear iraniana o qual prejudicou suas centrífugas, ataque a uma fábrica de aço alemã utilizando técnicas de *spearphishing* e engenharia social que prejudicou o seu sistema de produção e acarretou prejuízos físicos, em relação aos números de ataques cibernéticos à sistemas de controle industrial, verifica-se um aumento a cada ano, de 2015 para 2016 o número de ações de cibercriminosos cresceu 110% (ANI; HE; TIWARI, 2017; BENIAS; MARKOPOULOS, 2017). A Figura 7 apresenta um gráfico que aponta o crescimento de ataques cibernéticos a sistemas de controle industrial.

**Figura 7** - Ataques cibernéticos a Sistemas de Controle Industrial de 2013 a 2016.



**Fonte:** Benias e Markopoulos (2017, p. 03).

Elhabashy *et al.* (2019) e He *et al.* (2016) enfatizam que investidas cibernéticas maliciosas não se restringem a danos na propriedade intelectual das organizações, visam também agredir a parte física dos empreendimentos comerciais, podendo ocasionar modificações nos sistemas e produtos, fazendo com que produzam objetos modificados, podendo lesar *design* dos objetos produzidos, atrapalhar o desempenho e a qualidade dos negócios e ainda podem gerar danos e riscos à segurança de consumidores que podem ter acesso a produtos defeituosos, por isso a Segurança Cibernética é uma demanda crítica na I4.0 sendo fator fundamental para o sucesso das fabricações inteligentes, uma vez que os CPS atualmente habilitados à IoT estão vulneráveis e sujeitos à ataques cibernéticos, terroristas e *hacktivistas* e isso gera ameaças reais e crescentes aos empreendimentos.

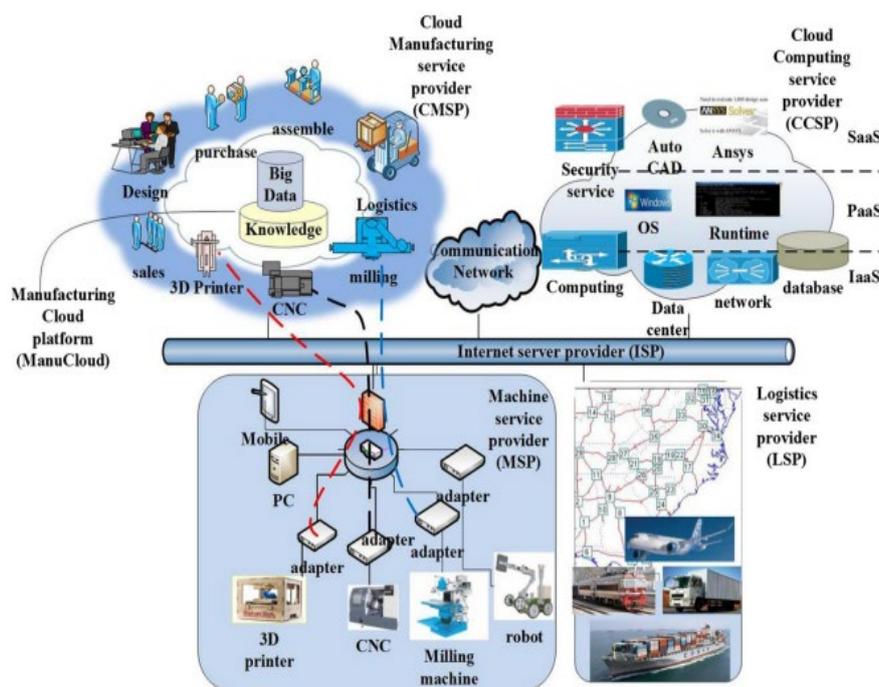
#### 2.4.3 Armazenamento em Nuvem

A computação em nuvem é uma ferramenta que serve para armazenamento de dados em tempo real que são coletados de diversas fontes e utilizados no processo de fabricação da organização, essa tecnologia capacitadora de armazenamento é uma prática comumente chamada de “software como serviços” que fornece serviço de computação baseado em Internet e permite o compartilhamento de programas entre usuários, tornando

desnecessário a instalação de programas localmente (MOKTADIR *et al.*,2018; CHEN, 2017).

A ferramenta de armazenamento em nuvem é composta pela combinação de tecnologias computacionais e vantagens de terceirização e possui como característica a virtualização de recursos e serviços computacionais que contribuem para redução de custos, impactando positivamente na competitividade do negócio porque possibilita a escalabilidade de recursos computacionais dentro das empresas, proporcionando assim que os negócios não necessitem investir maciçamente em aquisições de computação, essa tecnologia capacitadora vem para otimizar o compartilhamento de informações nas organizações, cumprindo uma exigência da I4.0 a qual impõe que o tempo de reação dos negócios deva ocorrer de forma rápida e tempestiva (BONILLA *et al.*, 2018; VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018). A Figura 8 aponta vários serviços e aplicações de tecnologias sustentadas em Nuvem.

**Figura 8** - Vários serviços na fabricação em nuvem.



Fonte: Mai *et al.* (2016, p. 03).

Winkelhaus e Grosse (2020) e Buyya *et al.* (2009) argumentam que a computação em nuvem é um modelo tecnológico que possibilita o compartilhamento de recursos

computacionais, fornecendo serviços de infraestrutura, plataforma ou *software* aos empreendimentos, emergindo como um facilitador para que os negócios possam contar com recursos de computação compartilháveis e configuráveis através de uma rede onipresente, conveniente e sob demanda de acordo com a necessidade dos empreendimentos, trata-se de ferramenta que tem o propósito de fornecer serviços confiáveis de tecnologias computacionais e de armazenamento virtualizadas, com infraestrutura robusta e sempre disponível, de forma que os usuários que a utilizam possam ter acesso a aplicativos e dados armazenados nessa infraestrutura em qualquer lugar do mundo.

Sobre a constituição do método de computação em nuvem, este é constituído de três modelos nomeados de *Software* como Serviço (SaaS), Plataforma como Serviço (PaaS) e Infraestrutura como Serviço (IaaS), nesse método tecnológico o cliente é submetido a uma abstração, pois não tem conhecimento da tecnologia específica que está utilizando no desempenho de suas atividades, a abstração possibilita à essa ferramenta prover serviços na Internet de forma escalável e dinâmica, essa escalabilidade da computação em nuvem permite que empresas de pequeno porte utilizem serviços de computação em nuvem e só invistam em mais recursos à medida que houver aumento de suas demandas, dessa forma negócios de todos os tamanhos vêm investindo em armazenamento em nuvem como forma de enxugar seus custos, já que não precisarão investir em licenciamento de programas, novas infraestruturas e treinamento de pessoal (BITTENCOURT *et al.*, 2018; ZHONG *et al.*, 2017).

Ainda sobre as utilidades dessa ferramenta, ela pode auxiliar no compartilhamento de dispositivos de comunicação entre organizações e possibilitar a produção digital entre empresas que estão situadas em países distintos, é uma ferramenta que proporciona ampliação do campo de atuação da IoT por fornecer recursos dinâmicos para o processamento das informações obtidas na plataforma da IoT, o que conduz a flexibilidade dentro das organizações (MOKTADIR *et al.*, 2018; WINKELHAUS; GROSSE, 2020).

Ademais, o armazenamento em nuvem é um método comercial no qual os clientes de ambiente virtual podem ampliar seus recursos computacionais por meio de aluguéis de plataformas virtualizadas que por intermédio da Internet proporcionam serviços por provedores de computação em nuvem, entretanto para que essa ferramenta de

armazenamento em nuvem seja ideal é preciso que ela ofereça um autoatendimento sob demanda, amplo acesso à rede, agrupamento de recursos, elasticidade rápida e serviço medido (BITTENCOURT *et al.*, 2018; ZHONG *et al.*, 2017).

#### 2.4.4 Robôs Autônomos e Inteligência Artificial

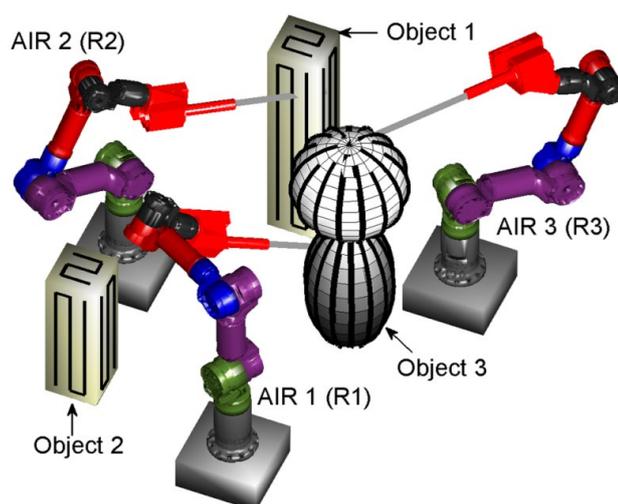
Neste século a Inteligência Artificial tornou-se um campo explorado por diversos ramos do conhecimento como no Direito e na Economia, mas essa tecnologia avançada já era descrita desde a década de 1.990 quando o pai da Inteligência Artificial John McCarthy a nomeou como sendo a ciência e a engenharia de fazer máquinas inteligentes, especialmente programas de computador inteligentes, entretanto é com o avanço da 4ª Revolução Industrial que as tecnologias inteligentes ganham mais espaço e essa ferramenta por meio de tecnologias de aprendizado, raciocínio e ação, pode fornecer recursos necessários para a criação do sistema de manufatura inteligente (ZHONG *et al.*, 2017; CIOFFI *et al.*, 2020).

No que concerne a robôs, estes são máquinas eletrônicas e mecânicas programáveis, utilizadas para realizar determinada atividade no lugar de um ser humano, é um dispositivo que consegue executar tarefas repetidas vezes, um mecanismo orientado através de controles automáticos, os robôs inteligentes são aqueles que possuem inteligência artificial adquirida por intermédio de sistemas mecatrônicos incorporados a sistemas já instalados, na I4.0 a integração de robôs colaborativos pode propiciar processos de automação mais velozes, flexíveis e acessíveis, sendo possível que robôs possam executar atividades juntamente com homens, e no que tange aos robôs colaborativos estes são mecanismos complexos que conseguem atuar ao lado do trabalhador humano e quando executa atividades compartilhadas com o homem esses robôs podem apoiar e aliviar o labor desse colaborador dentro das fábricas (DOBRA, 2014; KOCH *et al.*, 2017).

Cada vez mais robôs estão sendo utilizados para trabalhos produtivos autônomos ou sendo empregados no desempenho de atividades em locais cujo trabalho humano é mais restrito, a robótica está tendendo a criar cada vez mais robôs que possuam características de autonomia, flexibilidade e cooperação, de forma que conseguirão

contribuir com o labor humano, pois robôs autônomos derivam da junção entre Robótica e Inteligência Artificial e esse tipo de máquina pode realizar atividades sem a necessidade de colaboração humana, podendo ser utilizado por um tempo longo e ainda ser empregado em situações que envolvam perigo às pessoas (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018; JAVAID *et al.*, 2020). A Figura 9 apresenta robôs autônomos industriais desempenhando atividade de jateamento de tinta.

**Figura 9** - Três robôs autônomos industriais realizando pintura com spray.



**Fonte:** Hassan e Liu (2017, p. 02).

Contemporaneamente, a inteligência artificial tem sido vista como uma tecnologia de utilidade para a fabricação sustentável, sendo aplicada como recurso em processos de fabricação verde, podendo gerar otimização de energia, gestão de resíduos e logística, além disso, pode ser aplicada para proporcionar benefícios à saúde pública, é uma ferramenta que pode atuar acoplada à técnica de *big data*, assemelhando-se muito ao método de aprendizado de máquina, destarte essa tecnologia poderia ter sido um instrumento no sistema público de saúde, com vistas a se combater os problemas ocasionados pela pandemia de COVID 19 (Coronavírus SARS-CoV-2) no que tange à avaliação de riscos de infecção e triagem de pessoas (CIOFFI *et al.*, 2020; JAVAID *et al.*, 2020).

Conforme Hassan e Liu (2017) e Pedersen *et al.* (2016), avanços em robôs industriais autônomos podem trazer melhorias para os empreendimentos manufatureiros,

e tecnologias podem permitir que esses tipos de robôs consigam executar atividades de forma independente em ambientes fabris insalubres, perigosos ou não estruturados, além disso a inserção de vários robôs autônomos colaborativos pode proporcionar aumento na capacidade de execução de tarefas e uma variedade maior de aplicações fabris podem ser executadas, obtendo-se como resultado uma maior eficiência e produtividade dentro das fábricas, as organizações manufatureiras precisam estar em constante evolução quanto aos seus sistemas produtivos em vista das constantes mudanças trazidas pela globalização, a indústria passa da fase de produção em massa para a customização em massa e essa transição exige empreendimentos altamente reconfiguráveis e com grau elevado de automação, isso pode ser alcançado por meio de colaboração intuitiva de robôs em tempo real ou por intermédio de reconfiguração das linhas de produção tradicionais com a inserção de robôs multifuncionais.

#### 2.4.5 Internet das Coisas (IoT) e Internet Industrial das Coisas (IIoT)

Para Sezer, Dogdu e Ozbayoglu (2017), a Internet das Coisas ou “*Internet of Things*” (IoT) foi um termo mencionado pela primeira vez por Ashton em 1.999 e seu paradigma está atrelado à identificação de radiofrequência e tecnologia de rede de sensores.

Já para Pacheco, Klein e Da Rosa Righi (2016), a Agência das Nações Unidas para Tecnologias da Informação e Comunicação foi quem conceituou primeiramente a IoT, definindo-a como a conexão entre objetos e dispositivos em todos os tipos de redes como *intranets*, redes pessoa-a-pessoa (*peer-to-peer*) e internet mundial.

Segundo Bortolini *et al.* (2017) e Chen *et al.* (2014), a IoT se configura pela sua onipresença inclusive em âmbito industrial e se refere às diversas coisas que cooperam e se inter-relacionam com o fito de alcançar um propósito comum, trata-se de uma rede mundial de objetos interligados e exclusivamente endereçáveis, os quais utilizam protocolo de comunicação padrão, a IoT tem o propósito de gerenciar coisas de forma inteligente e se configura como uma expansão da Internet que alarga a comunicação que antes ocorria somente entre humano-humano e agora passa a ser entre humano-coisas ou coisas-coisas, acredita-se que esta tecnologia criará uma grande rede com bilhões ou

trilhões de objetos se comunicando com o fito de intercambiar dados e efetivar a comunicação por intermédio de dispositivos de detecção de informações com protocolos definidos, essa IoT se perfaz pela utilização extensiva das tecnologias já existentes, fazendo surgir uma nova forma de comunicação e combinando mundo físico com mundo virtual.

Adicionalmente, a IoT é um termo em ascensão que estabelece a conexão entre mundo físico e Internet, trata-se de uma tecnologia da I4.0 que possibilita o aparecimento de novas aplicações e ainda contribui para que modificações sejam feitas em aplicações já existentes, além disso por estabelecer a interligação entre coisas e Internet é uma ferramenta que possibilita a combinação de diferentes tecnologias e abordagens, atualmente a IoT vem sendo empregada para se referir a pessoas e coisas que estão conectadas por intermédio da internet em qualquer lugar e a qualquer momento, trata-se de dispositivos inteligentes que atuam utilizando a internet, é uma ferramenta empregada em diversos ramos como na área da saúde, transporte e serviços públicos (BONILLA *et al.*, 2018; SEZER; DOGDU; OZBAYOGLU, 2017).

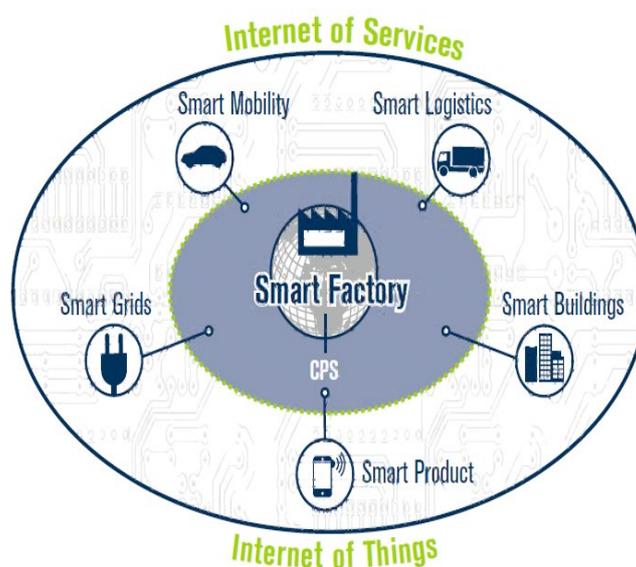
A IoT apresenta três características: Contexto, Onipresença e Otimização. O Contexto se refere a interação de objetos e ambiente com apresentação de repostas se mudanças ocorrerem, a Onipresença está atrelada às informações das coisas como localização, condições físicas ou atmosféricas, já a Otimização versa sobre o fato de que a IoT transpassa as fronteiras de que as coisas servem apenas para estabelecer conexões de rede e humanos, por isso a Internet quando associada às coisas assume um significado que retrata uma visão disruptiva de inovação, trata-se de uma rede mundial com interconexão de inúmeros objetos heterogêneos que se baseiam em uma comunicação padrão de protocolos com endereços exclusivos (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018; ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

Alcácer e Cruz-Machado (2019) e Winkelhaus e Grosse (2020), afirmam que com os avanços tecnológicos promovidos nos aparelhos de dispositivos móveis, a IoT teve uma progressão em sua utilização, mais de 17 milhões de dispositivos foram conectados pelas vias da IoT somente no ano 2017 e a tendência era se chegar a cerca de 30 milhões no ano de 2020.

Existe uma gama de IoT aplicada em vários setores, e quando empregadas ao setor de serviços essa IoT é chamada de Internet de Serviços (IoS), há entendimento no sentido

de que a IoT é a Internet Industrial que faz a integração entre tecnologias de comunicação e todos os componentes de Internet como *Internet of Manufacturing Service* (IoMs), *Intenet of People* (IoP), *Internet of Service* (IoS), essa integração visa melhorar a produção e auxiliar as atividades de fabricação (MITTAL *et al.*, 2019; MOKTADIR *et al.*, 2018). A Figura 10 ilustra o conceito de fábrica inteligente integrada às aplicações da IoT.

**Figura 10** - I4.0 e fábricas inteligentes como parte da Internet de Coisas e Serviços.

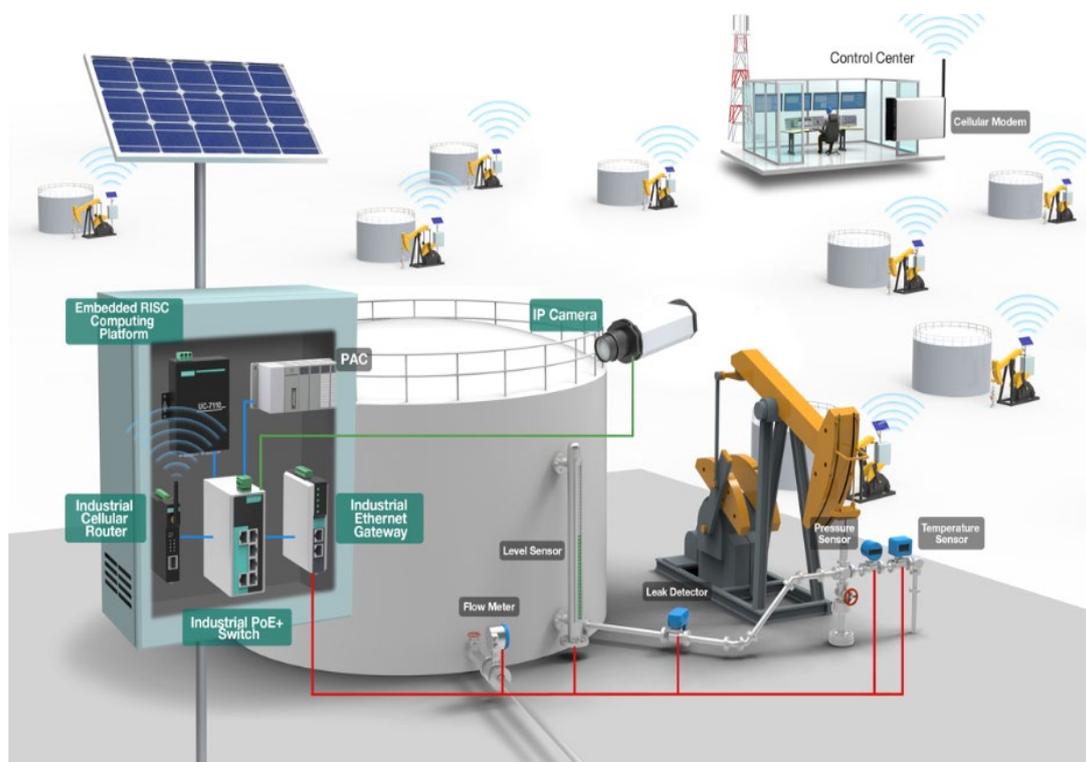


**Fonte:** Kagermann *et al.* (2013, p. 19).

Na visão de Andulkar, Le e Berger (2018) e Conway (2016), na indústria a IoT é chamada de IIoT, entretanto ressalta-se que a IoT baseia-se no usuário enquanto que a IIoT atrela-se aos fins industriais, e a diferença entre ambas reside na demanda por disponibilidade de informações em tempo real e na alta confiabilidade, no âmbito dos empreendimentos a IIoT provê capacidade de rastreamento do produto em todo o seu ciclo de vida e reestrutura a cadeia de suprimentos e o processo produtivo dos sistemas fabris, essa IIoT é caracterizada como aquela cujos ativos inteligentes que possuem vários níveis de funcionalidade atuam dentro de organizações de manufatura formadas por máquinas, plantas e operações inteligentes, surgindo como uma revolução originada por tecnologias e funcionalidades que provocam mudanças disruptivas para o setor da indústria, permitindo maior lucratividade nos processo de fabricação por meio de uma

maior eficiência e flexibilidade, pois as tecnologias abarcadas pela IIoT possibilitam que máquinas sejam conectadas a ativos inteligentes de fabricação. Na Figura 11 tem-se uma rede de IIoT aplicada.

**Figura 11** - Rede de IIoT em um sistema fabril.



Fonte: Dave (2017).

A IIoT é uma tecnologia que interliga a IoT com o setor fabril, proporcionando aumento de produtividade e requerendo alta confiabilidade, baixo consumo de energia e intercâmbio de dados, essa tecnologia de IIoT trata-se de uma fusão ocorrida entre IoT e as tecnologias envolvidas nos sistemas produtivo dentro das fábricas, numa visão simplista de IIoT esta se refere a uso de objetos tecnológicos voltados para fins industriais específicos, enquanto que numa visão substancial trata-se de ferramenta capaz de conectar ativos fabris à nuvem em uma rede, sendo uma tecnologia disruptiva composta de dispositivos interligados por programas de comunicação que sem intervenção de pessoas conseguem monitorar, coletar, trocar, analisar e agir sobre informações para alterar de forma inteligente seu comportamento e ambiente (CHOI; CHUNG, 2017; BOYES *et al.*, 2018).

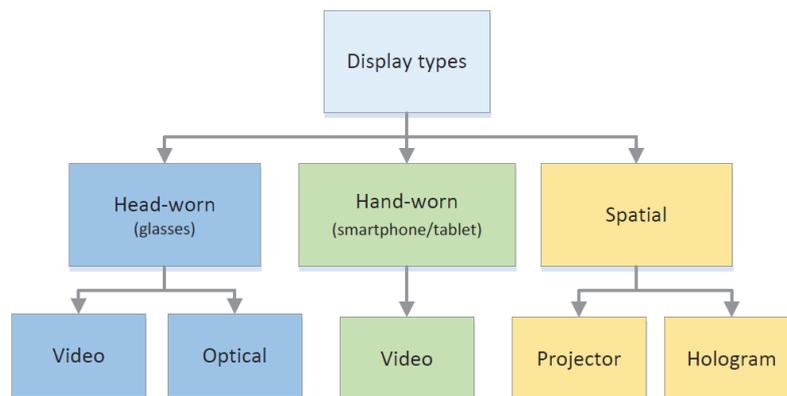
#### 2.4.6 Realidade Aumentada

Aponta-se que o surgimento da Realidade Aumentada tenha ocorrido no começo da década de 1.990 quando fora criado um display *head-up* transparente, esse display tinha como função a ampliação do espaço visual com a inserção de informações sobre uma atividade que o operador desempenhava, tal dispositivo foi elaborado por Caudell e Mizell que investigaram a utilização do aparato na montagem de feixes de fios em transportes aéreos, e com isso desenvolveram um protótipo de tecnologia de Realidade Aumentada (FRAGA-LAMAS *et al.*, 2018; SYBERFELDT *et al.*, 2015).

Por intermédio das tecnologias de Realidade Aumentada, consegue-se integrar um ambiente virtual a um ambiente real como forma de agregar dados e informações ao ambiente real, esse método pode proporcionar resultados que sejam eficientes com vistas a ajudar na realização de tarefas de manufaturas realizadas por seres humanos, é possível que a Realidade Aumentada proporcione auxílio à integração de atividades de desenvolvimento de produtos e suas operações e fabricação, ao mesmo tempo em que consegue dar suporte aos operadores de montagem (BIARD; NOUR, 2021; RENTZOS *et al.*, 2013).

A Realidade Aumentada é uma ferramenta que provê suporte de serviços para a organização, podendo agregar benefícios aos negócios industriais ao ser utilizada para repassar informações em tempo real aos colaboradores da empresa, aperfeiçoando os procedimentos de trabalho. Diante disso, para ser implementada, as tecnologias de Realidade Aumentada se utilizam de “âncoras” que servem de base para a navegação no mundo virtual e geralmente são imagens padrão, que quando interligada a objetos intangíveis, realizam a interação entre mundo virtual e mundo real, entretanto para que o operador consiga relacionar-se com a Realidade Aumentada é necessário um display (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018; SYBERFELDT *et al.*, 2016). A Figura 12 apresenta três tipos básicos de display da Realidade Aumentada.

**Figura 12** - Display de cabeça, display de mão e display aeroespacial.



Fonte: Syberfeldt *et al.* (2016, p. 03).

A Realidade Aumentada tem como atributos a inserção de objetos virtuais e reais em ambiente físico, o alinhamento de objetos reais e artificiais entre si, e interação em 3D e em tempo real, com isto esta tecnologia emergente consegue apoiar os operadores em atividades que englobam montagem, assistência contextualizada, visualização dos dados, localização interna, controle de qualidade, gerenciamento de materiais (ALCÁCER; CRUZ-MACHADO, 2019; FRAGA-LAMAS *et al.*, 2018).

Quanto ao *status* dessa tecnologia capacitadora, nos últimos anos percebe-se um crescimento na utilização da Realidade Aumentada em diferentes setores fabris, pois trata-se de tecnologia que está evoluindo rapidamente, vislumbra-se que essa tecnologia da I4.0 pode ser útil para apoiar a organização, facilitando o trabalho e a tomada de decisões, além de ser adequada para as situações de reparo dentro da fábrica (MOURTZIS; ZOGOPOULOS; VLACHOU, 2017; MOKTADIR *et al.*, 2018). A Figura 13 aborda algumas áreas em que a Realidade Aumentada pode agregar valor dentro das organizações.

**Figura 13** - Valor da realidade Aumentada Industrial na I. 4.0.

SERVICE	MANUFACTURING	SALES & MARKETING	DESIGN	OPERATIONS	TRAINING
Manuals & instructions [45, 48]	Quality assurance [63,64,65,69]	Product displays & demos [55,56]	Collaborative engineering [43]	Heads-up displays [63]	Job-specific training [50,52]
Service inspections & verifications [46,59]	Maintenance work instructions [69,70]	Logistics, retail space optimization [74,75]	Inspection of digital prototypes [44]	Digital product controls [49]	Safety & security training [52,53]
Remote expert guidance [50]	Performance dashboards [66]	Augmented brand experience [54,58]	Augmented interface [63,68]	Augmented operator manuals [45,70]	Expert coaching
Improved service and self-service [42]	Assembly work instructions [50,67,69,71-73]	Augmented advertisement [57,58,61,62]	Error diagnosis [63]	Augmented interface [47,68]	

Fonte: Fraga-Lamas *et al.* (2018, p. 04).

Setores de entretenimento, *marketing*, turismo, cirurgia, já empregam essa tecnologia em suas atividades e o uso dessa ferramenta está sendo disseminada para outros campos profissionais, enfatiza-se que a tecnologia de Realidade Aumentada quando aplicada para auxiliar operações de manutenção alcança melhorar o desempenho do indivíduo, conseguindo prover dados relevantes sobre manutenções preventivas e corretivas (ALCÁCER; CRUZ-MACHADO, 2019; PALMARINI; ERKOYUNCU; ROY, 2017).

#### 2.4.7 Simulação

A Simulação é uma ferramenta que possibilita a obtenção de uma cópia de uma operação fabril existente no mundo real e que vem sendo utilizada para otimização de processos de projetos e em modelagem científica, trata-se de ferramenta que pode ser aplicada para testes com o intuito de prever consequências na tomada de decisão, mesmo antes de a decisão ser efetivamente tomada, e para efetuar avaliações complexas que não poderiam ser consumadas por vias tradicionais de análises (MOKTADIR *et al.*, 2018; BIARD; NOUR, 2021).

Consoante Mourtzis, Doukas e Bernidaki (2014) e Lachenmaier, Lasi e Kemper (2017), no atual cenário globalizado, no qual processos de criação de produtos estão cada vez mais complexos, com produtos variando a todo momento, para atender as demandas de customização em massa torna-se necessário ter-se maior personalização nos objetos

produzidos e a simulação é uma das ferramentas que auxilia na implementação dessa manufatura moderna, permitindo a experimentação e a validação de projetos e a configuração de produtos, processos e sistemas, a simulação é uma tecnologia que vem sendo aplicada no processo de desenvolvimento de produtos e no planejamento da produção, pois os empreendimentos industriais almejam por uma produção com alta eficiência e os métodos de simulação conseguem oferecer aos negócios fabris alternativas para que consigam operar em sua capacidade plena e ainda atender aos desejos de seus clientes que exigem produtos cada vez mais customizados e as mudanças do mercado que se alteram constantemente.

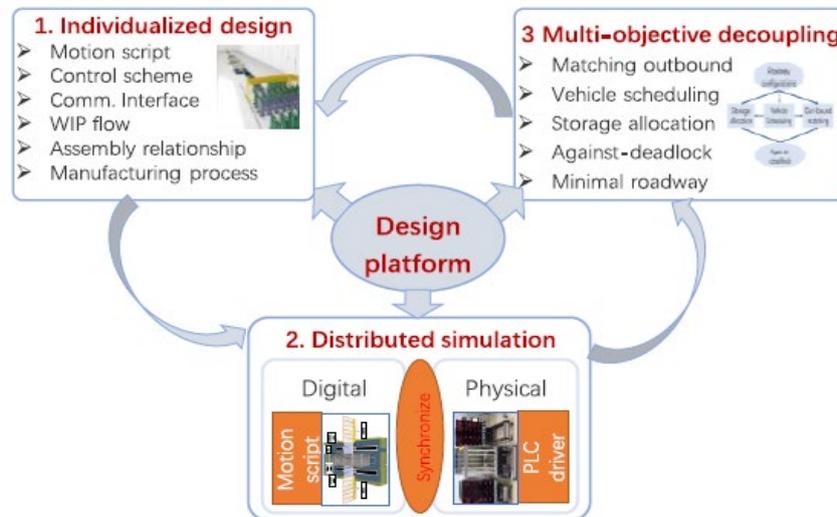
As simulações 2D e 3D estão sendo empregadas para simular tempo de ciclo do processo, design ergonômico, consumo de energia dentro das organizações industriais, essas simulações 2D e 3D podem contribuir para o melhoramento dos aspectos de instalação de produção (MOKTADIR *et al.*, 2018; VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018).

A tecnologia capacitadora de simulação é eficaz dentro dos empreendimentos manufatureiros, já tendo apresentado aplicações bem sucedidas para problemas no mundo real nesses sistemas fabris, essa ferramenta apresenta desempenho significativo na avaliação de projetos e no desempenho de operações dos sistemas de produção, a modelagem de simulação é capaz de fornecer informações úteis e reduzir riscos relacionados a projetos, análises e operações em sistemas de manufatura, na área de fabricação a simulação desempenha papel essencial por meio da validação de métodos e arquiteturas antes de sua implantação dentro da fábrica, ferramentas de simulação podem propiciar soluções de problemas quanto à programação de manufatura, outras ferramentas de simulação também proporcionam otimização para melhoramento de modelos estáticos antes da execução do processo de simulação (NEGAHBAN; SMITH, 2014; RUIZ *et al.*, 2014).

O gêmeo digital é uma técnica de simulação que consegue por meios digitais construir uma reprodução de elementos físicos, projetando uma cópia deles para reagir conforme o elemento físico copiado reagiria, esse modelo computadorizado recria uma versão virtual símil de um sistema físico ou dispositivo real com o objetivo de acompanhá-lo e descrevê-lo, ademais o termo “gêmeo digital” foi empregado primeiramente por Grieves em 2003 (BIARD; NOUR, 2021; FULLER *et al.*, 2020). A

Figura 14 esboça um projeto de gêmeo digital apresentado o elemento físico e sua cópia virtual.

**Figura 14** - Projeto baseado na ferramenta gêmeo digital.



Fonte: Zhang *et al* (2017, p. 04).

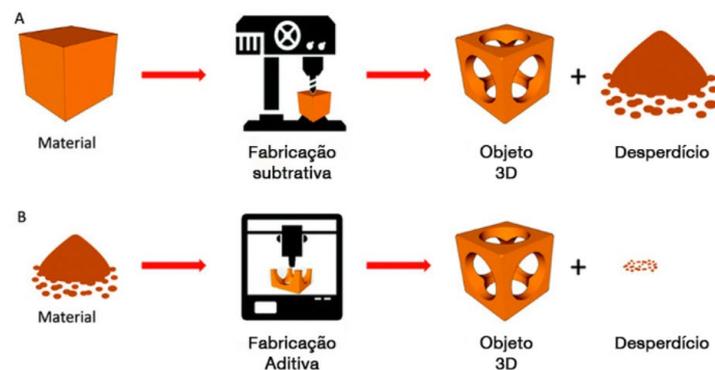
A simulação tem o fito de obter dados acerca dos processos complexos dos sistemas produtivos, no que tange ao desenvolvimento e testes de políticas operacionais, recursos e novos sistemas, antes que sejam efetivamente instituídos, além disso por meio da modelagem e análise de simulação é possível adquirir informações sem que modificações no mundo real ocorram, existem diversos tipos de simulação aplicados de acordo com o problema a ser resolvido, a simulação consegue buscar alternativas para problemas mais complexos que envolvem dinamicidade e incerteza e por isso não poderiam ser resolvidos por métodos matemáticos simplórios (MOURTZIS; DOUKAS; BERNIDAKI, 2014; LACHENMAIER; LASI; KEMPER, 2017).

#### 2.4.8 Manufatura Aditiva

O processo de Manufatura Aditiva consiste na produção de estruturas macros ou micros em 3D, por meio de adição de materiais camada por camada, gerando a fabricação 3D de recursos em alta resolução, construções vivas e estruturas inteligentes, como essa

tecnologia disruptiva também nominada de impressão 3D se perfaz pela capacidade de junção de diversos materiais para a criação de um objeto por intermédio de dados 3D adicionados camada por camada, a Manufatura Aditiva cria objetos de forma oposta ao que ocorre com as tecnologias tradicionais de Manufatura Subtrativa (CHANG *et al.*, 2018; JIANG; KLEER; PILLER, 2017). A Figura 15 apresenta a Manufatura Subtrativa por meio do processo A, enquanto que o processo B apresenta a Manufatura Aditiva.

**Figura 15** - Manufatura Subtrativa *versus* Manufatura Aditiva.



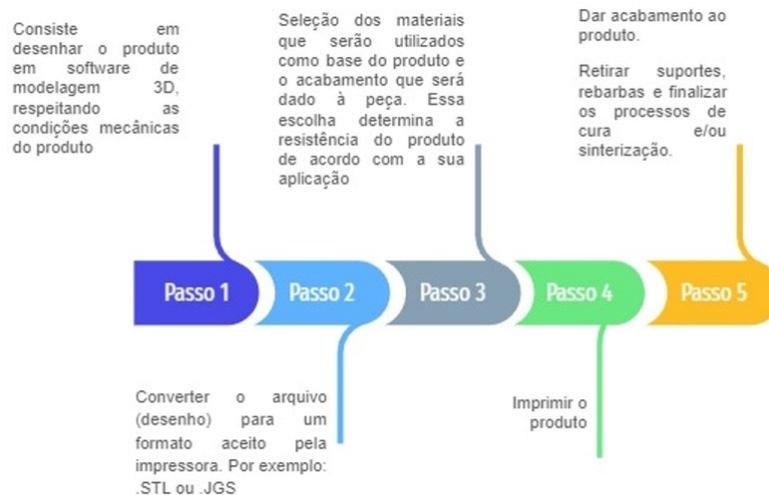
Fonte: Editorial Engiprinters (2020).

Assente aos ensinamentos de Chong, Ramakrishna e Singh (2018) e Hannibal e Knight (2018), outros nomes também são dados como sinônimos para Manufatura Aditiva que também é conhecida como prototipagem rápida, fabricação em camadas, fabricação de forma livre sólida, impressão 3D e Manufatura Digital, trata-se de tecnologia capacitadora que pode auxiliar na redução de custos e no tempo de ciclo quando do desenvolvimento de produtos, promovendo um processo de produção mais célere, essa tecnologia apresenta-se como um recente progresso para a indústria de transformação, acelerando e facilitando o processo de criação de produtos, de forma que essa ferramenta capacitadora promoverá mudanças disruptivas nos processos produtivos de fornecimento e demais atividades da cadeia de valor dentro organizações empresariais, e caso venha a ser aplicada em larga escala poderá impactar na produção global, gerando uma era de customização em massa e ocasionando implicações para estruturas e operações de negócios internacionais, pois os processos produtivos tenderão a se tornar mais localizados.

A Manufatura Aditiva sendo uma tecnologia disruptiva, proporciona a criação de objetos físicos por meio de informações digitais, trazendo oportunidades de confecção de objetos personalizados e com baixo custo de produção, possibilitando que os próprios consumidores venham a criar e produzir seus objetos e trazendo à tona a figura do “*prosumer*” junção de produtor mais consumidor, de modo que essa tecnologia emergente não limita seus impactos somente dentro das organizações empresariais, mas trata-se de ferramenta que induz mudanças em toda a sociedade e nas relações de consumo dos produtos, pois esta manufatura de última geração foi desenvolvida para criar recursos 3D complexos que englobam alta resolução, multifuncionalidades e multimateriais, tudo isso desenvolvido por intermédio de novos processos de Manufatura Aditiva de impressão 3D em escala micro ou nano, bioimpressão e impressão 4D (JIANG; KLEER; PILLER, 2017; CHANG *et al.*, 2018).

Os processos para desenvolvimento da Manufatura Aditiva englobam três fases: elaboração da imagem digital tridimensional, confeccionada por intermédio da varredura em um objeto físico ou em um *software*, incluindo todos os detalhes e dimensões do objeto e criando um arquivo em formato STL; após tem-se a distribuição eletrônica da imagem que está relacionada à possibilidade de envio, distribuição ou armazenamento desse arquivo STL criado; e o objeto de Manufatura Aditiva que é o resultado do seccionamentos feito por um *software* do arquivo STL que em seguida são enviados para a máquina de impressão que vai materializar esses seccionamentos em camadas um após o outro (HANNIBAL; KNIGHT, 2018; CHONG; RAMAKRISHNA; SINGH, 2018). A Figura 16 apresenta um fluxograma do processo de Manufatura Aditiva.

**Figura 16** - Fluxograma do processo produtivo com a Manufatura Aditiva.



**Fonte:** Adaptado de Dos Santos (2020, p.136).

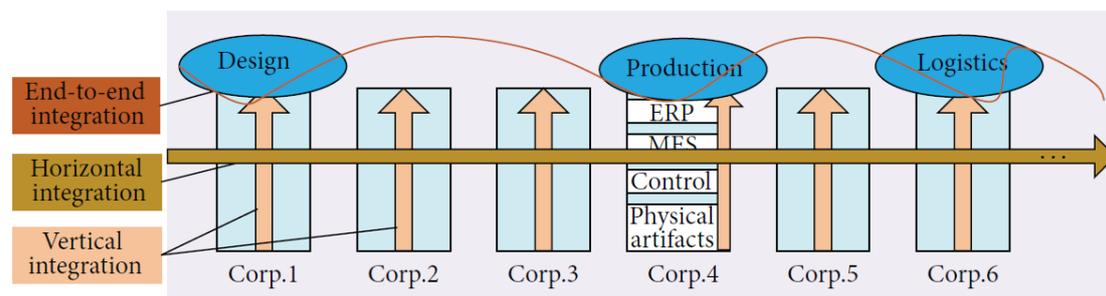
Conforme Chang *et al.* (2018) e Jiang, Kleer e Piller (2017), a Manufatura Aditiva é uma tecnologia promissora que está sendo trabalhada em vários ramos da eletrônica, sensores, engenharia de tecidos, microfluídica, essa ferramenta capacitadora demonstra potencial para influenciar profundamente nos processos produtivos, no desenho da cadeia de suprimentos e no ciclo de vida do produto, permitindo novos modelos de negócios com novas cadeias produtivas e produtos inovadores.

A Manufatura Digital está criando uma estrutura tecnológica para a manufatura do futuro e por isso está sendo disseminada em vários países industrializados, o termo Manufatura Aditiva é utilizado para englobar as diversas tecnologias que criam a Impressão 3D de elementos reais, inicialmente tratava-se de ferramenta utilizada para a criação de protótipos e por negócios jovens de segmentos específicos, entretanto a Manufatura Aditiva tem se tornado cada vez mais presente no universo das organizações empresariais, tendo em vista que suas tecnologias de impressão 3D estão conseguindo trabalhar com diversos tipos de materiais, chegando a manipular inclusive materiais de alta resistência como “liga Inconel” (CHONG; RAMAKRISHNA; SINGH, 2018; HANNIBAL; KNIGHT, 2018).

## 2.4.9 Integração de Sistemas Horizontal e Vertical

Os sistemas de manufatura na I4.0 são construídos de forma tridimensional pela Integração Vertical e Sistemas de Manufatura em Rede, Integração Horizontal por intermédio de redes de criação de valor, e Integração Digital de Ponta a Ponta da Engenharia em toda a cadeia de valor, essas três dimensões de integração são elementos fundamentais para atuação da I4.0 nos sistemas de manufatura. (POSADA *et al.*, 2015; SAUCEDO-MARTÍNEZ *et al.*, 2018). A Figura 17 apresenta as três dimensões de integração de sistemas de uma fábrica inteligente da I4.0.

**Figura 17** - As três dimensões de integração de sistemas.



Fonte: Wang *et al.* (2016, p. 02).

Para Wang *et al.* (2016) e Tupa, Simota e Steiner (2017), a implementação das três dimensões de integração na indústria inteligente depende da aplicação das tecnologias de informação emergentes que devem ser implementadas na organização, para haver a integração dos sistemas que tornam as fábricas inteligentes e interconectadas precisa-se do Sistema Físico Cibernético que apoia a integração das estruturas estabelecidas para a geração de valor, esse CPS trata-se de uma base tecnológica formada por sensores eficientes e acessíveis que geram dispositivos inteligentes, os quais proporcionam a interação em tempo real entre máquinas, aplicativos de sistemas e recursos de trabalho promovendo assim a integração das cadeias produtivas.

No que tange à Integração Vertical, esta consiste na agregação de diversos sistemas de tecnologia da informação, integrando as variadas camadas de produção da fábrica inteligente, nesta integração a tecnologia de CPS é fundamental para criar sistemas fabris

flexíveis e reconfiguráveis nos moldes exigidos pela I4.0, o CPS possibilita a visualização da integração que deve ocorrer em todos os níveis hierárquicos, auxiliando os operadores no aperfeiçoamento das estratégias fabris, a Integração Vertical sustentada pelos CPS proporciona que os empreendimentos consigam efetuar um adequado gerenciamento em seus níveis hierárquicos, possibilitando controle de estoques, falhas de máquinas, manutenção, pois o propósito dessa Integração é tornar os processos laborais mais inteligentes dentro das organizações, aprimorando seus processos e produtos (POSADA *et al.*, 2015; SAUCEDO-MARTÍNEZ *et al.*, 2018).

Tupa, Simota e Steiner (2017) e Wang *et al.* (2016) argumentam que no contexto da I4.0, a integração vertical se delinea pelo intercâmbio de informações e colaborações dentro da infraestrutura hierarquizada que forma o corpo organizacional, envolvendo gestão, planejamento corporativo, programação da produção do empreendimento negocial, essa integração vertical permite que grandes quantidades de dados sejam coletados e processados, criando um processo produtivo transparente, permite ainda a formação de um sistema auto-organizado de máquinas inteligentes capazes de serem reconfiguráveis dinamicamente com o intuito de produzir diferentes tipos de produtos.

Quanto à implantação da Integração Vertical, é necessária uma linha de comunicação eficiente entre variados níveis hierárquicos da fábrica, nessa Integração Vertical ocorre o estabelecimento de redes de ligação inteligentes e digitalização no âmbito dos diversos níveis hierárquicos e nas estações de fabricação por meio de células de produção, linhas e empresa, inserindo também os setores que agregam valor como *marketing*, vendas, desenvolvimento tecnológico (POSADA *et al.*, 2015; STOCK; SELIGER, 2016).

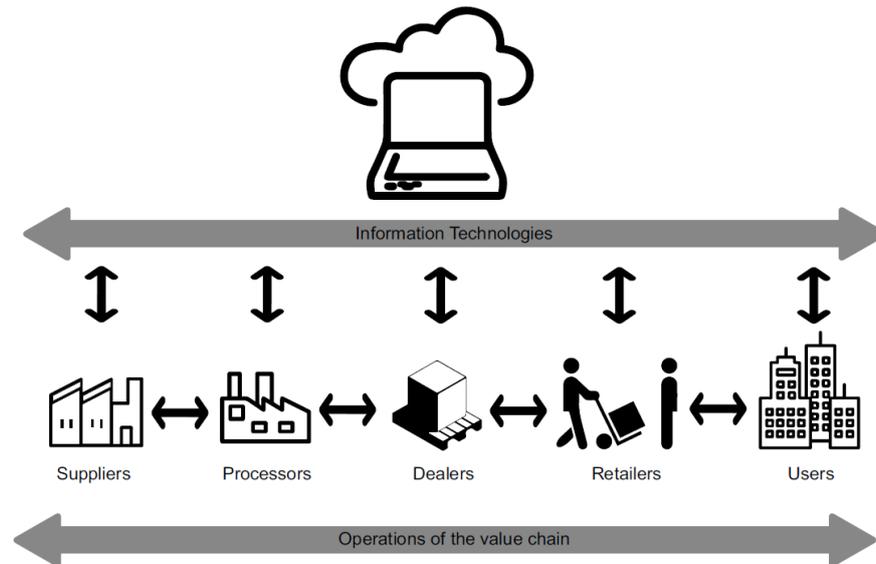
Num cenário macro de I4.0, a integração horizontal seria composta por uma rede interligada de módulos que representam equipamentos, homens, organização, processo e o objeto produzido que interagem entre si e geram a integração horizontal através de redes de valor que objetiva estabelecer uma facilitação colaborativa entre empresas, já a integração vertical de subsistemas hierárquicos visa gerar um sistema de produção flexível e configurável dentro da organização, enquanto que a integração de engenharia digital de ponta a ponta sustenta o aspecto de produtos personalizados (STOCK; SELIGER, 2016; WANG *et al.*, 2016).

No que concerne à Integração Horizontal, esta se refere aos agentes envolvidos em um processo fabril, entre os quais deve haver gerenciamento de informações promovido por tecnologias, a integração horizontal cria redes que integram todos os relacionamentos concatenados no processo produtivo e todos os elos dessa cadeia, com vistas a agregar valor dentro da organização (POSADA *et al.*, 2015; SAUCEDO-MARTÍNEZ *et al.*, 2018).

Nas visões de Stock e Seliger (2016) e Tupa, Simota e Steiner (2017), na Integração Horizontal ocorre o estabelecimento de ligação inteligente entre organizações diferentes e dentro da própria organização, além da promoção da digitalização dos setores que agregam valor em toda a cadeia que forma o ciclo de vida do produto e na cadeia de valor dos objetos manufaturados adjacentes, este tipo de integração horizontal alinha-se no sentido de estabelecer uma interligação entre diversos empreendimentos fabris englobados na mesma rede de criação de valor.

Ressalta-se que a Integração Horizontal, por intermédio de redes de criação de valor e a Integração Digital de ponta a ponta da engenharia em toda a cadeia de valor, constituem o cenário macro de I4.0 o qual é fundamentado no ciclo interligado de vida útil dos produtos, sendo este ciclo o componente basilar das redes que visam gerar valor nas fábricas inteligentes, e no que tange especificamente à Integração Horizontal, por meio dessa integração cooperativa as organizações negociais atuam integradas em um ecossistema eficiente no qual finanças, materiais e informações transitam entre as corporações, nessa integração empresas devem competir e cooperar entre si criando interligações em rede de valor e gerando novos modelos negociais (STOCK; SELIGER, 2016; WANG *et al.*, 2016). A Figura 18 ilustra a Integração Horizontal ocorrendo em todo a cadeia do processo de fabricação de um produto.

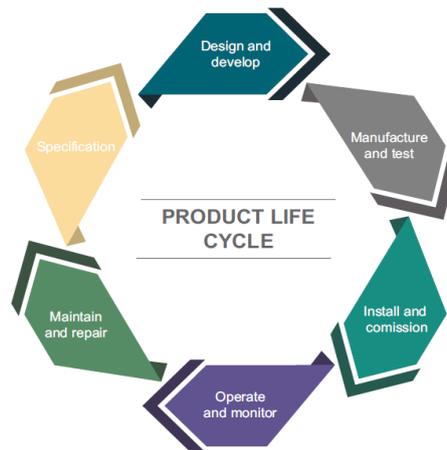
**Figura 18** - Integração Horizontal por intermédio de redes de criação de valor.



Fonte: Saucedo-Martínez *et al.* (2018, p. 02).

Concernente à engenharia de ponta a ponta, esta aborda todo o ciclo de vida útil do objeto manufaturado, promovendo a ligação inteligente e a digitalização em todas as etapas desse ciclo produtivo que abarca desde a obtenção dos insumos para fabricação, percorrendo o processo de fabricação, aquisição e utilização do produto pelo cliente, até o fim do ciclo de vida útil do objeto confeccionado, a engenharia digital empregada de ponta a ponta focaliza na qualidade e satisfação do cliente, acompanhando o ciclo produtivo do objeto ou serviço e analisando sistematicamente as informações geradas no decorrer desse ciclo, com vistas a possibilitar um processo decisório responsivo (STOCK; SELIGER, 2016; SAUCEDO-MARTÍNEZ *et al.*, 2018). A Figura 19 especifica a engenharia de ponta a ponta no ciclo de vida de um produto.

**Figura 19** - Engenharia de ponta a ponta no ciclo de vida de um produto.



**Fonte:** Saucedo-Martínez *et al.* (2018, p. 02).

Essa Integração Digital de ponta a ponta trata-se do ciclo de vida do produto que tem o propósito de gerenciar as fases de projeto e criação do produto, ligando as fases de fabricação do objeto até a chegada ao usufrutuário desse objeto que é o cliente, essa integração é promovida pela engenharia digital a qual oferece uma visão holística desse ciclo do produto desde seu desenvolvimento até o seu destino final que é o cliente, as bases para a engenharia de ponta a ponta são fornecidas pela integração horizontal e pela integração vertical, uma vez que o ciclo de vida do objeto produzido se configura em várias etapas efetuadas por diversas organizações empresariais (POSADA *et al.*, 2015; WANG *et al.*, 2016).

## 2.5 Movimentos Mundiais da Indústria 4.0

Na era da manufatura inteligente, com a emergência das tecnologias capacitadoras, várias regiões do mundo vêm criando programas, planos e políticas para inserirem suas organizações no contexto da Revolução de 4ª Geração, nesse sentido diversos países estão adotando estratégias de fabricação como o plano alemão nomeado de “Indústria 4.0” e o programa chinês intitulado de “*Made in China 2025*”, governantes, setores industriais e a sociedade em geral já notaram a chegada dessa 4ª geração de revolução industrial e estão vislumbrando os benefícios que essa nova revolução promove, de forma que está havendo movimentações em variadas regiões do mundo no sentido de estabelecer políticas e planos rumo à I4.0 (TAO; ZHANG, 2017; LIAO *et al.*, 2018). No Quadro 2 é

possível identificar dezoito regiões do planeta que detêm um algum tipo de política referente à 4ª Revolução Industrial.

**Quadro 3 - Movimentos mundiais relacionados à 4ª Revolução Industrial.**

<b>EUROPA</b>	
União Europeia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa-Quadro de Pesquisa e Inovação da União Europeia - Horizonte 2020</li> <li>✓ Contrato de Parceria Público-Privada para as Fábricas do Futuro (FoF)</li> <li>✓ Programa Fábricas 4.0 e posteriores”</li> </ul>
Alemanha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plano de ação “<i>High-Tech Strategy 2020</i>”</li> <li>✓ <i>Industrie 4.0</i></li> </ul>
França	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>La Nouvelle France Industrielle</i></li> <li>✓ <i>Aliança para a Indústria do Futuro</i></li> </ul>
Reino Unido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Future of Manufacturing</i></li> <li>• <i>National Innovation Plan (NIP)</i></li> <li>✓ <i>Plan “Innovate UK”</i></li> </ul>
Holanda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Smart Industry</i></li> </ul>
Suécia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Made in Sweden 2030</i></li> <li>• <i>Smart Industry</i></li> </ul>
Espanha	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Agenda para o Fortalecimento do Setor Industrial na Espanha</li> <li>✓ <i>Indústria Conectada 4.0</i></li> <li>• <i>Digital Agenda for Spain</i></li> </ul>
Itália	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Fabbrica Intelligente</i></li> <li>• <i>Piano Nazionale Industria 4.0</i></li> </ul>
<b>AMÉRICA DO NORTE</b>	
Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Advanced Manufacturing Partnership (AMP)</i></li> <li>• <i>AMP 2.0</i></li> </ul>
México	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Crafting the Future</i></li> </ul>
Canadá	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Industrie 2030</i></li> </ul>
<b>ÁSIA</b>	
Coreia do Sul	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Inovação de Manufatura 3.0</i></li> </ul>
Índia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Make in Índia</i></li> </ul>
Malásia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Décimo Primeiro Plano da Malásia</i></li> </ul>
Japão	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Sociedade Super Inteligente</i></li> </ul>
China	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Made in China 2025</i></li> <li>• <i>Plano “Internet+”.</i></li> </ul>
<b>ÁSIA</b>	
Taiwan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Iniciativa de Produtividade 4.0 de Taiwan</i></li> </ul>
Cingapura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Plano nacional de Pesquisa, Inovação e Empresa - RIE 2020</i></li> </ul>

**Fonte:** Elaborado pela Autora conforme dados obtidos em Liao *et al.* (2018).

Contemporaneamente, países como Alemanha, Japão, China, Coreia do Sul e Estados Unidos da América vêm inserindo em sua agenda de desenvolvimento industrial ações relacionadas à Revolução de 4ª Geração, e segundo o Relatório de Índice de Competitividade de Manufatura Global - lançado em 2016 pelo Grupo de Consultoria *Deloitte Touche Tohmatsu Limited (DTTL)* - o qual avaliou a competitividade global de

manufatura entre 40 países para o ano de 2016 e ainda realizou uma projeção para os 5 anos futuros, Alemanha, Japão, China, Coreia do Sul e Estados Unidos ocupam as 5 primeiras colocações entre os países mais competitivos em manufatura, em relação ao Brasil este alcançou a 29º posição no *ranking* no ano de 2016, enquanto que na projeção o país brasileiro subiria para 23º na escala entre 40 países (CNI, 2016; DTTL, 2016). No Quadro 3 apresenta-se os cinco países mais bem colocados e o Brasil no *ranking* de competitividade global de manufatura referente ao ano de 2016 e sua respectiva projeção para após os cinco anos seguintes.

**Quadro 4** - *Ranking* de competitividade global de manufatura.

Colocação dos países em 2016		Projeção dos países após 5 anos	
País	Posição no <i>ranking</i>	País	Posição no <i>ranking</i>
China	1º	Estados Unidos	1º
Estados Unidos	2º	China	2º
Alemanha	3º	Alemanha	3º
Japão	4º	Japão	4º
Coreia do Sul	5º	Coreia do Sul	6º
Brasil	<b>29º</b>	Brasil	<b>23º</b>

**Fonte:** Elaborado pela Autora conforme informações de *Deloitte* (2016).

Na Alemanha o entendimento é no sentido de que a industrialização 4.0 é uma estrutura emergente formada por sistemas de produção Ciberfísicos que utilizam redes de informação e comunicação disponíveis globalmente para realizar transações de dados e por meio da qual empreendimentos comerciais são combinados, o plano de I4.0 alemão voltado para a 4ª Revolução Industrial estabelece uma transformação disruptiva da fabricação automatizada para a manufatura inteligente, essa I4.0 alemã pauta-se no aspecto de que a produção do futuro necessitará ser flexível, pois será caracterizada pela alta individualização de produtos que levará aos chamados produtos híbridos, oriundos da integração de clientes e parceiros de negócios juntamente com a agregação de valor e prestação de serviços com níveis elevados de qualidade (VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018; THOBEN; WIESNER; WUEST, 2017).

Daudt e Willcox (2016) e Lucena e Roselino (2020) enfatizam que os EUA foram os pioneiros no desenvolvimento de diversas tecnologias, porém perderam espaço em diversos seguimentos, por conta disso esse país pretende desenvolver tecnologias habilitadoras com vistas a se reposicionar como potência industrial, para isso o país norte-

americano visa criar um ambiente fértil para inovação com apoio a pesquisas, objetivando o desenvolvimento de tecnologias capacitadoras como forma de tornar os EUA mais atrativo na área de manufatura, os EUA almejam por meio da estratégia para a 4ª Revolução Industrial recuperar a manufatura perdida para outros países, principalmente para os países asiáticos, a estratégia governamental estadunidense visa reestruturar os setores industriais do seu país, pois o setor fabril é fonte de postos de trabalho e atividades de inovação.

Em relação ao Japão, no fim de 2015 o governo nipônico elaborou o 5º Plano Básico de Ciência e Tecnologia que trazia um plano intitulado “Sociedade Super Inteligente” cujo objetivo era criar valor para o desenvolvimento da indústria futura e transformação social, a corrida japonesa para sua inserção na I4.0 pauta-se na construção de uma arquitetura de organizações colaborativas em detrimento das organizações competitivas, nesse novo sistema, fábricas e empresas atuam mutuamente conectadas, prevalecendo o princípio da fabricação conectada na qual as organizações interconectam-se e geram cadeias de valor inteligente que pautam-se na automação e na capacidade humana, com vistas a extinguir sobrecargas, desperdícios e desigualdade, e no princípio do padrão vagamente definido que prevê um modelo flexível e adaptável para essa fabricação conectada (ZHONG *et al.*, 2017; LIAO *et al.*, 2018).

Na China, o plano “*Made in China 2025*” foi um projeto parcialmente construído nos moldes do plano alemão de I4.0, trata-se de um plano de longo prazo que apresenta três fases de construção cujo objetivo é transformar a China em uma potência industrial mundial moldada em tecnologia avançada até 2049, o objetivo chinês é estabelecer a economia chinesa parecida com a que tem na Alemanha e no Japão que possuem sistemas manufatureiros solidificados e robustos, a primeira fase desse plano visa modificar o país chinês de um país de fabricação para um país até 2025 com aumento significativo na qualidade do setor de transformação, aprimoramento significativo da capacidade de inovação, melhoramento da produtividade do trabalho e atingimento de um novo nível de integração entre industrialização e informatização, a segunda fase visa tornar até 2035 o país chinês competitivo frente às grandes potências industriais desenvolvidas, enquanto que a terceira fase estabelece transformar a China em uma potência líder em manufatura, com liderança inovadora e vantagens competitivas, e ainda contando com um sistema

tecnológico e industrial líder mundialmente (DE FREITAS, 2018; KUO; SHYU; DING, 2019).

Em 2014, a Coreia do Sul, por meio do seu Ministério do Comércio, Indústria e Energia, estabeleceu um movimento denominado *Manufacturing Innovation 3.0* com vistas a acompanhar as mudanças de paradigmas ocorridas no âmbito da fabricação, referindo-se a uma estratégia que visa estabelecer a *smatização* de dez mil fábricas, esse movimento de inovação objetiva solidificar a posição do país como sendo um dos polos industriais mais importantes do mundo, trata-se de uma iniciativa que almeja promover um salto no setor manufatureiro coreano por intermédio da inovação nos processos produtivos, desenvolvimento de tecnologias básicas atreladas a IoT, impressão 3D e *Big Data*, em 2016 o governo sul-coreano criou outro plano de médio e longo prazo para a construção de uma Sociedade de Informação Inteligente aspirando um país preparado para a 4ª Revolução Industrial (LIAO *et al.*, 2018; DE FREITAS, 2018).

No Brasil, as indústrias ainda se encontram nas fases de linha de montagem e de utilização da automação situadas nos níveis de 2ª e 3ª revoluções industriais, o setor automotivo é o que está mais inserido na I4.0 com profissionais que se capacitam para atender às demandas, observa-se que a inserção da 4ª Revolução Industrial no território brasileiro requer o estabelecimento de políticas estratégicas, incentivos públicos, integração de empresários e gestores atuando com proatividade, desenvolvimento de tecnologias e capacitação de profissionais, vislumbra-se a possibilidade de os empreendimentos brasileiros avançarem de fase, indo diretamente para a I4.0, entretanto para isso esforços precisam ser engendrados no sentido de capacitar e habilitar a mão-de-obra que atuará nessa nova indústria e regulamentações de mecanismos para o desenvolvimento dessa I4.0 em âmbito brasileiro serão necessários (PEREIRA; DE OLIVEIRA SIMONETTO, 2018; SILVA *et al.*, 2020).

Em países tidos como grandes potências econômicas já há esforços empreendidos para a consolidação da I4.0, inclusive com apoio de seus governos e isso impõe ao Brasil uma iniciativa rápida no sentido de incorporar e desenvolver tecnologias com vistas a evitar que o país brasileiro fique atrás de seus principais competidores, constata-se que as inovações e o conjunto de tecnologias disruptivas que estão surgindo contribuem para o acirramento da concorrência e ocasionam transformações no mundo, levando países a implantarem estratégias com o objetivo de promover ecossistemas inovativos, todos esses

fatores motivaram a realização no Brasil de um projeto denominado “Indústria 2027: riscos e oportunidades para o Brasil diante inovações disruptivas” (CNI, 2016; IEL, 2018). O Quadro 4 apresenta outros projetos de estratégia para I4.0 no âmbito do Brasil.

**Quadro 5 -** Proposições de políticas brasileiras para a Indústria 4.0.

<b>Proposta</b>	<b>Proponente</b>	<b>Ano</b>	<b>Abordagem</b>
Inovação, manufatura avançada e o futuro da indústria	ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial	2017	Destacam as temáticas de Governança, Integração Internacional, Laboratórios e Rede Testbeds.
Oportunidades para a I4.0 – Aspectos da demanda e da oferta no Brasil	CNI - Confederação Nacional da Indústria	2017	As propostas do trabalho estão voltadas para a oferta e para a demanda de tecnologias habilitadoras.
Centro de Pesquisa em Engenharia em Manufatura Avançada	FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo	2017	A Fapesp se compromete a conceder apoio às pesquisas durante um período de 10 anos
Indústria 4.0: Desafios e Oportunidades para o Brasil	IEDI - Instituto de Estudos para o Desenvolvimento Industrial	2017	Aborda sugestões de política para a I4.0 no Brasil
Agenda Brasileira para a I4.0	MDIC - Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços e ABDI - Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial	2018	Trata-se de uma agenda brasileira constituída por dez medidas

**Fonte:** Elaborado pela Autora conforme informações contidas em Vermulm (2018).

Ressalta-se que o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação estabeleceram a criação de um Grupo de Trabalho formado por diversas instituições com o propósito de realizar a elaboração de um plano de ação para o Brasil com vistas à I4.0, tem-se o Plano de Ação da Câmara Brasileira da I4.0 do Brasil 2019-2022 cujo objetivo é promover a utilização de conceitos e práticas atrelados à I4.0, almejando que a competitividade e a produtividade dos empreendimentos empresariais do Brasil aumentem, com vistas a inserir o país brasileiro nas cadeias globais de valores e melhorar sua posição nos índices globais de competitividade (CNI, 2016; CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA 4.0, 2018).

## 2.6 As Revoluções da Administração Pública Brasileira

A Administração Pública do Brasil é constituída por transformações estruturais no que concerne à sua organização, gerenciamento e funcionamento, além das mudanças que ocorrem em processos e reformas institucionais da máquina pública, no sentido de transpor as adversidades organizacionais e gerenciais, buscando avanços nas áreas política e social, por consequência vislumbra-se nos últimos tempos a administração pública brasileira transformando-se principalmente pelas novas perspectivas angariadas pela democracia, de forma que novas possibilidades de modernização são inseridas no bojo da administração brasileira, além disso inovações ocorridas em países desenvolvidos promovem movimentos de reforma no que tange as especificidades dos setores públicos na medida em que mudanças disruptivas também são inseridas no setor privado (KLERING; PORSSSE; GUADAGNIN, 2010; MOTTA, 2007).

Os primórdios da administração pública brasileira remontam ao século XVI, com o modelo patrimonialista, marcado pela indefinição do que seria patrimônio público e do que seria patrimônio privado, tinha-se o aparato estatal como extensão do poderio da monarquia absolutista, sendo caracterizado por ser um modelo corrupto, empreguista e nepotista, esse modelo patrimonialista perdurou no Brasil até 1.930 quando o governo de Vargas foi instaurado, buscando-se um modelo administrativo mais moderno e que atendesse às demandas de uma sociedade cada vez mais complexa (PEREIRA, 1998; NASCIMENTO JÚNIOR, 2022).

Prosseguindo, Matos, Nolasco e Silva (2015) e Campelo (2013) lecionam que a 1ª Revolução Industrial, oriunda da mecanização, ocasionou um raciocínio mecanicista inspirando um modelo de gestão pública burocrática, que tem sua base relacionada na divisão do trabalho, em solo brasileiro esse modelo de administração burocrática inicia-se em 1.930 juntamente com os avanços industriais no Brasil, o país brasileiro vivenciava o intervencionismo no âmbito econômico, ensejando um aparelho estatal mais burocrático no que tange aos funcionários estatais, a administração pública passava a ser influenciada pelo Taylorismo com enfoque para a racionalização e simplificação, no ano de 1.936 cria-se o Departamento de Administração do Serviço Público (DASP) e ainda intui-se formalmente a função orçamentária ligada ao planejamento, porém o modelo burocrático apresentou algumas desvantagens com a grande tecnicidade que tinham as

decisões públicas, gerando o distanciamento do país da efetivação do bem-estar coletivo, além de colocar os mandamentos estatais acima dos cidadãos.

Por volta dos anos de 1.970 surge a necessidade de uma administração pública com viés eficiente e eficaz, que comportasse às demandas sociais frente às disfunções apresentadas pelo modelo burocrático, surge o modelo gerencialista de administração pública no período pós segunda guerra mundial na metade do século XX, momento em que há grande desenvolvimento tecnológico e os países afetados pela guerra encontram-se em recuperação, no Brasil os debates por uma reforma da administração pública mais eficiente inicia-se em 1.990, e em 1.995 tem-se o Plano Diretor da Reforma do Aparelho de Estado trazendo reformas voltadas para a economia do Estado, políticas direcionadas para indústria e tecnologia, com vistas a melhorar a competitividade interna e internacional, objetivando a promoção qualitativa dos serviços públicos e a implementação de políticas públicas eficientes, tratou-se de um modelo que flexibilizava os princípios do modelo burocrático e no que tange ao controle da administração este deixava de ser focalizado no processo e passava a ser direcionado aos resultados (SILVA; SILVA, 2019; COSTA, 2008).

O gerencialismo atrelou-se a um processo de modernização do ambiente público com vistas a suscitar qualidade, descentralizar e avaliar os serviços públicos prestados aos cidadãos que são os consumidores da administração pública, mas esse movimento gerencialista iniciado lá em 1.990, focalizado no cidadão e que almejou valorizar o planejamento estratégico, está dando lugar para uma administração pública movida por uma gestão participativa (ABRUCIO, 1997; BUENO, DE BRELÀZ; SALINAS, 2016).

Atualmente, a administração pública deve centrar-se no cidadão e deve voltar seu enfoque para o ambiente externo, como forma de atender aos anseios da sociedade, a administração deve estar centrada naqueles que usufruem dos seus serviços e para isso pode beneficiar-se das transformações tecnológicas provedoras de instrumentos que contribuam para o atendimento da sociedade, as mudanças no modelo administrativo podem vir a beneficiar-se pelos avanços em informática, redes e *software*, o Estado e a sociedade passam por transformações disruptivas e a Administração Pública precisa ser alcançada por essas transformações e precisa se adequar às tendências tecnológicas, um progresso contínuo no setor público pode ser vislumbrado pelo uso de novas tecnologias a serem inseridas no âmbito público, essas inovações tecnológicas proporcionam

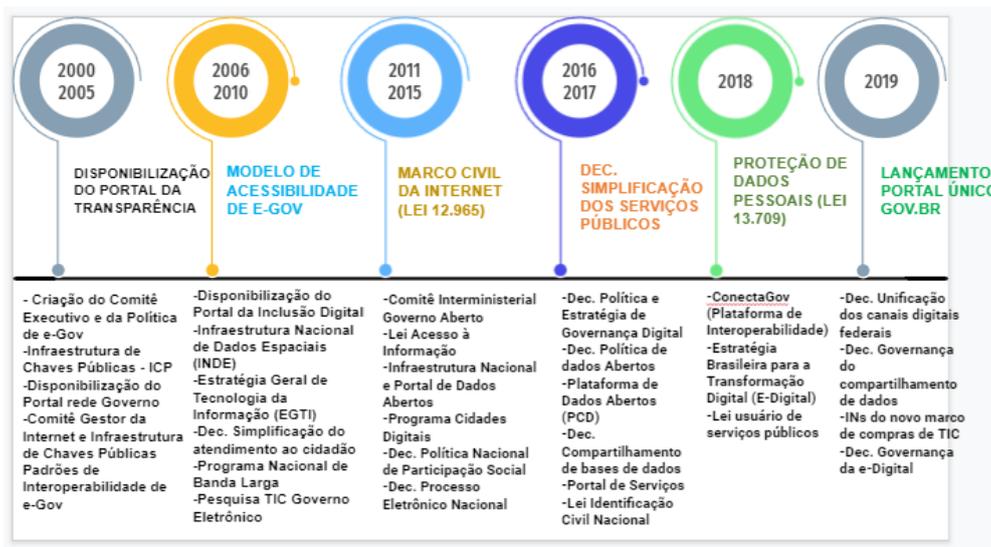
interligação direta entre Administração Pública e sociedade, gerando a possibilidade para melhorias nos serviços públicos e uma atuação cívica mais efetiva nas decisões tomadas em todos os níveis da Administração (COUTINHO, 2000; BARBOSA, 2017).

## **2.7 O processo de digitalização da Administração Pública Brasileira**

No Brasil, com o modelo gerencialista, emerge o governo eletrônico por meio do qual buscou-se a utilização da informática com intuito de diminuir o número de processos dentro da administração pública, além de buscar a promoção da digitalização de alguns serviços através das tecnologias de informação e comunicação, no ano 2.000 houve a publicação do Decreto nº 8.917 com vistas a instituir grupo interministerial cujo propósito se destinava à indicação de proposituras e regulamentações com vistas a promover a utilização das tecnologias de informação e comunicação na prestação de serviços públicos, o governo eletrônico surgiu com a idealização de proporcionar agilidade e prover a universalização dos serviços públicos, além de objetivar a ampliação da transparência das ações públicas, esse governo eletrônico atrelou-se à instrumentalização das atividades públicas por intermédio da tecnologia (NASCIMENTO JÚNIOR, 2022; REIS, 2015).

Desta forma, desde o ano 2.000 é possível verificar que a Administração Pública Brasileira vem promovendo ações legais e institucionais destinadas à transparência e melhorias de gestão, seguindo os padrões estabelecidos em âmbito internacional, no governo federal avanços tecnológicos são implantados desde o ano de 2.000 quando iniciou-se o governo eletrônico também chamado de e-Gov, desse período em diante várias ações foram implementadas chegando ao chamado governo digital que atualmente visa a participação social nos processos públicos, a facilidade de acesso aos portais da administração, serviços públicos voltados para a integração e a transparência de atendimento das necessidades da sociedade (SILVA; SILVA, 2019; BRASIL, 2018). A Figura 20 apresenta uma linha do tempo abordando os avanços desde o governo eletrônico até a chegada do governo digital na Administração Pública Federal.

**Figura 20** - Linha do tempo do governo eletrônico ao governo digital.



**Fonte:** Adaptado de Brasil (2020).

No ano de 2014, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) apresentou documento no qual apontava para que os países buscassem focar num governo digital ao invés de se basearem num governo eletrônico, pois o governo digital centra-se na sociedade, de forma que o setor público deve promover serviços públicos com eficiência e acessibilidade por meio das soluções digitais, o Brasil ainda não integra a OCDE, mas já protocolou seu pedido de adesão, ocorre que para a integração à essa organização o Estado brasileiro deverá preencher uma série de requisitos, entre os quais inclui-se as diretrizes quanto ao governo digital, por isso em 2016 teve-se o marco legal do governo digital brasileiro com a publicação do Decreto nº 8.638 que instituiu a Política de Governança Digital, então do ano de 2014 em diante, após o lançamento das recomendações da OCDE para que os países alcancem um governo digitalizado, o Brasil vem promovendo regulamentações com vistas a moldar o Estado brasileiro a esse modelo da era digital, sendo publicados diversos decretos que objetivam a modernização da Administração Pública Federal (NASCIMENTO JÚNIOR, 2022; NASCIMENTO JÚNIOR; MOURA, 2020).

Em 2015 houve a elaboração da Estratégia de Governança Digital (EGD) criada para perdurar pelo período de 2016 a 2019 com vistas à orientação e à integração acerca das iniciativas de transformação digital do governo federal, com o intuito de expandir o acesso às informações de governo, melhorar os serviços digitais prestados aos cidadãos e

ampliar a participação social, essa transformação digital da Administração Pública Federal tinha como escopo a governança digital, já em 2020 foi lançado o Decreto 10.332 que instituiu a EGD para os anos de 2020 a 2022 no âmbito do governo federal, vindo a sofrer alterações em 2022 por meio do Decreto 10.996 (BRASIL, 2018; BRASIL, 2022). O Quadro 5 elenca os marcos do processo de digitalização da Administração Pública Brasileira.

**Quadro 6 - Marcos regulatórios do governo digital no Brasil.**

<b>Marco regulatório</b>	<b>Ano</b>	<b>Finalidade</b>
Lei nº 12.965	2014	Marco Civil da Internet - Estabelece princípios, garantias, direitos e deveres para o uso da Internet no Brasil.
Decreto nº 8.539	2015	Dispõe sobre o uso do meio eletrônico para a realização do processo administrativo.
Decreto nº 8.638	2016	Política de Governança Digital no âmbito dos órgãos e das entidades da administração pública federal direta, autárquica e fundacional.
Decreto nº 8.777	2016	Política de Dados Abertos do Poder Executivo Federal
Decreto nº 8.789	2016	Dispõe sobre o compartilhamento de bases de dados na administração pública federal.
Decreto nº 8.936	2016	Institui a Plataforma de Cidadania Digital e dispõe sobre a oferta dos serviços públicos digitais, no âmbito dos órgãos e das entidades da administração pública federal direta, autárquica e fundacional.
Decreto s/ nº	2017	Criou o Conselho Nacional para a Desburocratização - Brasil Eficiente.
Decreto nº 9.203	2017	Dispõe sobre a Política de governança da administração pública federal direta, autárquica e fundacional.
Decreto nº 9.319	2018	Institui o Sistema Nacional para a Transformação Digital e estabelece a estrutura de governança para a implantação da Estratégia Brasileira para a Transformação Digital.
Decreto nº 9.637	2018	Institui a Política Nacional de Segurança da Informação, dispõe sobre a governança da segurança da informação.
Lei nº 13.709	2018	Lei de Proteção de Dados.
Lei nº 13.853	2019	Altera a Lei nº 13.709/2018 para dispor sobre a proteção de dados pessoais e para criar a Autoridade Nacional de Proteção de Dados.
Decreto nº 9.756	2019	Institui o portal único “gov.br” e dispõe sobre as regras de unificação dos canais digitais do Governo federal
Decreto nº 10.046	2019	Dispõe sobre a governança no compartilhamento de dados no âmbito da administração pública federal e institui o Cadastro Base do Cidadão e o Comitê Central de Governança de Dados.
Decreto nº 10.332	2020	Política de Governança Digital no âmbito dos órgãos e das entidades da administração pública federal direta, autárquica e fundacional.

**Fonte:** Elaborado pela Autora (2022).

Reis (2021) e Cristóvam, Saikali e Sousa (2020), apontam que as tecnologias já vinham ocasionando um processo disruptivo no âmbito da sociedade e após a ocorrência do estado pandêmico nos anos de 2020 e 2021, a influência dessa tecnologia foi intensificada de forma exponencial, deixando claro a necessidade que se tem de estar-se conectado à rede tanto para a sociedade quanto para os setores públicos, o movimento simbiótico entre Sociedade e Internet compele o Estado a integrar o processo de mudança decorrente de uma sociedade conectada através da rede, vislumbra-se que a autorização da telemedicina na época do COVID-19 foi uma das formas de materialização desse governo digital quanto aos serviços públicos na área da saúde, embora tenha se tratado de autorização legislativa federal efêmera, que autorizava a utilização desse recursos telepresencial no período de combate à pandemia do coronavírus, acredita-se que a tendência será pela permanência desse serviço, tendo em vista que já há interesse de organizações quanto a projetos robóticos destinados à área da telemedicina em estado de pandemia do Coronavírus.

Quanto à tecnologia habilitadora BDA no âmbito dos serviços públicos, Bueno, Brelaz e Salina (2016) e Reis (2015) enfatizam que a governança na era digital aponta para que os serviços públicos sejam remodelados para atendimento das necessidades especificadas de cada pessoa por meio de um processo de coprodução e personalização dos serviços públicos, a personalização do serviço público envolve a utilização de *software* e algoritmos que coletam e analisam a ferramenta habilitadora de BDA sobre os cidadãos que utilizam os serviços públicos, de forma a obter-se informações e comportamentos desse indivíduos com o fito de identificar as exigências sociais, com isso o cidadão se torna coprodutor dos serviços públicos, essa ferramenta habilitadora na administração pública brasileira poderá ser voltada para uma possível individualização e segmentação das demandas sociais, de forma que o Estado poderá criar não apenas políticas públicas direcionadas à coletividade, mas poderá também direcionar certas políticas para atender às necessidades de seguimentos sociais específicos, além de ser uma tecnologia que pode auxiliar na transparência dos dados públicos.

Neste processo de digitalização do Estado, infere-se que mudanças oriundas de avanços tecnológicos ocorrem no seio da sociedade e alcançam a Administração Pública, impulsionando a máquina estatal a tornar-se virtualizada no âmbito de suas relações, de forma a quebrar paradigmas e ultrapassar fronteiras, posto que atividades eletrônicas

geram segurança, economicidade e eficiência, vivencia-se uma era digital na qual a sociedade hodierna caracteriza-se pelo fomento de informações e isso atinge o governo quanto a sua atuação, de modo que a atividade mecanicista de prestação de serviços da Administração Pública substitui-se pela atuação digital dos setores públicos, a internet transmuda a ideia de espaço público, proporcionando a aproximação entre administradores e administrados através de um espaço virtualizado, o poder estatal centra-se na sociedade que é sua razão de ser e é para ela que a administração pública atua, por isso faz-se necessário que o Estado esteja atento às transformações que ocorrem na sociedade (ALBUQUERQUE; DA SILVA; DE SOUSA, 2017; REIS, 2021).

Na Advocacia-Geral da União (AGU) já se utiliza de Inteligência Artificial por meio do programa chamado *Sapiens* que apoia a Advocacia Pública por intermédio de um gerenciador eletrônico de documentos que tem recursos para produzir conteúdo da área jurídica e consegue exercer o controle dos fluxos administrativos, e ainda há expectativas de interligação desse programa aos sistemas dos Poderes Judiciário e Executivo, atualmente esse programa de Inteligência Artificial encontra-se em sua versão 2.0 e foi implantado durante o ano de 2021 com o propósito de se tornar a plataforma tecnológica a ser utilizada pela Advocacia Pública do Brasil, a implantação do *Sapiens 2.0* vai ao encontro dos objetivos estratégicos da AGU que estão voltados para o fomento da transformação digital juntamente com o fortalecimento dos ideias de governança e inovação (PEREIRA; PEIXOTO, 2020; BRASIL, 2020).

Ainda, na Controladoria-Geral da União (CGU), órgão ligado diretamente à Presidência da República que tem a incumbência de realizar auditorias com vistas a verificar a utilização dos recursos públicos, de forma que auxilia o chefe maior do governo federal por intermédio das atividades de controle interno, auditoria pública e correição de assuntos correlatos à defesa do patrimônio público e transparência da gestão no âmbito do Poder Executivo Federal, a CGU está se utilizando de ferramenta tecnológica denominada de Programa de Gestão de Demandas (PGD) com vistas a melhorar a gestão de pessoas e já gerou economia de mais de 8 milhões de reais para os cofres públicos, poupando 68 mil horas de produção (BATISTA, 2011; REIS, 2021).

Têm-se que desde 2014 setores públicos vem aderindo ao Sistema Eletrônico de Informação (SEI), um Decreto Presidencial estabeleceu a obrigatoriedade de que até 2017 o governo federal extinguisse a utilização de papel, o objetivo é promover a eliminação

de processos físicos, ainda, com as ocorrências da pandemia verificou-se uma intensificação tecnológica com estímulo à prestação de serviços no formato digital e ao teletrabalho, no âmbito da administração pública federal há 48,62% servidores civis executando suas atividades como teletrabalhadores em suas residências e de acordo com a previsão do Governo Digital 2020-2022, pretende-se tornar 100% digital a prestação dos serviços da Administração Pública Federal (SILVA; SILVA, 2019; REIS, 2021).

Nessa conjuntura, Schwab (2016) e Cristóvam, Saikali e Sousa (2020) apontam no sentido de que essa revolução tecnológica que se vivencia vem para modificar drasticamente a maneira como se vive, trabalha-se e a sociedade interage entre si, trata-se de uma mudança disruptiva que será integrada e abrangente, envolvendo todos os agentes globais tanto dos setores privados quanto dos setores públicos, a 4ª Revolução Industrial tem o condão de melhorar a qualidade de vida dos humanos em cadeia global, a inovação tecnológica promoverá eficiência e produtividade com ganhos a longo prazo, de modo que a Administração Pública, quando do emprego de tecnologias em seus sistemas de administração e em seus planos de desenvolvimento para o aprimoramento da digitalização na máquina pública, integrar-se-á à essa era de 4ª Revolução Industrial na qual as tecnologias emergentes que vêm sendo esquadrihada cotidianamente impulsionam o governo a alcançar a Administração ou a Gestão Pública 4.0.

O princípio da eficiência tem como faceta o princípio da atualidade e este por sua vez abarca o dever de modernização da Administração Pública, trazendo a obrigatoriedade de se empregar avanços científicos e tecnológicos com vistas ao aperfeiçoamento da qualidade dos serviços prestados pela Administração Pública, a Administração Pública ao se modernizar torna-se mais eficiente e transparente, e a utilização de *software* juntamente com a desmaterialização promovem a simplificação dos processos, fazendo com que a máquina pública obtenha economia de papel, espaço físico, além do que servidores públicos e sociedade conseguem se beneficiar quando os serviços públicos são prestados na modalidade *online*, pois esses serviços podem ser acessados de qualquer lugar (REIS, 2021; SILVA; SILVA, 2019).

Neste sentido, a Administração Pública deve adaptar-se às modificações tecnológicas, pois a sociedade exige que o poder público proporcione uma gestão pública mais dialógica e eficiente além de transparente, mantendo-se uma diversidade de serviços públicos à disposição dos administrados, inclusive serviços públicos digitais, o Estado

necessita desenvolver ferramentas aptas a atender as demandas da coletividade, à vista disso o governo brasileiro caminha para uma consolidação de governo digital, tendo em vista as mudanças de paradigmas ocorridas pela emergência da 4ª Revolução Industrial, a Administração Pública Brasileira sempre buscou aderir ao cenário público brasileiro, embora com certo atraso, as tendências de modernização da máquina pública, conforme tais tendências surgem em outros países, tanto é assim que uma política de governança digital vem sendo delineada em âmbito público federal desde 2016 (SCHIEFLER; DA SILVA CRISTÓVAM; DE SOUSA, 2020; NASCIMENTO JÚNIOR; MOURA, 2020).

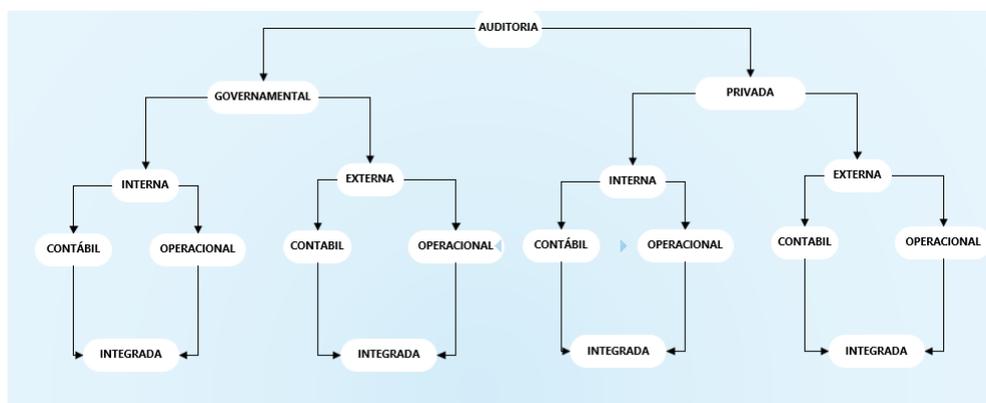
## **2.8 Auditoria Interna Governamental: terceira linha de defesa da Administração Pública**

O processo evolutivo da Auditoria se interliga com o desenvolvimento da Administração, da Contabilidade e das Ciências Econômicas, atrelando-se também ao processo de Revolução Industrial emergido no começo do século XIX, acredita-se que a Auditoria seja oriunda da necessidade de verificação dos registros contábeis quando despontaram as empresas de grande porte e quando surgiu a imposição do imposto de renda cobrado com base nos balanços patrimoniais, aponta-se no sentido de que a atividade de auditoria tenha se desenvolvido na Inglaterra, uma vez que no século XIII tem-se o surgimento do termo “auditor” no país inglês e a Inglaterra foi a primeira a contar com grandes companhias comerciais, sendo esse país o pioneiro na instituição do imposto de renda sobre a renda empresarial, além disso na Inglaterra desde 1314 já se realizava auditoria sobre as contas públicas (BATISTA, 2011; ARRUDA; BARRETTO; ARAÚJO, 2007).

O termo “auditoria” vem do latim *audire* cujo significado é “ouvir” o que levou à criação de *auditor* dando origem à palavra “auditor”, referindo-se àquele que ouve, porque no exórdio da atividade de auditoria, os auditores obtinham suas conclusões pautados pelas informações que lhes eram passadas de modo verbal, já para os ingleses, que utilizaram o termo *auditing* para se referir a um conjunto de procedimentos técnicos atrelados à revisão no sistema contábil, o termo “auditor” derivaria do verbo inglês *to audit* o qual significa examinar, ajustar, corrigir e retificar (ROMERO; VIEIRA, 2018; SILVA, 2021).

De acordo com Arruda, Barretto e Araújo (2007) e Batista (2011), a Auditoria é o processo no qual confronta-se uma determinada situação encontrada com um determinado critério, realizando-se uma comparação entre o fato ocorrido e aquilo que deveria ocorrer, sendo conceituada como um processo de exame independente com vistas a emitir opinião quanto à conformidade de situações, trata-se de atividade que agrega multidisciplinariedade, abarcando diversas formações profissionais, com vistas a efetivar análises intelectuais, pormenorizadas e personalísticas quanto a documentos, com o fito de emitir relatórios acerca de procedimentos de Contabilidade, Administração, financeiro, patrimoniais, cujo objetivo está em promover a averiguação e o controle do patrimônio, apurando a legalidade e legitimidade dos atos emanados pela gestão. A Figura 21 apresenta os tipos de auditoria.

**Figura 21-** Tipos de Auditoria.



**Fonte:** Adaptado de Arruda, Barretto e Araújo (2007).

Consoante Veiga (2021) e Batista (2011), a Auditoria Interna seria aquela realizada por funcionários pertencentes à própria organização, os quais se reportam ao Comitê de Auditoria do Conselho de Administração, trata-se de atividade de auditoria que objetiva solidificar o controle interno institucional, objetivando abastecer a Administração de meios para constatar o andamento do sistema contábil, a legalidade dos procedimentos, a gestão administrativa, o controle patrimonial, o cumprimento das políticas estabelecidas pela Administração, a Auditoria Interna atua na auditoria preventiva, operacional e corretiva, este tipo de auditoria tem o propósito de auxiliar no alcance dos objetivos

organizacionais, sendo uma atividade de avaliação voluntária efetuada pela entidade para assegurar a eficácia dos seus controles internos.

O Conselho Federal de Contabilidade (CFC), por meio da Resolução 986/2003 que aprovou a norma técnica NBC TI 01 - Da Auditoria Interna, conceitua auditoria interna e apresenta sua finalidade (BRASIL, 2003, p.02):

A Auditoria Interna compreende os exames, análises, avaliações, levantamentos e comprovações, metodologicamente estruturados para a avaliação da integridade, adequação, eficácia, eficiência e economicidade dos processos, dos sistemas de informações e de controles internos integrados ao ambiente e de gerenciamento de riscos, com vistas a assistir a administração da entidade no cumprimento de seus objetivos.

A atividade de Auditoria Interna está estruturada em procedimentos, com enfoque técnico, objetivo sistemático e disciplinado, e tem por finalidade agregar valor ao resultado da organização, apresentando subsídios para o aperfeiçoamento dos processos, da gestão e dos controles internos, por meio da recomendação de soluções para as não-conformidades apontadas nos relatórios.

A Auditoria Interna encontra-se posicionada na 3ª linha de defesa da organização, na qual há isenção e independência, de forma que a Auditoria encontra-se posicionada fora da gestão, o que proporciona a esta atividade a capacidade de avaliação das funções e processos concernentes aos controles internos, avaliação da conformidade e gestão de riscos realizados pela 1ª e 2ª linhas de defesa, e ainda permite a avaliação da organização integralmente, a independência em relação à gestão é uma das características dessa 3ª linha de defesa, porém essa independência não significa que a Auditoria Interna atuará isolada da alta gestão, pelo contrário, deverá haver interação regular entre elas com vistas a possibilitar que a atividade de auditoria seja relevante para a organização e alinhada aos seus objetivos estratégicos e operacionais (IBGC, 2018; IIA, 2020). A Figura 22 traz o Modelo das 3 Linhas de Defesa apresentado pelo Instituto de Auditores Internos (IIA).

**Figura 22 - Modelo das 3 Linhas de Defesa.**



Fonte: IIA (2020).

Quanto ao campo de atuação, tem-se que a auditoria classificada como governamental ou pública cuja atuação recai sobre a administração do setor público, esse tipo de auditoria abrange o acompanhamento das ações engendradas pela administração direta e indireta, sendo uma atividade imprescindível para o dever de *accountability* dos governos perante a sociedade, permitindo que os cidadãos confiem nas informações prestadas quanto às atividades públicas desenvolvida por meio dos recursos públicos, a Auditoria Governamental tem sua função pautada na fiscalização do correto uso dos recursos públicos, na observância dos princípios da eficiência, eficácia, economicidade e equidade e na verificação da conformidade legal no âmbito da administração pública (ARRUDA; BARRETTO; ARAÚJO, 2007; CHACÓN, 2015). O Quadro 6 enumera algumas vantagens da Auditoria Pública apontando seus beneficiários.

**Quadro 7 - Vantagens da Auditoria Pública.**

Beneficiário	Vantagens
Governo	Segurança, confiabilidade e transparência
Órgãos fiscalizadores	Controle, segurança, transparência e cumprimentos das obrigações principais e acessórias dos órgãos dos governos
Contribuintes	Credibilidade, transparência e confiabilidade

Fonte: Adaptado de Batista (2011).

**Quadro 8 - Vantagens da Auditoria Pública (continuação).**

<b>Beneficiário</b>	<b>Vantagens</b>
Ordenadores de despesas ou gestores	Segurança, redução da ineficiência e da negligência, transparência, garantia da regularidade fiscal responsável, defesa das diretrizes e promessas de campanha
Secretários, contadores e administradores	Eficácia no cumprimento de tarefas e atividades, alinhamento com os ditames legais, eficiência dos serviços contábeis e minimização de erros ou fraudes

**Fonte:** Adaptado de Batista (2011).

Para Sousa (2019) e Carvalho (2020), no âmbito dos setores públicos a AIG se apresenta como mecanismo relevante para as atividades públicas, pois por intermédio de sua atividade consultiva a AIG consegue agregar valor ao desempenho das funções de monitoramento e conformidade, além de buscar otimizar a atuação administrativa para que seja eficiente e tenha níveis procedimentais e operacionais adequados, a AIG se perfaz como ferramenta importante à Administração Pública porque esta necessita obrigatoriamente prestar contas de suas atividades à coletividade, a AIG trabalha no sentido de fortalecer e assessorar a gestão, ademais este tipo de auditoria buscar promover ações preventivas e de apoio à organização, sendo uma atividade de controle que atua dentro da Administração Pública, contribuindo para a prevalência dos princípios da legalidade, impessoalidade e probidade dos atos administrativos.

O Referencial Técnico da Atividade de AIG do Poder Executivo Federal, aprovado por meio da Instrução Normativa nº 03 de 09 de junho de 2017 do Ministério da Transparência e Controladoria-Geral da União, aborda o conceito de AIG (BRASIL, 2017, p. 04):

A auditoria interna governamental é uma atividade independente e objetiva de avaliação e de consultoria, desenhada para adicionar valor e melhorar as operações de uma organização. Deve buscar auxiliar as organizações públicas a realizarem seus objetivos, a partir da aplicação de uma abordagem sistemática e disciplinada para avaliar e melhorar a eficácia dos processos de governança, de gerenciamento de riscos e de controles internos.

Neste sentido, a Administração Pública busca reforçar sua capacidade de governar com vistas a melhorar seu desempenho estratégico no que tange à promoção econômica e social, desta forma a máquina pública é compelida a empregar o controle interno no âmbito de suas atividades e a se utilizar das inovações tecnológicas para otimizar o tempo e melhorar a qualidade com o fito de atender o interesse público, a Auditoria

Governamental se apresenta como um instrumento capaz de efetuar o controle das ações estatais cujos trabalhos voltam-se para o desempenho das entidades governamentais, no conflito entre cidadão e Estado tem-se que a Auditoria desempenha a função de avaliadora quanto à execução do serviço público prestado, examinando se esse serviço encontra-se em conformidade com o que foi institucionalizado, além de buscar promover a solidificação dos mecanismos de governança pública (PINTO *et al.*, 2012; FONTENELE, 2021).

## 2.9 A I4.0 no âmbito das atividades de auditoria

As organizações de auditoria governamental estão se moldando no sentido de terem estratégias de modernização por intermédio do uso de ferramentas de análises de dados e outras tecnologias digitais para o estabelecimento de um controle digital, com vistas a possibilitar a conformidade das operações e a criação de valor público pelo Estado, a Auditoria 4.0 proporcionará mudanças disruptivas no que tange à profissão do auditor, levando a uma automatização dos procedimentos de auditoria utilizados atualmente, diminuindo o tempo e ampliando o escopo da auditoragem, depreende-se que as organizações industriais caminham no sentido da I4.0 de forma que a atividade de auditoria também deve caminhar neste sentido (PAIVA, 2017; DAI; VASARHELYI, 2016). A Figura 23 apresenta as quatro gerações de Auditoria.

**Figura 23** – As 4 Gerações da Auditoria.

<b><i>As Gerações de Auditoria</i></b>			
<b>Auditoria 1.0</b>	<b>Auditoria 2.0</b>	<b>Auditoria 3.0</b>	<b>Auditoria 4.0</b>
Auditoria Manual	Auditoria de Tecnologia da Informação	Inclusão de <i>Big Data</i> nas análises de auditoria	Automação semi e progressiva de auditoria
Ferramentas: Lápis, calculadora	Ferramentas: Excel, CAAT <i>Software</i>	Ferramentas: aplicativos analíticos	Ferramentas: sensores, CPS, IoT/loS, RFID, GPS

**Fonte:** Adaptado de Dai e Vasarhelyi (2016).

Nesta última década surgem inovações tecnológicas, como o BDA, robôs autônomos e inteligência artificial, que ensejam mudanças na profissão e isso, conjugado ao crescente volume de dados, alterações nos modelos comerciais e as modificações decorrentes dessa automatização, empurram a Auditoria para o âmbito de I4.0 uma vez que a nova realidade tecnológica elastece o espaço de trabalho da auditoria, proporciona a diminuição dos erros humanos e gera eficiência e eficácia, atributos esses imprescindíveis ao auditor, as tecnologias emergentes tem o propósito de fomentar análises mais velozes, com custos reduzidos e com maior precisão dos dados massivos fazendo com que os variados tipos de negócios passem a utilizá-las, gerando um aumento sem precedentes no uso dessas tecnologias, de forma que os auditores também demonstram cada vez mais que confiam nessas tecnologias emergentes como os sistemas de inteligência artificial que utilizam algoritmos sofisticados (SILVA, 2021; MUNOKO; BROWN-LIBURD; VASARHELYI, 2020).

Para Lima (2019) e Paiva (2017), verifica-se um avanço exponencial das tecnologias empregadas no âmbito do controle externo, os Tribunais de Contas necessitam se adaptar constantemente às transformações digitais, pois as tecnologias digitais estão modificando modelos comerciais, estruturas institucionais, produtos, serviços, e com vistas a manter-se a interação com a sociedade o Tribunal de Contas da União (TCU), de forma pioneira, vem inserindo em seus trabalhos a Auditoria em Realidade Mista a qual integra mecanismos avançados de análise de informações juntamente com tecnologias de realidade virtualizada, verifica-se que nos últimos anos essa Corte de Contas vem exercendo seu trabalho por meio de um controle digitalizado sobre a máquina pública que se encontra inclinada para a era digital.

O TCU já se utiliza das funcionalidades de um robô para Análise de Licitações e Editais denominado de “Alice” que efetua coleta diária de arquivos e informações das licitações e atas de pregão eletrônico que foram publicizados com vistas a apurar irregularidades nessas licitações e pregões no âmbito federal, esse robô foi criado no ano de 2015 pela CGU para ser utilizado na avaliação preventiva e automatizada de editais licitatórios, em 2016 o TCU efetivou parceria com a CGU para que esse sistema “Alice” fosse adaptado para o controle externo de competência do TCU, além do programa “Alice” no âmbito do controle externo, o TCU vem se utilizando de diversos outros programas de inteligência artificial com vistas a alcançar eficiência, racionalidade e

tempestividade em suas atividades de controle, inserindo em seus trabalhos ferramentas tecnológicas (REIS, 2021; COSTA; BASTOS, 2020). O Quadro 7 enumera os programas de inteligência artificial utilizados pelo TCU.

**Quadro 9** - Tecnologias utilizadas no âmbito do Tribunal de Contas da União.

<b>Sistema de inteligência artificial</b>	<b>Finalidade</b>
Alice - Análise de Licitações e Editais	Sistema capaz de acessar grandes massas de dados, separá-las, classificá-las, enviar alertas e apontar prioridades para a análise humana.
Monica - Monitoramento Integrado para o Controle de Aquisições	Painel que mostra todas as compras públicas, numa amplitude maior do que a do robô Alice, pois abarca também contratações diretas e aquelas feitas por meio de inexigibilidade de licitação.
Adele - Análise de Disputa em Licitações Eletrônicas	Por meio dos dados do Comprasnet, esse sistema classifica e agrupa as informações preparando-as para análise. As informações trabalhadas são disponibilizadas em painéis de acompanhamento, trazendo gráficos de competição dos pregões, conforme parâmetros trazidos pelos usuários.
Sofia - Sistema de Orientação sobre Fatos e Indícios para o Auditor	Robô percorre um documento de fiscalização em curso, em tempo real, trazendo informações adicionais a elementos citados no texto, como CPFs, CNPJs, nomes e decisões do TCU.
Carina - <i>Crawler</i> e Analisador de Registros da Imprensa Nacional	Por meio de extrações diárias, as informações publicadas no Diário Oficial da União são extraídas e processadas, complementando o trabalho realizado pelo robô Alice.
Ágata - Aplicação Geradora de Análise Textual com Aprendizado	Permite ao usuário que não tenha perfil de “analista de dados” construir pesquisas textuais com a possibilidade de retroalimentação ao sistema (permitindo, com isso, modelagem e aperfeiçoamento dos resultados).
LabContas - Laboratório de Informações de Controle	Agrupa as bases de dados da Administração Pública Federal, subsidiando o exercício do controle externo, por meio da consulta a sistemas informatizados, acessíveis em um ambiente virtual para tratamento, cruzamento e análises de dados.

**Fonte:** Elaborada pela Autora conforme informações de Costa e Bastos (2020) e Hildebrand (2021).

Quanto à Auditoria Interna, esta é modificada pelo uso das tecnologias que influem na qualidade e na eficácia dessa atividade que é composta por diversas fases na sua elaboração, de forma que o emprego tecnológico incorpora maior confiabilidade e

controle de eficácia à Auditoria Interna, a utilização de tecnologias no âmbito das atividades de auditoria ocasionam aumento da qualidade dos trabalhos, pois impactam nos níveis de precisão e de tempestividade da atividade realizada, de forma que vive-se uma revolução no âmbito das atividades de auditoria, a qual deve evoluir para uma Auditoria 4.0, em vista da chegada dessa nova revolução industrial também denominada de I4.0 que alinha as tecnologias para o estabelecimento da automação com troca de informações e acopla o uso de CPS, IoT e Computação em Nuvem, tendo como uma de suas características a automação e a padronizado por intermédio da automação robótica de processos (SOUSA, 2019; VEIGA, 2021).

Desta forma, de acordo com Silva (2021) e Veiga (2021), na atualidade o auditor trabalha com informações advindas das tecnologias da informação e do âmbito operacional eletrônico, além de imprimir métodos e procedimentos de auditoria já distintos daqueles tradicionais, pois as práticas de auditoria tradicionais necessitam ser modernizadas, haja vista os negócios atuais exigirem práticas de auditagem proativas e com perspectiva para o futuro, no sentido de que a auditoria tradicional deve ser atualizada pela inserção de inteligências de negócios e pela utilização de tecnologias nas atividades regulamentadas dos auditores, porque que as recorrentes ondas tecnológicas e a dinâmica do mercado e da sociedade exigem que os auditores se tornem mais proativos e prospectivos.

### 3 PERCURSO METODOLÓGICO

Esta pesquisa teve como objetivo realizar um estudo longitudinal em três Setores de Auditoria Interna no âmbito das Administrações Públicas Federal, Estadual e Municipal acerca da utilização das tecnologias habilitadoras da Indústria 4.0.

A pesquisa se perfaz pela formação de conhecimento original respeitando-se as exigências do campo científico, posto que para que haja pesquisa torna-se imprescindível que sejam contemplados critérios de coerência, consistência, originalidade e objetivação no trabalho científico (PRODANOV; DE FREITAS, 2013).

Para Guerra (2011), é na pesquisa que reside o alicerce de qualquer ciência, de forma que sem ela não há ciência e também não haverá tecnologias, se não fosse pelos trabalhos de pesquisa grandes descobertas e invenções científicas não teriam ocorrido, o conhecimento científico é adquirido pelo estudo incessante através do aprendizado ordenado e contínuo, sendo o desenvolvimento científico a força motriz da sociedade.

Nesta perspectiva, entende-se que a pesquisa é fundamental para qualquer área do conhecimento, visto que a teoria não pode estar dissociada da prática, principalmente no que tange à área da engenharia, na qual o profissional tem que aplicar os conhecimentos adquiridos para transformar determinada ciência em produtos e serviços, com vistas a gerar melhorias e bem-estar para a sociedade, colocando em prática seus conhecimentos científicos e tecnológicos (DA SILVA MARTINS; PIMENTEL; DA NOBREGA, 2019).

Desta forma, neste capítulo foram abordados os procedimentos metodológicos que direcionaram o desenvolvimento do trabalho de pesquisa que teve como foco central a avaliação do nível de utilização das tecnologias habilitadoras da I4.0 no processo de AIG. E com vistas a enumerar as técnicas empregadas no presente estudo, serão apresentadas as seguintes seções: natureza da pesquisa, objetivos da pesquisa, abordagem da pesquisa, procedimentos da pesquisa, métodos para a coleta de dados, análise dos resultados e operacionalização da pesquisa.

### 3.1 Natureza da Pesquisa

Baseado no objetivo desta pesquisa, esta é de natureza aplicada, pois o objetivo deste trabalho foi direcionado à constatação dos dados teóricos na prática, com vistas a gerar conhecimentos ao caso especificado, almejando-se alcançar resultados específicos no âmbito dos setores das instituições que se voltam para a atividade de auditoria interna no âmbito público.

Do ponto de vista de sua natureza, a pesquisa aplicada atrela-se a verdades e a interesses locais, objetivando a obtenção de conhecimentos para aplicá-los na resolução de problemas, cria produtos e/ou processos com finalidades imediatas, utilizando-se dos conhecimentos angariados pela pesquisa básica conjugada com as tecnologias existentes, a pesquisa aplicada tem o condão de gerar impactos, perfazendo-se em um conjunto de atividades que empregam conhecimentos previamente adquiridos para coleta, seleção e processamento de fatos e dados, com o fito de obter-se resultados e confirmá-los, gerando assim impactos que ultrapassam as fronteiras acadêmicas e atingem diversas outras dimensões por meio da divulgação do conhecimento científico produzido (PRODANOV; DE FREITAS, 2013; FLEURY; DA COSTA WERLANG, 2016).

Na engenharia, a pesquisa deve proporcionar avanços no conhecimento, entretanto estes avanços devem ensejar também benefícios práticos no âmbito da sociedade, pois a engenharia preocupa-se com as soluções de problemas da coletividade, de modo que a pesquisa para o profissional da engenharia atrela-se ao estabelecimento de métodos, normas, padrões, que agregados ao compromisso do método científico, tem o fito de solucionar as problemáticas correntes no âmbito da sociedade (DE OLIVEIRA SILVA, *et al.*, 2020).

Para Grazzia, Giacon e Fontes (2017) e Fleury e Da Costa Werlang (2016), a pesquisa aplicada tem como objetivo a geração de conhecimentos que serão aplicados na prática, com vistas a solucionar problemáticas específicas que envolvem verdades e interesse locais, a pesquisa aplicada volta-se para problemáticas que surgem no âmbito das atividades institucionais e organizacionais com o propósito de inclinar-se para a verificação de diagnósticos, identificação de problemas e buscas por soluções de forma a atender aos anseios de respostas formulados por determinados indivíduos, grupos, organizações.

### 3.2 Objetivos da Pesquisa

Sob o ponto de vista de seus objetivos, a presente pesquisa teve caráter exploratório-descritiva, pois as pesquisas exploratórias e descritivas são as comumente utilizadas pelos pesquisadores que voltam-se para as questões práticas, sendo que as pesquisas descritivas estão próximas das pesquisas exploratórias tendo em vista que as mesmas permitem uma nova perspectiva sobre o problema avençado (PRODANOV; DE FREITAS, 2013).

A pesquisa exploratória é o passo que dá início ao processo investigatório da pesquisa, visto que forma a base que auxiliará o pesquisador nas fases posteriores do seu trabalho, objetivando a familiarização com o fenômeno, a obtenção de nova percepção sobre esse fenômeno ou a descoberta de uma nova ideia, trata-se de pesquisa flexível que permite considerar diversos aspectos da problemática ou da situação, sendo a pesquisa recomendada quando se tem pouco conhecimento sobre a problemática estudada, visto que esta pesquisa tem o propósito de levantar os dados sobre o objeto alvo do estudo, delimitando o campo de atuação do investigador e promovendo o mapeamento das condições em que se manifesta o objeto, de forma que a pesquisa exploratória atua como uma preparação para a aplicação da pesquisa descritiva (GUERRA, 2011; SEVERINO, 2017).

Já no que concerne à pesquisa descritiva, esta tem como objetivo realizar a observação, registro, análise, classificação e interpretação dos dados sem, contudo, haver interferência do investigador ou manipulação dos dados por parte deste, entretanto a pesquisa descritiva exige que o pesquisador já tenha uma carga de dados sobre aquilo que se pesquisa, cujo propósito de estudo relaciona-se com a descrição dos fatos e fenômenos de determinada realidade, trata-se de pesquisa que requer técnicas padronizadas para a colheita das informações do objeto estudado, sendo exemplos de pesquisa descritiva: análise documental e estudo de caso (ASSIS, 2009; GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

### 3.3 Abordagem da Pesquisa

Sob o enfoque da abordagem, este trabalho teve cunho qualitativo, haja vista que na pesquisa qualitativa tem-se uma melhor compreensão e visão do contexto da problemática investigada (DE OLIVEIRA, 2011).

Em consonância com Prodanov e De Freitas (2013) e Moresi *et al.*, (2003), a pesquisa qualitativa tem como base a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados, não havendo necessidade de utilização de técnicas estatísticas, pois na abordagem qualitativa considera-se que há indissociabilidade entre o subjetivismo do sujeito e o mundo objetivo e isso não pode ser interpretado de forma numérica, em pesquisas de cunho qualitativo a constância pode ser constatada por meio de exames detalhados da literatura, comparando-a com os achados ou observações, e para empregar os métodos qualitativos faz-se necessário que o pesquisador tenha a expertise de observar, registrar e analisar interações reais entre pessoas e entre estas e sistemas.

Por conta de sua natureza, a pesquisa qualitativa necessita que o pesquisador tenha um olhar aprofundado para o contexto e para o local em que executa sua atividade de pesquisa, pois o investigador da pesquisa estará imerso nesse processo de pesquisa, buscase por meio da abordagem qualitativa a captação não somente da aparência como também da essência do fenômeno estudado, com vistas a explicar sua origem, relações e mudanças, almejando-se também prever suas consequências (VIEIRA, 2012; DE OLIVEIRA, 2011).

A pesquisa qualitativa inclina-se para o entendimento detalhado de determinada coisa, criando um processo por intermédio do qual questões-chave são identificadas e perguntas são formuladas, pois essa abordagem auxilia na identificação de questões e no entendimento de sua importância, sendo a matéria-prima desse método os dados qualitativos que se perfazem em descrições com detalhamentos de situações, eventos, pessoas, interações, comportamentos observados (MORESI *et al.*, 2003).

### 3.4 Procedimentos da Pesquisa

Os procedimentos metodológicos são os caminhos concretos que o pesquisador na fase de investigação deve percorrer e os recursos ferramentais que deverá utilizar para

executar sua pesquisa e extrair os resultados do processo de investigação, a materialização da pesquisa ocorre pelas técnicas de pesquisa empregadas que formam o conjunto de procedimentos, de modo que o procedimentos possibilitarão a consecução do trabalho de pesquisa, sendo o momento no qual se delinea o plano de pesquisa em sua dimensão mais ampla, delimitando a coleta dos dados, o ambiente onde serão coletados os dados e as formas de controle das variáveis envolvidas (MAZUCATO, 2018; PRODANOV; DE FREITAS, 2013).

Destarte, os procedimentos metodológicos que foram adotados para o atingimento dos objetivos pretendidos neste trabalho de pesquisa foram: estudo em seu formato múltiplo, coleta de dados por meio das técnicas de análise documental e entrevista com roteiro semiestruturado, e método de análise dos dados por meio de levantamento documental e análise de conteúdo.

#### 3.4.1 Estudo de casos múltiplos

Haja vista que a abordagem deste estudo teve cunho qualitativo, sendo caracterizada pela descrição, compreensão e interpretação de fatos e fenômenos, configurando-se como uma abordagem que vem sendo cada vez mais utilizada na condução de pesquisas, utilizou-se neste trabalho o estudo de caso em seu formato múltiplo, tendo em vista tratar-se de método que anseia por avaliação qualitativa, posto que o estudo de caso tem como objeto de estudo uma unidade social com vistas a analisá-la de forma aprofundada e intensa (MARTINS; THEÓPHILO, 2018).

A estratégia de estudo de caso é muito empregada na pesquisa descritiva e exploratória, podendo combinar diversas técnicas de coletas de dados como a análise documental, entrevistas, questionários e observações, e ainda envolver um único caso ou casos múltiplos, e no que tange aos estudos de casos múltiplos estes têm como vantagem a obtenção de evidências mais vigorosas e por isso são vistos como um estudo mais robusto (FLEURY; DA COSTA WERLANG, 2016; YIN, 2015).

Salienta-se que na atualidade os estudos de casos estão difundidos em todas as áreas do conhecimento, apresentando-se em diversos formatos e em variadas formas de aplicação, neste método objetiva-se realizar uma reflexão de forma descritiva, bem como uma análise detalhada sobre determinado caso que por possuir certas particularidades

torna-se diferenciado, sendo um interessante objeto de investigação, com este estudo é possível obter-se informações essenciais que podem agregar na construção do conhecimento (PEREIRA *et al.*, 2018).

Neste sentido, considerando que o propósito deste trabalho foi investigar o âmbito de controle interno de três instituições públicas quanto ao seu nível de inserção tecnológica frente à Indústria 4.0, restou configurado como plausível à presente pesquisa o emprego do estudo de caso múltiplo com vistas ao aprofundamento da investigação no universo das auditorias internas de 3 instituições selecionadas para a coleta de informações.

Desta forma, a investigação ocorreu em um setor de auditoria da esfera federal, em um setor de auditoria da esfera estadual e em um setor de auditoria da esfera municipal, as quais foram identificadas por: Instituição 1, Instituição 2 e Instituição 3, respectivamente.

Diante disso, teve-se como âmbito de estudo de caso múltiplo 3 Setores de auditoria interna pertencentes cada uma a um nível de governo distinto, de modo que assim efetuou-se o estudo longitudinal.

### **3.5 Métodos para coleta de dados**

As técnicas para a coleta dos dados para a obtenção das informações necessárias com vistas a realizar o embasamento do trabalho de investigação foram: pesquisa documental e entrevista com roteiro semiestruturado.

No âmbito dos 3 Setores de AIG selecionados para o aprofundamento do estudo de caso, a reunião das informações pertinentes ocorreu por intermédio de materiais documentais das atividades de controle interno desempenhadas por estas organizações e por meio de entrevistas de servidores públicos que atuam como auditores internos dentro destes setores.

A pesquisa documental é uma técnica que almeja identificar, levantar, explorar, os materiais documentais que são fontes do objeto que se pesquisa, registrando os dados extraídos dessas fontes com vistas a serem empregados no desenvolvimento do trabalho em estudo (SEVERINO, 2017).

As pesquisas possuem interligação estreita e densa com conjuntos materiais classificados como documentos, os documentos tem como função o registro de um fato determinado, funcionando como receptores materiais de dados e, aliado aos avanços tecnológicos da informação, as percepções acerca dos materiais documentais foram ampliadas, de forma que hodiernamente arquivos digitais contendo textos, imagens, sons, animações e vídeos podem ser considerados documentos (MAZUCATO, 2018).

A pesquisa documental baseia-se em materiais que ainda não sofreram nenhum tipo de tratamento analítico ou que podem ser reelaborados conforme os objetivos da pesquisa, perfazendo-se em uma fonte utilizada para organizar dados dispersos de forma a dar a eles nova importância como fonte consultiva (PRODANOV; DE FREITAS, 2013).

Neste contexto, foi efetuada pesquisa documental no âmbito das instituições de controle interno objeto deste trabalho com o fito de levantar seus processos de trabalho por meio de documentos como planejamentos de auditorias, relatórios de auditorias, notas técnicas, atividades de consultorias, legislação, manuais, regimentos e procedimentos administrativos internos, com vistas a examinar as particularidades da atuação dos setores quanto ao desempenho de suas atividades fim.

Posteriormente, foram realizadas entrevistas com roteiro semiestruturado na qual entrevistou-se a autoridade máxima de cada setor de controle interno, geralmente denominada de Auditor Chefe, e mais 1 servidor-membro do setor que fosse de preferência o mais antigo do departamento, com vistas a obter-se as informações pertinentes que nortearam a avaliação do nível de utilização das tecnologias habilitadoras da I4.0 no processo de AIG.

Para manter-se a confidencialidade dos entrevistados, os sujeitos da pesquisa foram identificados como **E1** e **E2** pertencentes à *Instituição 1*, **E3** e **E4** pertencentes à *Instituição 2*, **E5** e **E6** pertencente à *Instituição 3*.

A cada entrevista foi apresentado ao entrevistado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE com vistas a obter-se o consentimento livre e esclarecido do participante, fornecendo-lhes as informações pertinentes quanto à natureza da presente pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios, potenciais riscos e possíveis incômodos conforme regulamenta a Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012 do Conselho Nacional de Saúde (BRASIL, 2012).

A entrevista se perfaz como o ato de perceber através de um conjunto de perguntas que serão indagadas entre duas pessoas, havendo de um lado o entrevistador e do outro a pessoa que recebe o nome de entrevistado ou correspondente (GUERRA, 2011).

Trata-se de técnica na qual objetiva-se a utilização de perguntas para extrair-se de determinada pessoa informações pertinentes para a coleta dos dados, diagnóstico e orientação, o emprego desta técnica proporciona obter-se informações acerca dos mais diversos aspectos envolvidos no trabalho de investigação, permitindo a observação do entrevistado, sua postura e expressões no decorrer da entrevista, sendo possível o esclarecimento de determinados pontos durante a execução da técnica (PEREIRA *et al.*, 2018).

Quanto à entrevista semiestruturada, nesta confecciona-se um roteiro com as perguntas principais que serão complementadas por outras questões surgidas ao longo da entrevista, o que conseqüentemente pode fazer gerar o surgimento de informações de forma mais livre e respostas não condicionadas a padronização de alternativas (MANZINI, 2004).

Nestas entrevistas semiestruturadas identificam-se uma lista de informações, as quais se deseja extrair de cada informante que se entrevista, caracterizando-se pela ordem de aplicação e estruturação da pergunta que varia de acordo com cada entrevistado, este tipo de entrevista geralmente é aplicada com um roteiro constituído, o qual estará apoiado em quadro teórico, hipóteses e objetivos da pesquisa (DE OLIVEIRA, 2011).

Neste sentido, a entrevista semiestruturada possibilita ao entrevistador melhor entendimento e captação da perspectiva dos informantes, estando em relativo contraste com as entrevistas não estruturadas que geram grandes quantidades de informações sendo custosa e de difícil análise, impossibilitando muitas vezes uma visão clara acerca da perspectiva que o entrevistado oferece (SILVA; FOSSÁ, 2015).

Desta forma, a entrevista semiestruturada não somente descreve os fenômenos sociais, mas também tem o condão de explicar e compreender sua totalidade além de manter o pesquisador presente e atuante no processo de coleta das informações que embasarão a pesquisa (MANZINI, 2004).

### 3.6 Análise dos resultados

A análise dos dados tem por objetivo apresentar os procedimentos que o pesquisador adotará para extrair as informações dos dados que foram coletados (PRODANOV; DE FREITAS, 2013). No caso de dados qualitativos, a análise, compreensão e interpretação desses dados exige que pesquisador penetre nas significações fornecidas pelos atores sociais participantes da pesquisa que por intermédio da sua vivência da realidade fornecem os dados que embasarão o estudo (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Deste modo, imediatamente à coleta dos dados por meio das técnicas de pesquisa documental e entrevista com roteiro semiestruturado, foi realizada a análise dos dados por meio do levantamento documental e da análise de conteúdo.

Após a pesquisa documental foi efetuado um levantamento documental para selecionar as informações e organizar os dados obtidos, efetuando-se crítica interna sobre os materiais escolhidos com vistas a apreciar seu valor, e por conseguinte os dados documentais validados como apropriados para a pesquisa foram ordenados em quadros, fluxogramas e/ou tabelas de modo a agregarem o embasamento do estudo e contribuir para a fase subsequente de análise de conteúdo.

O material qualitativo advindo das entrevistas de roteiro semiestruturado realizadas no âmbito desta pesquisa foi analisado por meio dos procedimentos da análise de conteúdo que é uma técnica de pesquisa que possui características metodológicas de objetividade, sistematização e inferência (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

Conforme Martins e Theóphilo (2018), a análise de conteúdo estuda e analisa a comunicação de forma objetiva e sistemática com vistas a captar inferências confiáveis de dados e informações de determinado contexto a partir de discursos escritos ou orais, objetivando-se buscar a essência nos detalhes da informações, dados e evidências, não dando enfoque apenas ao texto em si mas também aos detalhes extraídos do contexto, posto que o interesse do pesquisador não reside somente na descrição, já que entre esta e a interpretação tem-se a inferência, de forma que busca-se os entendimentos sobre as causas e antecedentes da mensagem com seus efeitos e consequências.

A análise de discursos por meio da técnica de análise de conteúdo alcançou popularidade e reconhecimento a partir de Laurence Bardin para a qual a análise de conteúdo é definida como (2016, pág. 15):

Um conjunto de instrumentos metodológicos cada vez mais sutis em constante aperfeiçoamento, que se aplicam a “discursos” (conteúdos e continentes) extremamente diversificados. O fator comum dessas técnicas múltiplas e multiplicadas – desde o cálculo de frequências que fornece dados cifrados, até a extração de estruturas traduzíveis em modelos – é uma hermenêutica controlada, baseada na dedução: a inferência. Enquanto esforço de interpretação, a análise de conteúdo oscila entre os dois polos do rigor da objetividade e da fecundidade da subjetividade. Absolve e cauciona o investigador por esta atração pelo escondido, o latente, o não aparente, o potencial de inédito (do não dito), retido por qualquer mensagem.

Desta maneira, para a análise dos dados que foram coletados por meio da entrevista com roteiro semiestruturado nesta pesquisa, foram utilizados a sequência de procedimentos descritos por Bardin: a) organização da análise; b) codificação; c) categorização; d) tratamento dos resultados, inferência e a interpretação dos resultados.

A organização da análise subdivide-se em: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, inferência e interpretação.

A pré-análise, segundo Bardin (2016), constitui-se na fase de organização propriamente dita cujo propósito é operacionalizar e sistematizar as ideias iniciais com vistas a promover esquema para as etapas subsequentes do plano de análise, trata-se de programa que deve ser preciso, porém flexível, permitindo futuras inserções de novos procedimentos no decorrer da técnica de análise de conteúdo.

Ressalta-se que nesta pesquisa, as entrevistas foram gravadas e posteriormente foram transcritas em sua íntegra, formando o material que foi submetido à análise de conteúdo.

Ainda segundo Bardin (2016), a fase de pré-análise possui 3 missões que ocorrerão após a realização da “leitura flutuante” exceto quanto à escolha dos documentos:

- **Escolha dos documentos:** neste trabalho definiu-se que todo o universo das entrevistas realizadas compôs o *corpus* analisado, tendo em vista o número pequeno de entrevistados (6) tornou-se possível a submissão de todo

o material das entrevistas aos procedimentos analíticos, preenchendo assim com exatidão às regras de exaustividade, representatividade, homogeneidade e pertinência, uma vez que não se recorreu à amostragem;

- **Formulação de hipóteses e objetivos:** estes foram definidos conforme o objetivo geral e específicos desta pesquisa após a realização da leitura flutuante;
- **Elaboração de indicadores:** foram definidos quando da análise da leitura flutuante.

Quanto à exploração do material conforme Bardin (2016), consiste em realizar as operações de codificação, decomposição ou enumeração em função das regras já definidas, a codificação se perfaz pela ação de transformar, seguindo regras precisas, os dados textuais brutos, com vistas a permitir que o analista obtenha uma representação do conteúdo ou da expressão.

Consoante Bardin (2016), a análise temática possibilita a realização de perquirição dos núcleos de sentido presentes na comunicação cuja presença ou frequência de aparição podem significar algo, de forma que quando se utiliza o tema como unidade de registro tem-se um recorte de sentido, o qual depende do nível de análise a ser feito no corpus, tendo em vista que o tema não é fornecido, como acontece com as manifestações formais reguladas. Discorre ainda a autora que o tema é empregado quando se estuda as motivações de opiniões, atitudes, valores, crenças, tendência, de modo que as respostas oriundas de entrevistas podem ser analisadas tendo por base o tema. Desta forma, a unidade de registro escolhido nesta pesquisa foi o **tema**.

A unidade de contexto serve de plano de fundo para extrair-se a unidade de registro, proporcionando a compreensão para que o analista consiga codificar a unidade de registro (BARDIN, 2016). Deste modo, a unidade de registro desta pesquisa foi a **frase**, tendo em vista que foi realizada uma análise temática das unidades de registro.

No que tange a regra de enumeração, o modelo de contagem adotado nesta pesquisa foi a **frequência simples**. De acordo com Bardin (2016), a frequência é o modelo de contagem mais utilizado, nesta medida contabiliza-se de acordo com a frequência de aparição que quanto maior a ocorrência maior será a importância da unidade de registro,

de forma que na medida frequencial simples todas as aparições possuirão o mesmo peso tendo assim a mesma importância.

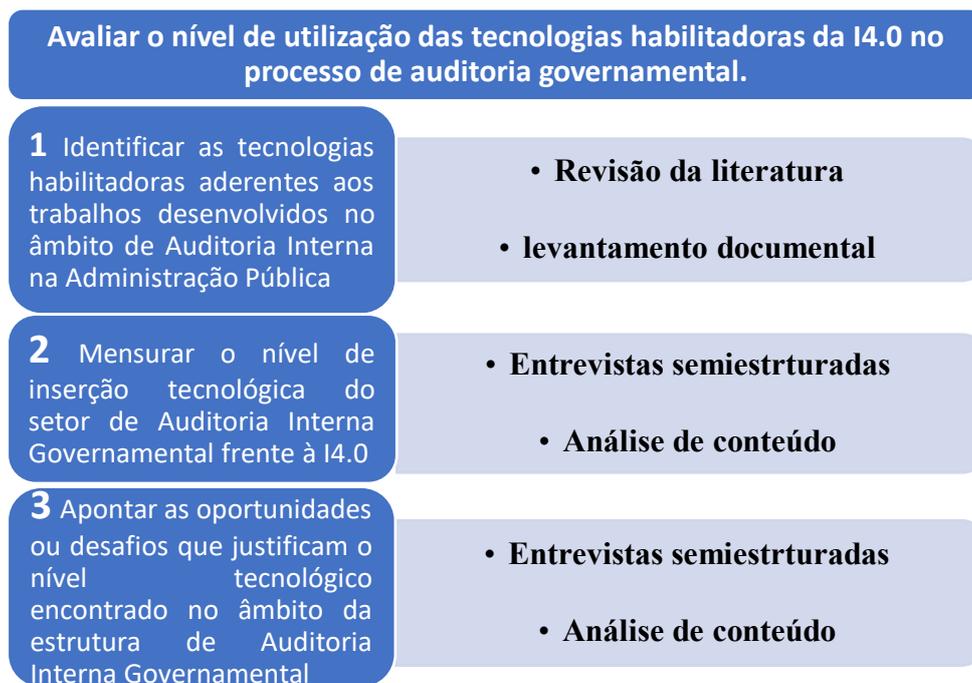
Quanto ao tratamento dos resultados obtidos e interpretação, Bardin (2016) aborda que é a fase na qual os dados brutos passarão pelo processo de tratamento, com vistas a se tornarem significativos e válidos. Nesta pesquisa foram adotadas operações **estatísticas simples** por meio das percentagens, as quais foram expostas em gráficos e figuras com vistas a serem inferidas e interpretadas.

Para finalizar o discorrimento da análise de conteúdo que foi realizada nesta pesquisa, esta teve a etapa de categorização na qual o sistema de categorias foi definido ao final da operacional de categorização por meio da classificação analógica, realizando-se o procedimento por acervo por meio do **critério de categorização semântico**. Segundo Bardin (2016), a categorização é a etapa na qual o analista realizará a operação de classificação dos elementos, formando conjunto por meio dos processos de diferenciação e reagrupamento analógico, de modo que a categoria será definida conforme as rubricas reunidas por determinado grupo de elementos. Ainda, na definição das categorias foi observado as qualidades de exclusão mútua, homogeneidade, pertinência, objetividade, fidelidade e produtividade.

### **3.7 Operacionalização da Pesquisa**

A Figura 24 apresenta de forma sintetizada os procedimentos operacionais empregados na concretização dos objetivos desta pesquisa.

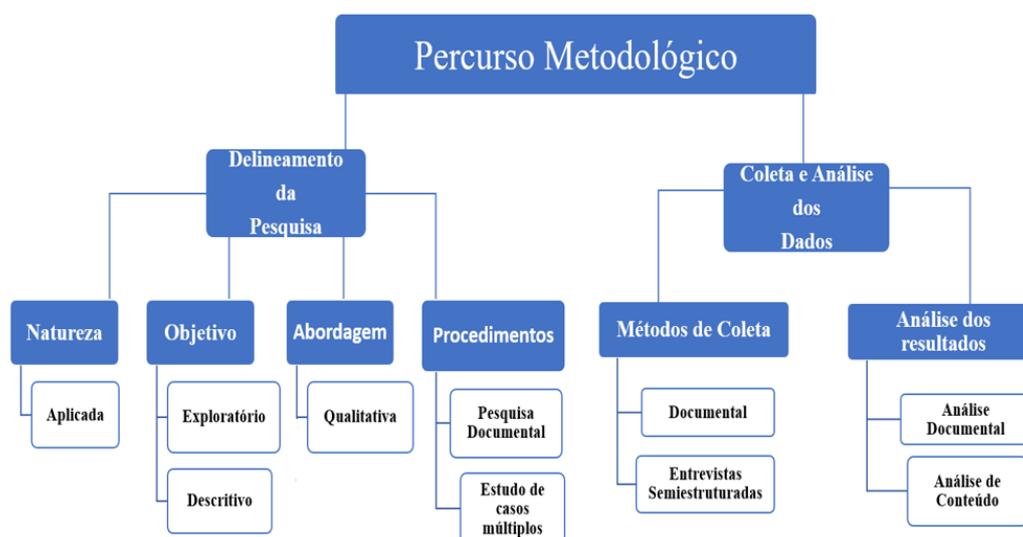
**Figura 24** - Objetivos da pesquisa e seus procedimentos operacionais.



Fonte: Elaborado pela Autora (2022).

Ainda no sentido de abordar todo o percurso metodológico deste trabalho, apresenta-se de forma esquematizada a estrutura metodológica que orientou o processo de pesquisa com seu delineamento, coleta e análise dos dados. A Figura 25 destaca a operacionalização da pesquisa.

**Figura 25** - Estrutura de operacionalização da pesquisa.



Fonte: Elaborado pela Autora (2022).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Caracterização dos locais objeto deste estudo

As citações e referências dos dados extraídos dos sítios eletrônicos, dos normativos, dos manuais e das figuras inseridas nas subseções desta seção “Caracterização dos locais objeto deste estudo” não serão identificadas para preservar a confidencialidade das unidades de Auditoria das instituições objeto desta pesquisa e seus servidores públicos entrevistados, haja vista que no Capítulo da Metodologia desta pesquisa houve o compromisso de identificar as instituições apenas como **Instituição 1** (esfera federal), **Instituição 2** (esfera estadual) e **Instituição 3** (esfera municipal).

Ainda, o TCLE apresentado aos entrevistados comprometeu-se a identificá-los apenas como E1, E2... (entrevistado 1, entrevistado 2...) para não haver qualquer exposição acerca da identificação do servidor público ou da instituição que contribuiu com esta pesquisa.

Isso foi estipulado, pois são escassas as instituições públicas situadas no município de Manaus que possuem setores de Auditoria Interna em suas estruturas organizacionais e pouco é o número de servidores públicos lotados nos setores de Auditoria das instituições objeto deste estudo, de modo que a identificação dos referidos dados poderia comprometer a confidencialidade que esta pesquisa se comprometeu a prestar aos fornecedores das informações coletadas.

As subseções seguintes discorrem sobre a caracterização das unidades de AIG objeto deste estudo.

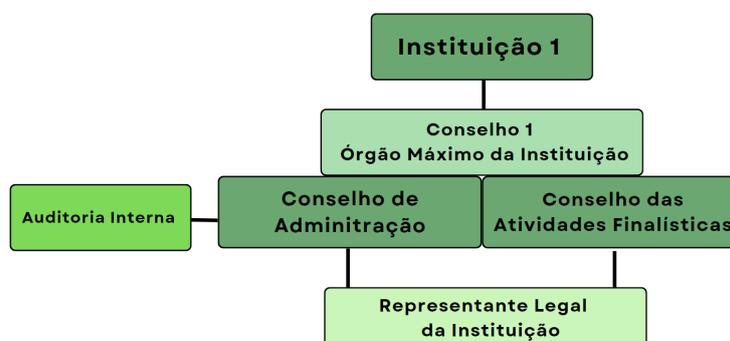
#### 4.1.1 Unidade de AIG da Instituição 1 (Esfera Federal)

Esta unidade de Auditoria foi implantada dentro da estrutura organizacional da Instituição 1 por meio de Portaria em 1991, sendo a unidade de AIG mais antiga entre as analisadas nesta pesquisa e a que apresenta maiores informações publicizadas acerca de atividades desenvolvidas em seu âmbito.

Consoante seu Regimento Interno (2018), esta unidade de Auditoria Federal tem como característica principal o desempenho de uma atividade independente e objetiva de avaliação e de consultoria, desenhada para adicionar valor e melhorar as operações da Instituição.

O referido Regimento Interno (2018) da unidade de Auditoria da Instituição 1 também aborda que a unidade de AIG é vinculada diretamente ao Conselho de Administração da Instituição, estando ainda subordinada às orientações normativas e à supervisão técnica do Sistema de Controle Interno do Poder Executivo Federal - SFC, nos termos do art. 15 do Decreto nº 3.591, de 06 de setembro de 2000, uma vez que esse setor de AIG faz parte da estrutura de uma Instituição Federal mantida pela União como entidade da Administração Indireta. A Figura 26 apresenta o posicionamento da AIG no Organograma da Instituição 1.

**Figura 26** - Posicionamento da AIG no Organograma Administrativo Macro da Instituição 1.



Fonte: Adaptado do Relatório de Gestão da Instituição 1 (2023).

A unidade de AIG da Instituição 1 trabalha anualmente guiada por um Plano Anual de Auditoria Interna - PAINT elaborado pela própria unidade com a finalidade de definir os temas e macroprocessos a serem trabalhados em cada exercício anual.

A elaboração desse PAINT encontra-se balizada pela Instrução Normativa SFC nº 05, de 27 de agosto de 2021 que dispõe sobre o Plano Anual de Auditoria Interna, sobre o Relatório Anual de Atividades de Auditoria Interna e sobre o Parecer da Prestação de Contas da entidade das unidades de AIG sujeitas à supervisão técnica do Sistema de Controle Interno do Poder Executivo Federal, preceituando em seu Art. 3º que:

Art. 3º O PAINT deve ser elaborado com a finalidade de definir os trabalhos prioritários a serem realizados no período objeto do plano, devendo considerar:

I - o planejamento estratégico e as expectativas da alta administração da unidade auditada e demais partes interessadas;

II - os riscos significativos a que a unidade auditada está exposta e os seus processos de governança, de gerenciamento de riscos e de controles internos;

III - a complexidade do negócio, a estrutura e outros fatores da unidade auditada;

IV – a estrutura e os recursos humanos, logísticos e financeiros disponíveis na unidade de auditoria interna governamental.

Conforme o PAINT (2022) desta unidade de Auditoria Federal, a referida Unidade de Auditoria Interna é responsável por fortalecer e assessorar a gestão, bem como desenvolver ações preventivas e prestar apoio, dentro de suas especificidades, no âmbito da Instituição, no sentido de contribuir para a garantia da legalidade, moralidade, impessoalidade e da probidade dos atos da administração.

Após a execução das atividades de auditoria estabelecidas anualmente, a AIG da Instituição 1 também elabora Relatório Anual de Auditoria -RAINT como forma de prestar contas de suas atividades ao Conselho de Administração da sua instituição a qual está vinculada e também à CGU para a supervisão técnica do Sistema de Controle Interno do Poder Executivo Federal conforme preceitua o Art. 10 da Instrução Normativa SFC nº 05, de 27 de agosto de 2021, o qual diz que “as informações sobre a execução do PAINT e a análise dos resultados decorrentes dos trabalhos de auditoria devem ser apresentados no Relatório Anual de Atividades de Auditoria Interna (RAINT)”.

Sobre a estrutura interna da AIG da instituição 1, esta é formada por 1 Coordenação de Planejamento e Execução que auxilia a Chefia da AIG e os Auditores Internos na execução das atividades de auditoria, também há 1 Coordenação de Monitoramento e Acompanhamento a qual atua nas recomendações de auditoria emanadas via relatórios individuais de auditoria e direcionadas às unidades auditadas. De acordo com o que está preceituado no sítio eletrônico da referida unidade de Auditoria, esta possui a estrutura funcional interna apresentada na Figura 27.

**Figura 27** - Estrutura funcional da unidade de Auditoria da Instituição 1.



**Fonte:** Sítio eletrônico da unidade de Auditoria Federal (2023).

Quanto ao quadro de servidores lotados nesta Auditoria Interna Federal, tem-se que este setor conta com uma equipe de 8 servidores públicos lotados no município de Manaus, sendo 1 ocupante do cargo de Auditor Chefe, 2 servidores ocupantes dos cargos de Coordenação, 1 servidor público ocupante de cargo de nível médio que exerce funções de assessoramento e não exerce atribuições de execução de atividades de auditoria, 2 servidores ocupantes do cargo de Auditor que encontram-se afastados para curso de pós-graduação, restando atualmente apenas 2 servidores públicos na execução das atividades de auditoria.

#### 4.1.2 Unidade de AIG da Instituição 2 (Esfera Estadual)

A criação da unidade de Auditoria Interna da Instituição 2 foi autorizada por meio de Lei Complementar Estadual no ano de 2009 com a nomenclatura de “Secretária de Controle Interno” e instituída no âmbito da Instituição 2 por meio de Resolução também em 2009, esta AIG foi e permanece atualmente vinculada à Presidência da Instituição 2 e subordinada ao Colegiado Máximo (Órgão Pleno) dessa instituição conforme expressa o Estatuto desta Unidade de Auditoria Interna (2020):

Art. 7º A Unidade de Auditoria Interna reportar-se:

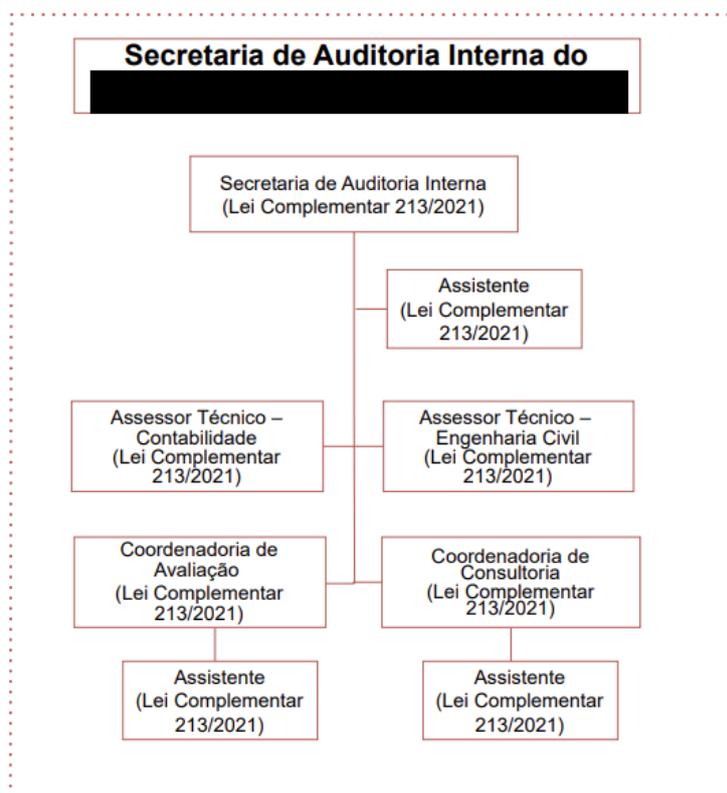
I - Funcionalmente, ao Órgão Pleno da Instituição 2, mediante a apresentação de relatório anual das atividades exercidas, observado o disposto no presente Estatuto;

II - Administrativamente, à Presidência da Instituição 2.

No ano de 2020, o Conselho Nacional que aperfeiçoa o trabalho exercido pela Instituição 2 no que tange ao controle e à transparência administrativa e processual, baseando-se no Acórdão TCU nº 2.622/2015-Plenário que diferenciou controle interno de auditoria interna no sentido de não atribuir atividades de cogestão à unidade de auditoria interna, determinou a criação de unidades de auditoria nos órgãos que estão sujeitos ao seu controle.

Baseando-se na determinação do Conselho Nacional, posteriormente em 2021 uma nova Lei Complementar Estadual transformou a “Secretária de Controle Interno” da Instituição 2 em “Secretaria de Auditoria Interna”, dando-lhe status de 3ª Linha de defesa dessa instituição. A Figura 28 apresenta a estrutura funcional da unidade de auditoria da Instituição 2.

**Figura 28** - Estrutura funcional da unidade de Auditoria da Instituição 2.



Fonte: Adaptado do Organograma da Instituição 2 (2023).

Conforme essa nova Lei Complementar (2021) é atribuição desta unidade de Auditoria Estadual proteger o valor organizacional dos órgãos que compõem a Instituição 2, exercendo auxílio às unidades que a compõe, com vistas a alcançar seus objetivos, mediante a execução de atividades de avaliação e consultoria baseadas no risco, visando à melhoria da eficácia, eficiência, efetividade e economicidade dos processos de governança corporativa, de gestão, de gerenciamento de riscos, de controles internos, apoiando também o controle externo no exercício de suas missões institucionais.

Ainda, segundo o Estatuto da Unidade de Auditoria Interna (2020) da Instituição 2 ao tratar sobre o funcionamento desta AIG, este especificou que:

Art. 4ºA Unidade de Auditoria Interna deve:

- I - Atuar na 3ª linha de defesa da Instituição 2, de forma a agregar valor, melhorar as operações e auxiliar a gestão a alcançar seus objetivos;
- II - Realizar exames para avaliar a adequação e a eficácia da governança, da gestão, do gerenciamento de riscos e comprovar a integridade e adequação dos controles internos administrativos da Instituição 2;
- III - Exercer exclusivamente atividade de avaliação e de consultoria.

Quanto às atividades de auditoria desenvolvidas no âmbito desta AIG, o Manual de Procedimentos de Auditoria, Inspeção, Administração e Fiscalização da Unidade Estadual [s.d.] determina que as atividades a serem executadas pela AIG serão balizadas por um Plano de Auditoria de Longo Prazo que tem vigência quadrienal e por um Plano Anual de Auditoria, os quais são encaminhados para apreciação e aprovação do Presidente da Instituição 2, e após aprovados são direcionados às Coordenadorias da Auditoria para a realização das atividades de auditoria que serão o produto da AIG.

Após a execução das atividades de auditoria programadas para o exercício anual, a Auditoria Interna Estadual deve encaminhar um Relatório Anual das Atividades desenvolvidas para a Presidência da Instituição 2 conforme preceitua o Estatuto da Unidade de Auditoria Interna (2020):

Art. 8º, §1º - A Unidade de Auditoria Interna deve encaminhar o relatório anual das atividades desempenhadas no exercício anterior ao Órgão Pleno da Instituição 2 até o final do mês de julho de cada ano, para que o órgão colegiado delibere sobre a atuação da unidade.

Quanto à força de trabalho da AIG da Instituição 2, esta é formada por 8 servidores públicos que compõe a Secretaria de Auditoria Interna da Instituição Estadual, dos quais 2 são coordenadores, 4 são assessores, tendo um servidor público ocupante da Chefia da Secretária da Auditoria Interna que conta com o apoio de um servidor público exercendo a função de seu secretário.

#### 4.1.3 Unidade de AIG da Instituição 3 (Esfera Municipal)

A unidade de Auditoria Interna da Instituição 3 é a mais recente unidade de Auditoria Interna entre as unidades de AIGs analisadas neste estudo, foi a única AIG deste estudo que já nasceu estruturada dentro do organograma institucional quando da criação da Instituição 3 por meio de Lei Municipal.

Em 2019, uma nova Lei Municipal definiu nova estrutura organizacional para a Instituição 3 e a unidade de Auditoria Interna Municipal também foi reestruturada para os moldes em que se apresenta atualmente por ser uma exigência para que a Instituição 3 fosse certificada pelo Programa de Certificação Institucional e Modernização da Gestão dos Regimes Próprios de Previdência Social da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios.

A nova Lei Municipal (2019), que trata da reestruturação organizacional da Instituição 3 que é uma entidade integrante da Administração Pública Municipal Indireta, aborda que a sua unidade de Auditoria Interna é um órgão de assessoramento direto. A Figura 29 apresenta o posicionamento da unidade de auditoria no Organograma da Instituição 3.

**Figura 29** - Posicionamento da Unidade de Auditoria no Organograma da Instituição 3.



**Fonte:** Adaptado do Organograma encontrado no sítio eletrônico da Instituição 3 (2023).

O Regimento Interno (2020) da Instituição 3 aponta que o seu Conselho Municipal contará com o apoio técnico de sua Auditoria Interna a qual tem a função de acompanhar, fiscalizar e avaliar a gestão administrativa, previdenciária, financeira, contábil, patrimonial e de recursos humanos da Instituição 3, além disso tem a atribuição para formular as sugestões pertinentes, cabendo também a esta unidade de Auditoria determinar a realização de inspeções, auditorias ou tomadas de contas, solicitar apoio do controle interno municipal e utilizar-se de peritos independentes. A Política de Controle Interno (2022) desta AIG aprovado pelo Conselho Municipal da Instituição 3 por meio de Parecer em 2022 aponta que esta Auditoria tem a função de:

Realizar auditorias e elaborar os respectivos relatórios, pareceres, laudos e estudos, além de acompanhar, fiscalizar e avaliar a gestão administrativa, previdenciária, financeira, contábil, patrimonial e de recursos humanos da Instituição 3, formulando as sugestões pertinentes, além de prestar informações ao Conselho Municipal da Instituição 3.

Além disso, a referida Política de Controle Interno (2022) destaca que a Auditoria Interna realiza auditorias regulares anualmente, as quais são balizadas por um Programa Anual de Auditoria que define as atividades dentro das áreas mapeadas, o referido programa é submetido ao crivo do Conselho Municipal da Instituição 3.

Os produtos da atividade de auditoria da AIG da Instituição 3 são apresentados em formato de relatórios expedidos trimestralmente e publicados no sítio eletrônico da unidade de Auditoria Interna. Conforme a Política de Controle Interno (2022) desta unidade de Auditoria:

As informações acerca das evidências analisadas serão compiladas, trimestralmente, no Relatório de Controle interno, o qual será encaminhado para análise do Conselho Municipal da Instituição 3, bem como apresentado em reunião do referido Conselho para fins de esclarecimentos de dúvidas e posterior aprovação;

Quanto aos recursos humanos disponíveis para a execução da atividade de auditoria no âmbito da AIG da Instituição 3, conforme sítio eletrônico da referida Auditoria Interna esta conta com apenas 5 servidores públicos lotados neste setor para o desenvolvimento de suas atividades, sendo 1 ocupante do cargo de Chefia do Setor.

## 4.2 Levantamento e análise documental

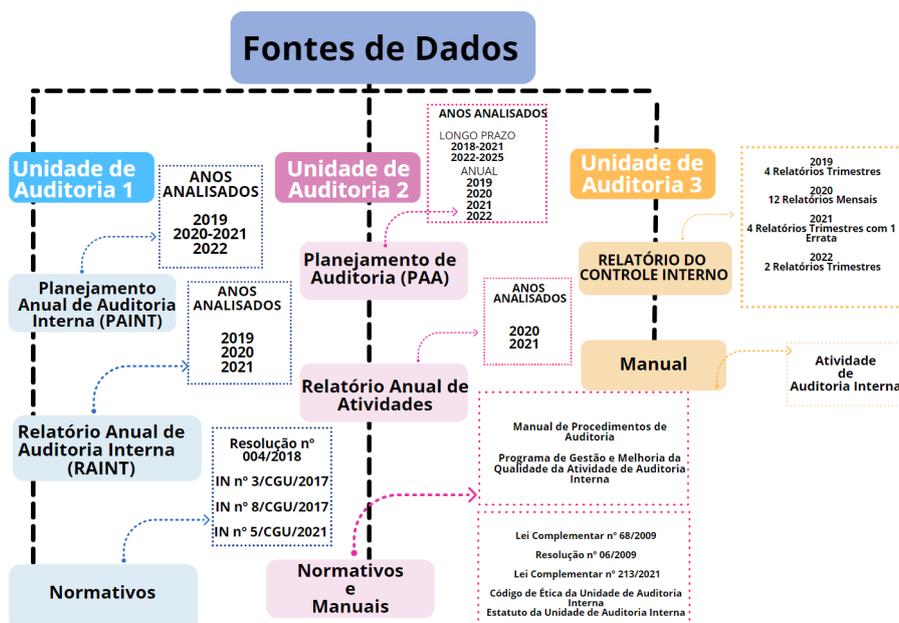
Para a realização da análise documental referente aos trabalhos realizados nos Setores de Auditoria objeto deste estudo com vistas a identificar as tecnologias habilitadoras aderentes aos trabalhos desenvolvidos no âmbito de Auditoria Interna na Administração Pública, fora realizado um levantamento documental nos meses de agosto, setembro e outubro de 2022 dos documentos disponíveis nos sítios eletrônicos de cada unidade de Auditoria, haja vista se tratar de setores públicos, os quais têm o dever de disponibilizar informações de interesse coletivo ou geral por eles produzidos no âmbito de suas competências conforme preceitua o princípio constitucional da publicidade e emana a Lei de Acesso à Informação.

Para a análise documental foi empregado o aplicativo “Microsoft Office Word” utilizado na ordenação dos recortes documentais selecionados e no processamento de texto dos dados colhidos e também foi empregada a ferramenta online de design gráfico “Canva” para a construção de figuras esquematizadas do processo, fluxos e atividades desenvolvidas pelos setores de AIG.

A análise documental foi estruturada por unidade de Auditoria, tipo de documento (Planejamento Anual de Auditoria, Relatório Anual de Auditoria, Normativos e Manuais) e anos analisados, nomeando-se os normativos e os manuais.

A partir do levantamento documental realizado nos sítios eletrônicos foram analisados os documentos apresentados na Figura 30, nomeando-se como Unidade de Auditoria 1 o Setor de Auditoria de nível Federal, Unidade de Auditoria 2 o Setor de Auditoria de nível Estadual e Unidade de Auditoria 3 o Setor de Auditoria de nível Municipal.

**Figura 30** - Levantamento documental das unidades de Auditoria.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Destarte, após a análise do levantamento documental identificou-se que os Setores de AIG já se utilizam de recursos tecnológicos para desempenhar suas atribuições tanto na execução da atividade de auditoria quanto no acompanhamento das recomendações emanadas em seus relatórios de auditoria.

Tal situação foi identificada nos PAINTs dos anos de 2019, 2020/2021 e 2022 da Unidade de Auditoria 1 da Instituição Federal. A Figura 31 expõe o recorte documental que aborda a utilização de sistemas informatizados pela unidade de Auditoria 1.

**Figura 31** - Inserção de recursos tecnológicos.

Para auxiliar nas atividades de auditoria serão utilizados os acessos aos sistemas informatizados da [REDACTED] dentre eles SIAFI, SIASG, SIAPE, SIMEC, SPIUNet, Tesouro Gerencial e E-Campus, além de outros que porventura sejam disponibilizados e que contribuam para o bom desempenho das atividades.

Fonte: PAINT da unidade de Auditoria Federal (2019, 2020/2021, 2022).

Também identificou-se a utilização de sistemas tecnológicos no âmbito da unidade de Auditoria 2 de nível Estadual a qual cita em seus PAINTs dos anos de 2021 e 2022 que se utiliza de recursos tecnológicos para na elaboração de seus relatórios de auditoria.

A Figura 32 apresenta o recorte documental que aborda a utilização de recursos tecnológicos pela unidade de Auditoria 2.

### Figura 32 - Recursos tecnológicos utilizados.

Em relação aos recursos tecnológicos utilizados, a SCI tem acesso aos Sistemas de Folha de Pagamento (PRODAM), de Gestão de Pessoas (SGP), de administração financeira e orçamentária (AFI) e de Processos Administrativos (CPA).

**Fonte:** Plano Anual de Auditoria da unidade Estadual (2021, 2022).

Além disso, identificou-se um incentivo ao processo de digitalização no âmbito da AIG da Instituição Estadual, tendo em vista que o Estatuto da Unidade desta Auditoria Interna (2020) ao tratar do funcionamento da unidade de Auditoria afirma que:

Art. 5º A Unidade de Auditoria Interna dever utilizar todos os recursos tecnológicos disponíveis, objetivando eliminar, na medida do possível, a impressão de documentos e o trâmite de papéis.

1º As auditorias deverão ser conduzidas em todas as etapas, desde o planejamento até o monitoramento dos resultados, por meio de sistemas informatizados.

2º A infraestrutura tecnológica será organizada e mantida com o foco na celeridade processual, na maior segurança dos dados, na acessibilidade compartilhada, simultânea e remota, e na melhoria da gestão.

No que tange à unidade de Auditoria 3 da Instituição Municipal, identificou-se por meio do seu Manual de Procedimentos da unidade de Auditoria Municipal (2022) que os processos tramitados e executados nessa AIG são recebidos por meio de sistemas digitais e, embora o referido Manual ainda fale acerca de “processos físicos”, foi constatado que os processos que ainda chegam em formato físico de papel são digitalizados para as plataformas para tramitarem de forma virtual, de forma que o trabalho executado nesta Auditoria Municipal atualmente encontra-se integralmente sob o formato digital. A Figura 33 apresenta o recorte documental acerca das plataformas de recebimento de processos na unidade de Auditoria 3.

**Figura 33** - Recebimento dos processos via sistemas na unidade de Auditoria 3.

Os processos físicos e/ou digitais serão recebidos nos sistemas PROTUS, SISPREV e SIGED.

**Fonte:** Manual de procedimentos da unidade de auditoria municipal (2022).

Na fase de monitoramento das recomendações de auditoria, foi possível verificar um avanço na utilização de plataformas digitais de acompanhamento e monitoramento utilizados no âmbito da unidade de Auditoria 1 da Instituição Federal, na medida em que até 2020 esta unidade de Auditoria se utilizava da plataforma chamada de Sistema de Auditoria Interna – SIAUDI que apresentava algumas restrições de configuração e restrições operacionais, já no ano de 2021 a unidade de Auditoria Federal conseguiu aderir à utilização da Plataforma E-Aud desenvolvida pela CGU para a realização do monitoramento das recomendações emitidas às Unidades Auditadas.

E ainda conforme notícia publicada no sítio eletrônico da AIG da Instituição Federal, em 2022 houve a implementação integral do sistema E-Aud, momento em que a atividade de auditoria passou a ser desenvolvida de uma forma integrada e com todas as etapas organizadas de forma sistêmica e disciplinada dentro da plataforma E-Aud que viabilizou o acompanhamento desde PAINT, passando pelas atividades de auditoria que possuem 7 etapas dentro de cada trabalho de auditoria, monitoramento das recomendações e contabilização dos benefícios resultantes da atuação da Auditoria Interna. A Figura 34 apresenta o recorte documental que relata acerca da modernização das plataformas digitais para a realização das atividades de auditoria.

### Figura 34 - Avanço na utilização de plataformas digitais.

O sistema utilizado para acompanhamento e monitoramento das recomendações é o Sistema de Auditoria - SIAUDI, desenvolvido pela CONAB e disponibilizado em código aberto no Portal do Software Público. No entanto, este sistema apresenta algumas restrições de configurações e também, erros operacionais que dificultam a sua utilização.

Diante deste cenário, a partir de 2020 a Auditoria Interna da [REDACTED] iniciou as tratativas para utilização do Sistema e-Aud da CGU que apresenta melhores recursos ao usuário. Nesse sentido, a Auditoria optou por priorizar o acompanhamento e monitoramento das recomendações da CGU e TCU até que fosse concedido a permissão para utilização do e-Aud. Essa decisão contribuiu para a Universidade reduzir significativamente o quantitativo de recomendações da CGU e TCU.

Em junho de 2021 foi concedida pela CGU a autorização para utilização do Sistema e-Aud. Em vista disso, no segundo semestre de 2021 a Auditoria Interna da [REDACTED] iniciou a revisão das suas recomendações e a adoção das medidas necessárias para a migração destas recomendações e capacitação dos usuários indicados pelas unidades auditadas. A previsão de conclusão desta migração é até meados do ano de 2022.

Cabe registrar que o monitoramento eletrônico irá possibilitar maior integração com os gestores, de forma tempestiva e transparente, e com isso, vislumbramos para o exercício de 2022, oportunidade de dedicarmos maior atenção quanto ao saneamento das recomendações oriundas da Auditoria Interna.

**Fonte:** Relatório Anual de Auditoria da Unidade de Auditoria Federal (2021).

Desta forma, denota-se uma modernização nos recursos tecnológicos no âmbito dos Setores de AIGs por meio de adesão de plataformas, sistemas e a digitalização dos trabalhos de auditoria que buscam estruturar e melhorar as atividades desempenhadas nesses setores com vistas a agregar valor à gestão.

Apesar da constatação dessa modernização tecnológica que se vivencia no âmbito das AIGs, não foi possível identificar pela análise documental realizada a utilização de tecnologias habilitadores estruturantes da I4.0 nestes Setores de Auditoria Interna, entretanto foi possível extrair informações sobre as atividades desenvolvidas no âmbito das unidades auditadas, seus fluxos e procedimentos, o resultado dos trabalhos de auditoria, as similaridades entre as atividades de auditoria desenvolvidas nas três esferas de governo, bem como identificou-se determinadas limitações no âmbito dos setores de Auditoria que poderiam ser melhorados e otimizados por meio do emprego das tecnologias aderentes da I4.0.

Foi identificado que os setores de AIGs trabalham direcionados a todos os setores de suas instituições, embora haja uma seleção anual de quais setores serão auditados em cada exercício anual, ou seja, nem todos os setores serão auditados no mesmo ano, pois os trabalhos de auditoria objetivam realizar análises em variadas vertentes e assim exigem investimentos de recursos humanos e tempo. A Figura 35 apresenta recorte documental que aborda os objetivos pretendidos no desenvolvimento das atividades de auditoria.

**Figura 35 - Objetivos das atividades de auditoria.**

- Efetuar a avaliação dos controles internos das unidades auditadas a fim de identificar o nível de maturação destes controles, considerando no mínimo os seguintes componentes: ambiente de controle, avaliação de riscos, atividades de controle, informação e comunicação.
- Acompanhar e avaliar os atos de gestão com vistas a assegurar o cumprimento dos normativos vigentes e a entrega de melhores serviços à comunidade.
- Detectar, mediante avaliação e análise, os pontos críticos de atividades operacionais das Unidades quanto ao cumprimento não somente das normas legais peculiares às suas atividades, como também das recomendações expedidas pelos Órgãos de Controle Interno e Externo, aos quais a [REDACTED] está submetida.
- Monitorar as recomendações e determinações exaradas pelos órgãos de controle interno e externo à Instituição, avaliando o grau de implementação.

**Fonte:** Plano Anual de Auditoria da unidade de Auditoria Federal (2019, 2020/2021, 2022).

Além de trabalharem com diversos setores que atuam nas mais variadas áreas, foi constatado que os setores de Auditoria trabalham com atividades que demandam análises de dados, levantamentos de informações, realizam testes de auditoria com base nas atividades que estão sendo auditadas, de forma que o Auditor Interno manipula grande quantidade de informações na execução de sua atividade. A Figura 36 apresenta um recorte documental sobre as fases de auditoria.

**Figura 36 - Fases das atividades desenvolvidas no âmbito do Setor de Auditoria.**

As ações de auditoria priorizadas no PAA 2022 observarão as seguintes fases:

- I. Planejamento dos trabalhos de auditoria, com a realização do levantamento de informações do objeto de auditoria, definição de escopo, questões e testes de auditoria;
- II. Elaboração do Programa de Auditoria;
- III. Execução da auditoria, com aplicação de testes, levantamento de evidências e construção da matriz de achados;
- IV. Comunicação dos Resultados - Relatório;
- V. Elaboração do Plano de Ação pela Unidade Auditada; e
- VI. Monitoramento das recomendações de auditoria.

**Fonte:** Plano Anual de Auditoria da unidade de Auditoria Estadual (2022).

Além disso, por atuar com grandes quantidades de informações e processos no âmbito do desenvolvimento das atividades de auditoria, foi verificado que as auditorias são realizadas por amostragem. As Figuras 37 e 38 trazem recortes documentais que apontam utilização do método de amostragem na execução dos trabalhos de auditoria.

**Figura 37** - Utilização de amostragem no âmbito das atividades de auditoria.

Para o alcance de seus objetivos, a Auditoria Interna realiza os seus trabalhos mediante a aplicação de uma abordagem sistemática e disciplinada com vistas a avaliar e melhorar a eficácia dos processos de gestão de riscos, controle e governança.

As atividades serão desenvolvidas levando-se em conta a aplicação de matriz de risco sempre que possível, alinhando-se ao planejamento estratégico da Universidade, de forma a contribuir para a identificação e mitigação dos riscos inerentes ao negócio da Instituição.

Será empregado o método de amostragem nas ações cujo universo de processos seja significativo, em função da necessidade de obtenção de informações em tempo hábil, na abrangência das áreas de exame comparada ao tempo necessário para execução das atividades.

**Fonte:** Plano Anual de Auditoria da unidade de Auditoria Federal (2019, 2020/2021, 2022).

**Figura 38** - Utilização de amostragem no âmbito das atividades de auditoria.

Os processos previdenciários passarão por auditoria amostral para verificação da conformidade da análise realizada pelos servidores. As

**Fonte:** Manual de procedimentos da unidade de Auditoria Municipal (2022).

Outra limitação identificada foi o baixo número de Auditores lotados nos setores de Auditoria para execução das atividades fins do setor, observou-se que os setores de Auditoria são providos de poucos servidores públicos para elaborarem as atividades de auditoria e realizarem o acompanhamento de suas recomendações de auditoria, sendo que em determinados períodos há até flutuações na quantidade de servidores públicos lotados no Setor de Auditoria conforme identifica-se na unidade de Auditoria da Instituição 1. A Figuras 39, 40, 41 e 42 apresentam recortes documentais que retratam a insuficiência de recursos humanos para a execução das atividades de auditoria.

**Figura 39** - Força de Trabalho no setor de Auditoria Federal em 2019.

Assim sendo, é possível identificar a disponibilidade de apenas 03 (três) servidores para a execução das atividades de auditoria previstas no PAINT, constituindo-se em fator determinante para a definição do quantitativo de atividades a serem realizadas.

**Fonte:** Plano Anual de Auditoria da unidade Federal (2019).

**Figura 40 - Insuficiência de força de Trabalho no setor em 2019.**

Quanto à suficiência de pessoal, cabe o registro que a situação atual demonstra insuficiência de pessoal. Levando-se em consideração o grande número de demandas recebidas nesta unidade de Auditoria Interna além das oportunidades de atuação vislumbradas no decorrer da realização das atividades de auditoria previstas no PAINT, o ideal seria a disponibilidade de maior número servidores para a unidade.

**Fonte:** Plano Anual de Auditoria da unidade Federal (2019).

**Figura 41 - Insuficiência de força de Trabalho no setor em 2022.**

Quanto à suficiência de pessoal e levando-se em consideração o número de demandas recebidas nesta unidade de Auditoria Interna, além das oportunidades de atuação vislumbradas no decorrer da realização das atividades de auditoria previstas no PAINT, o ideal seria que a Alta Administração não propusesse remoções de pessoal lotado na Auditoria Interna para o exercício 2022.

**Fonte:** Plano Anual de Auditoria da unidade Federal (2022).

**Figura 42 - Insuficiência de força de Trabalho no setor em 2019.**

O destaque negativo ficou a cargo da grande variação da força de trabalho decorrente de remoções, requisições e afastamentos no decorrer do exercício, comprometendo a execução de algumas atividades previstas e afetando o monitoramento das recomendações da Auditoria Interna.

**Fonte:** Relatório Anual de Auditoria da unidade Federal (2019).

Além disso, os Setores de Auditoria precisam monitorar as recomendações de diversos anos oriundas do produto dos relatórios de auditoria, além de acompanharem a implementação de recomendações emanadas dos órgãos de controle externos e para isso dependem de servidores públicos para o monitoramento e disponibilidade de várias horas de trabalho direcionada para essa atividade, que embora atualmente esteja sendo executado por meio de plataforma digital, ainda requer atuação manual de servidores públicos. As Figuras 43 e 44 apresentam recorte documental que tratam das limitações

enfrentadas na atividade de monitoramento e o número de recomendações que a unidade de Auditoria Federal tem que acompanhar e monitorar a implementação.

**Figura 43** - Recursos para monitoramento das recomendações de auditoria.

O monitoramento das recomendações tem demandado grande disponibilidade de tempo e de recursos humanos para a sua realização. Apesar de a unidade de Auditoria Interna ter desenvolvido metodologia que possibilita o monitoramento das recomendações observando um cronograma de implantação elaborado pela unidade auditada constante do plano de ação, a atividade demanda o acompanhamento com visitas *in loco*, acompanhamento do tempo de resposta, análise das manifestações apresentadas pelos gestores e elaboração do relatório gerencial.

**Fonte:** Plano Anual de Auditoria da unidade Federal (2020/2021, 2022).

**Figura 44** - Quantidade de recomendações que a AIG deve acompanhar a implementação.

O universo de recomendações a serem acompanhadas compreende o montante aproximado conforme exposto a seguir:

Recomendações TCU	Recomendações CGU	Recomendações AUDIN
5	72	325

**Fonte:** Plano Anual de Auditoria da unidade Federal (2022).

Desta forma, verifica-se que a inserção de determinadas tecnologias habilitadoras pode auxiliar e otimizar o trabalho executado no âmbito dos Setores de Auditoria Interna, mitigando os óbices encontrados no desenvolvimento de sua atividade fim, uma vez que as AIGs estão direcionadas a trabalhar e auxiliar todos os setores de sua instituição, de forma que trabalham com coleta de muitos dados e informações na realização de suas atividades que ainda são realizadas de forma totalmente manual, além de trabalhem por meio de amostragem para que as atividades de auditoria sejam realizadas em tempo hábil ao que foi planejado nos Planos de Auditorias Anuais, tendo ainda que lidar com a limitação de recursos humanos.

Assim sendo, por meio das informações documentais colhidas sobre os trabalhos de auditoria e suas limitações e a literatura apresentada no Referencial Teórico desta

pesquisa foram identificadas as tecnologias da I4.0 que podem ser aderentes aos trabalhos desenvolvidos no âmbito das unidades de Auditoria.

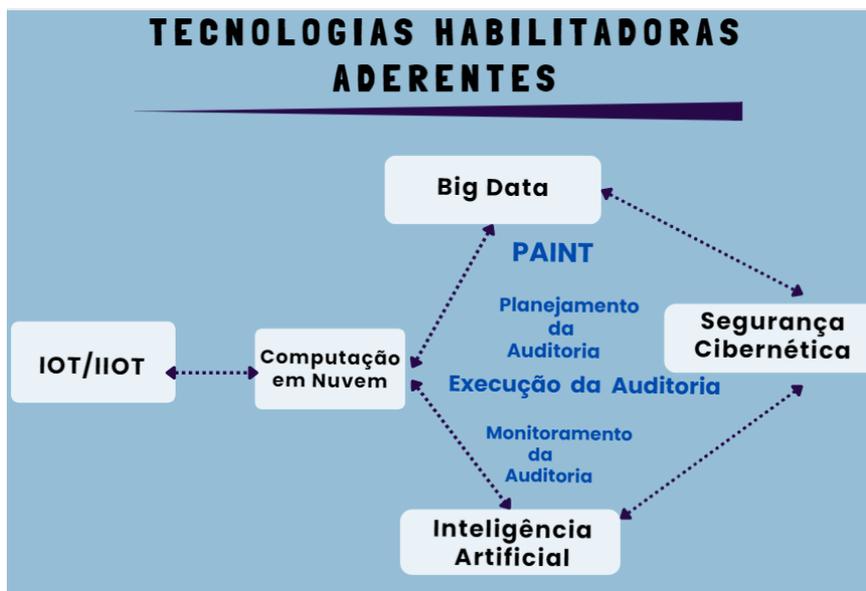
A seção seguinte aponta as tecnologias oriundas da 4ª Revolução Industrial que poderão agregar valor ao trabalho desempenhado pelo Auditor Interno Governamental com vistas a promover a viabilização de uma auditoria contínua, realizando um acompanhamento mais tempestivo das unidades auditadas antes mesmo que impropriedades e irregularidades ocorram no âmbito institucional, além de tornar o serviço de auditoria mais qualitativo e direcionado às questões mais relevantes para a instituição.

### **4.3 Tecnologias Habilitadoras Aderentes**

As tecnologias habilitadoras identificadas como aderentes foram: IoT/IIoT, Computação em Nuvem, *Big Data Analytics*, Inteligência Artificial e Segurança Cibernética.

A estruturação destas tecnologias pode agregar valor e otimizar as atividades desempenhadas no âmbito das unidades de Auditoria Interna da Administração Pública, principalmente na estruturação dos Planos Anuais de Auditoria, na fase de planejamento das atividades e setores a serem auditados, durante a execução da auditoria e na fase final do trabalho do Auditor que é o de acompanhar as recomendações emanadas nos relatórios de auditoria bem como a sua implementação dentro do setor auditado. A Figura 45 apresenta matriz estruturante do emprego das tecnologias da I4.0 aderentes aos trabalhos desempenhados pelas AIGs.

**Figura 45 - Tecnologias Habilitadoras Aderentes.**



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

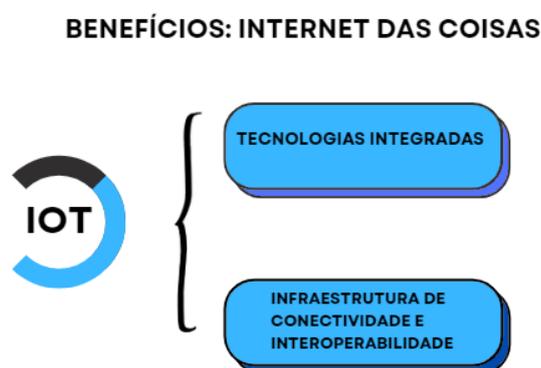
A IoT/IIoT e a Computação em Nuvem foram relacionadas como aderentes à atividade de auditoria governamental, uma vez que estas ferramentas foram entendidas como basilares para a construção de uma infraestrutura tecnológica necessária para implementação da I4.0 em qualquer negócio que trabalhe com dados, possibilitando a aderência de outras tecnologias no âmbito da instituição como ocorre com o *Big Data Analytics*, a Inteligência Artificial e a Segurança Cibernética que são tecnologias habilitadoras aderentes às fases das atividades de auditoria desempenhada dentro das estruturas da máquina pública.

Desta forma, a IoT foi identificada como tecnologia habilitadora aderente ao processo de Auditoria Interna porque trata-se de tecnologia que estabelece a conexão entre mundo físico e Internet, possibilitando a implementação de novas aplicações e ainda contribuindo para que modificações sejam feitas em aplicações já existentes, por estabelecer a interligação entre coisas e Internet é uma ferramenta que possibilita a combinação de diferentes tecnologias e abordagens, atualmente a IoT vem sendo empregada para se referir a pessoas e coisas que estão conectadas por intermédio da internet em qualquer lugar e a qualquer momento, trata-se de dispositivos inteligentes que atuam utilizando a internet, sendo uma ferramenta empregada em diversos ramos como na área da saúde, transporte e serviços públicos (BONILLA *et al.*, 2018; SEZER; DOGDU; OZBAYOGLU, 2017).

Conforme Magrani (2018), a IoT contribui para aumentar a produtividade e incentiva a inovação, apresentando-se como solução para diversos desafios de gestão pública, havendo três principais benefícios esperados pelo uso da IoT: aumento da produtividade dos funcionários, o corte de custos e a otimização na utilização de seus bens.

Neste sentido, pelo que foi diagnosticado no levantamento e análise documental das unidade de Auditoria da Administração Pública objeto deste estudo coadunando-se com o levantado na literatura que trata sobre as Tecnologias Habilitadoras da I4.0, aponta-se que a integração da IoT aos trabalhos do Auditor possa o conduzir a produzir uma auditoria contínua e tempestiva, haja vista que esta tecnologia possibilita o uso de tecnologias integradas com infraestrutura de conectividade e interoperabilidade, permitindo a agregação de outras tecnologias habilitadoras como a computação em nuvem e a inteligência artificial que geram dados e informações em tempo real obtidos de variadas fontes, sendo necessário também o emprego de segurança cibernética para a disponibilidade e segurança dos dados. A Figura 46 apresenta os possíveis benefícios da IoT no âmbito das atividades de auditoria.

**Figura 46 - Benefícios do emprego da IoT.**



**Fonte:** Elaborado pela Autora (2023).

Assim como a IoT, a Computação em Nuvem é uma tecnologia basilar na implementação da I4.0 para qualquer organização que almeje estar adstrita à essa 4ª Revolução Industrial, trata-se de tecnologia dependente da Internet para a conexão entre os usuários e as estruturas computacionais virtualizadas oferecidas pela Computação em Nuvem, de forma que há interdependência entre a utilização de IoT e computação em nuvem para a estruturação da infraestrutura tecnológica adstrita à I4.0.

Destarte, a computação em nuvem foi apontada como possível tecnologia habilitadora aderente às atividades de auditoria por ser uma fermenta que serve para armazenamento de dados em tempo real que são coletados de diversas fontes e utilizados nos processos de trabalho da organização, essa tecnologia capacitadora de armazenamento é uma prática comumente chamada de “software como serviços” que fornece serviço de computação baseado em Internet e permite o compartilhamento de programas entre usuários, tornando desnecessário a instalação de programas localmente (MOKTADIR *et al.*, 2018; CHEN, 2017).

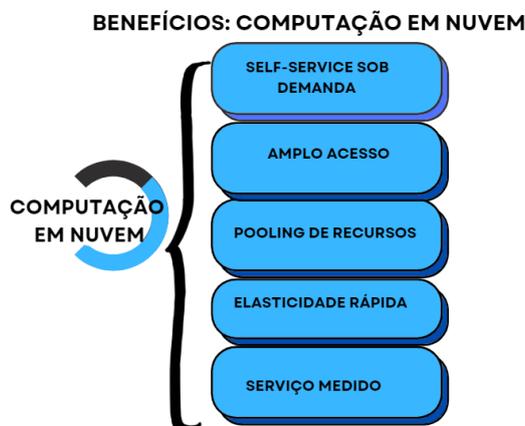
A computação em nuvem pode auxiliar no compartilhamento de dispositivos de comunicação entre organizações e possibilitar a produção digital entre instituições que estão situadas em locais físicos distintos, é uma ferramenta que proporciona ampliação do campo de atuação da IoT por fornecer recursos dinâmicos para o processamento das informações obtidas na plataforma da IoT, o que conduz à flexibilidade dentro das organizações (MOKTADIR *et al.*, 2018; WINKELHAUS; GROSSE, 2020).

Conforme preceituado por Sousa, Moreira e Machado (2009), a Computação em Nuvem oferece como vantagem: o *self-service* sob demanda que possibilita a reconfiguração dos recursos computacionais sem a necessidade de interação humana com os provedores do serviço em nuvem; o amplo acesso, pois os recursos são disponibilizados através da rede e acessados através de mecanismos padronizados que permite o uso por plataformas *thin* ou *thin client* possibilitando acesso aos sistemas na nuvem de forma rápida e segura; o *pooling* de recursos no qual os recursos computacionais ajustados de acordo com a demanda são organizados para servir múltiplos usuários; a elasticidade rápida que viabiliza a escalabilidade dos recursos computacionais com aumento e retração da demanda conforme a necessidade dos usuários; e o serviço medido que possibilita o controle e a otimização do uso de recursos, possibilitando transparência para o provedor e o usuário do serviço utilizado.

Desta forma, para uma AIG adstrita às inovações da I4.0, balizada pela IoT e que utiliza de fermentais para captação e processamento dos dados necessários para realização das atividades de planejamento e execução de auditoria, bem como para o monitoramento das recomendações que se propõem a agregar valor à instituição e mitigar riscos, necessário se faz que tal AIG esteja suportada por meio de estruturas virtualizadas como

a Computação em Nuvem. A Figura 47 apresenta os possíveis benefícios da computação no âmbito das atividades de auditoria.

**Figura 47** - Benefícios do emprego da computação em nuvem.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Quanto às tecnologias de BDA, Inteligência Artificial e Segurança Cibernética, estas foram identificadas como tecnologias aderentes, pois podem contribuir diretamente com as fases das atividades de auditoria desempenhada dentro das estruturas da máquina pública.

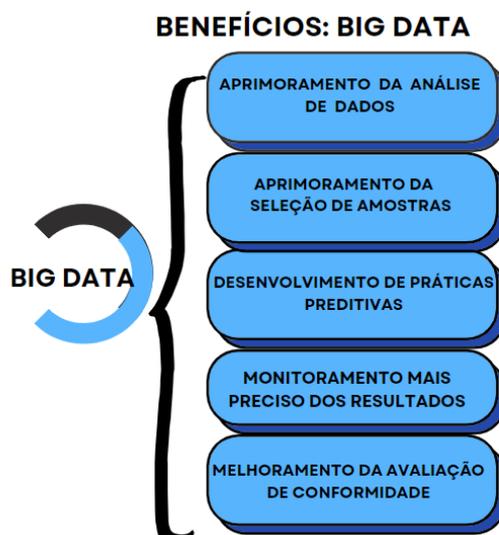
A tecnologia disruptiva de BDA apresenta-se como uma ferramenta empregada no processamento de grandes quantidades de dados que pelo seu volume de informações não haveria como ser processada pelas vias tradicionais de processamento, a captação e análise de informações originadas de diversos compartimentos serão determinantes para auxiliar os negócios empresariais em suas tomadas de decisões que precisarão ser responsivas no âmbito da fabricação inteligente, integrada e flexível (SEZER; DOGDU; OZBAYOGLU, 2017; VAIDYA; AMBAD; BHOSLE, 2018).

Essa ferramenta emergente vem manifestando grande potencial de aplicação em sistemas avançados de manufatura, proporcionando que sistemas fabris saiam da tomada de decisões reativas para uma abordagem proativa por meio do uso de informações relevantes dentro de uma enorme gama de dados extraídas em todo o processo de produção, no qual estão inseridos variados componentes que geram informações como máquinas, fabricação, logística e *feedbacks* de usuários, por ser uma tecnologia disruptiva capaz de processar grandes conjuntos de dados, pode ser uma ferramenta a ser empregada

na otimização, no controle e na prevenção em determinados seguimentos comerciais como por exemplo no setor de logística o qual gera grande quantidade de informações com a utilização da Internet das Coisas - IoT (CHEN, 2017; WINKELHAUS; GROSSE, 2020).

Para Iguma (2020), a ferramenta de *Big Data* apresenta-se como uma oportunidade para o desempenho da atividade de auditoria aprimorando a seleção de amostras, comparação e visualização de dados e desenvolvimento de práticas preditivas e de tendência, de modo que esta ferramenta poderá contribuir no cerne da avaliação de conformidades, nos processos de controles internos, de governança corporativa, de gerenciamento de riscos e de investigações de fraude, contribuindo para que a atividade de auditoria obtenha maior eficiência nos seus trabalhos e alcance um monitoramento mais preciso dos resultados. A Figura 48 aponta os possíveis benefícios do *Big Data* no âmbito das atividades de auditoria.

**Figura 48** - Benefícios do *Big Data* no âmbito das atividades de auditoria.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

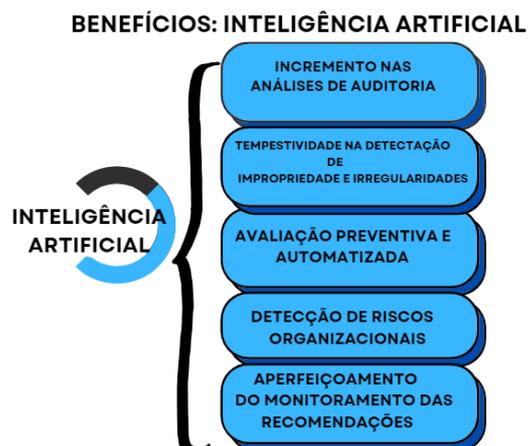
Nesta última década surgem inovações tecnológicas, como o BDA, robôs autônomos e inteligência artificial, que ensejam mudanças na profissão e isso, conjugado ao crescente volume de dados, alterações nos modelos comerciais e as modificações decorrentes dessa automatização, empurram a Auditoria para o âmbito de I4.0 uma vez que a nova realidade tecnológica elastece o espaço de trabalho da auditoria, proporciona a diminuição dos erros humanos e gera eficiência e eficácia, atributos esses

imprescindíveis ao auditor, as tecnologias emergentes tem o propósito de fomentar análises mais velozes, com custos reduzidos e com maior precisão dos dados massivos fazendo com que os variados tipos de negócios passem a utilizá-las, gerando um aumento sem precedentes no uso dessas tecnologias, de forma que os auditores também demonstram cada vez mais que confiam nessas tecnologias emergentes como os sistemas de inteligência artificial que utilizam algoritmos sofisticados (SILVA, 2021; MUNOKO; BROWN-LIBURD; VASARHELYI, 2020).

Destarte, sobre a utilização da Inteligência Artificial no âmbito da unidade de Auditoria da Administração Pública, Meira (2019) pontua que as vantagens que a Inteligência Artificial pode proporcionar para a Auditoria está relacionada à possibilidade de o Auditor analisar 100% das populações do objeto auditado o que facilitaria a detecção de distorções e a mitigação do risco de subjetividade contido na seleção de amostras, com a adoção de Inteligência Artificial seria possível auditorias executadas tempestivamente.

Ainda segundo Meira (2019) seria possível a execução de auditoria mais eficiente por meio da redução de trabalhos repetitivos e conseqüentemente redução das horas trabalhadas pelo Auditor, reduzindo-se também os gastos e recursos das fases do processo de auditoria, além de possibilitar uma auditoria eficaz que ofereça respostas mais efetivas aos riscos organizacionais, com a atividade de auditoria sendo direcionada aos temas que necessitam maiores julgamentos e maiores riscos, viabilizando a antecipação de problemas e distorções. Ademais conforme Meira (2019), a inclusão da tecnologia de Inteligência Artificial poderá agregar valor à atividade de auditoria no que tange ao aumento de sua credibilidade frente à sociedade. A Figura 49 apresenta os possíveis benefícios da utilização da Inteligência Artificial no âmbito das atividades de auditoria.

**Figura 49** - Benefícios da Inteligência Artificial no âmbito das atividades de auditoria.



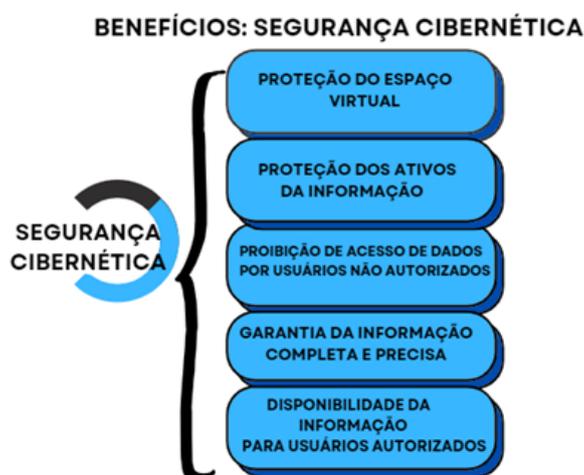
Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Quanto à Segurança Cibernética no âmbito das atividades de auditoria, destaca-se Ani, He e Tiwari (2017) e Benias e Markopoulos (2017), os quais dizem que a segurança cibernética tem se tornado um dos desafios para as organizações empresariais, pois os negócios tendem a se tornar cada vez mais tecnológicos frente à I4.0 e com isso ficam sujeitos à ataques de pessoas e *software* que visam prejudicar o sistema produtivo, os produtos, a marca e os lucros dos empreendimentos, há 20 anos a segurança cibernética não era uma preocupação para os sistemas produtivos, tendo em vista que a internet ainda estava em seus primórdios, entretanto na era da I4.0, na qual as tecnologias de fabricação encontram-se interconectadas, gerando e trocando dados entre si, e sistemas de controle industrial são amplamente utilizados nos setores fabris, cria-se novas áreas de ataques para que cibercriminosos planejem incidentes de segurança.

Destarte, a Segurança Cibernética no contexto da I4.0 torna-se necessária, pois nesse novo paradigma industrial há a utilização do protocolo de comunicação padrão para fins operacionais, por isso estruturas seguras e confiáveis devem ser empregadas com vistas a proteger os sistemas manufatureiros contra as ameaças de segurança cibernética, a segurança cibernética atua sobre a privacidade e a segurança dos dados e no atual cenário tecnológico da I4.0, no qual os negócios são amplamente baseados na digitalização, como ocorre na manufatura Inteligente, torna-se necessário que os dados sejam protegidos de ameaças por meio dessa segurança cibernética (MOKTADIR *et al.*, 2018; MITTAL *et al.*, 2019).

Neste sentido, Bueno (2021) aborda que a segurança da informação e a segurança cibernética são em determinados casos tratados como análogas, sendo que a segurança da informação protege os ativos da informação tendo como princípios a confidencialidade que significa não permitir que usuários, entidades ou processos não autorizados acessem informações, integridade que viabiliza a garantia que a informação estará sempre completa e precisa e a disponibilidade da informação que permite que a informação demanda porque autorizado será acessada, enquanto que a segurança cibernética pode ser considerada a proteção do espaço virtual e também daquilo que é trabalhado nesse bem. A Figura 50 aponta os possíveis benefícios da Segurança Cibernética no âmbito das atividades de auditoria estruturada por tecnologias habilitadoras.

**Figura 50** - Benefícios da Segurança Cibernética no âmbito das atividades de auditoria.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Complementando a identificação das tecnologias habilitadoras aderentes aos trabalhos desenvolvidos no âmbito de Auditoria Interna na Administração Pública, De Azambuja e Almeida (2021) afirmam que o grau de adaptação das empresas e do governo frente a implementação dessas inovações tecnológicas emergidas com a I4.0 refletem um processo de aprendizagem na qual questões relacionadas à gestão da informação, à interoperabilidade dos sistemas, à internet das coisas, à inteligência artificial, à digitalização, ao *big data*, à computação e nuvem, precisam ser requisitos a serem implementados por organizações que almejem ir ao encontro da I4.0.

#### 4.4 Mensuração do nível de inserção tecnológica dos Setores de AIG frente à I4.0

Após a identificação das tecnologias habilitadoras aderentes às atividades desenvolvidas no âmbito da Auditoria Interna na Administração Pública, foi efetuado o processo de mensuração do nível de inserção tecnológica dos setores de AIG frente à I4.0 para posteriormente apontar as oportunidades ou desafios que justificam o nível tecnológico encontrado no âmbito das estruturas de Auditoria Interna Governamental.

Para a efetivação da coleta de dados para a mensuração, construiu-se um roteiro com perguntas semiestruturadas para a realização das entrevistas com os Auditores dos Setores de Auditoria Interna selecionados para esta pesquisa.

A construção do questionário semiestruturado foi fundamentado pela revisão da literatura realizada, pela identificação das tecnologias habilitadoras aderentes às atividades de auditoria no âmbito da Administração Pública e complementada pela análise de modelos de mensuração de maturidade e prontidão direcionados para a I4.0.

Modelos de maturidades voltados para a I4.0 foram utilizados como fundamentação, pois conforme Alcácer *et al.* (2022) um modelo de maturidade é uma estrutura conceitual formada por um estado de desenvolvimento de uma área específica cujo objetivo é descrever e identificar processos com vistas a mensurar a maturidade organizacional, verificando seu estágio atual para posteriormente propor melhorias para um progresso organizacional futuro.

Desta forma, selecionou-se o Modelo IMPULS - *Industrie 4.0 readiness* desenvolvido por Lichtblau *et al.* (2015) para auxiliar na elaboração do questionário, posto que este modelo de mensuração apresenta uma estrutura de avaliação completa e detalhada que conta com 6 dimensões e 18 campos de avaliação os quais mensuram e possibilitam verificar as oportunidades e desafios que envolvem as organizações no caminho em sentido à I4.0 tal qual proposto nesta pesquisa.

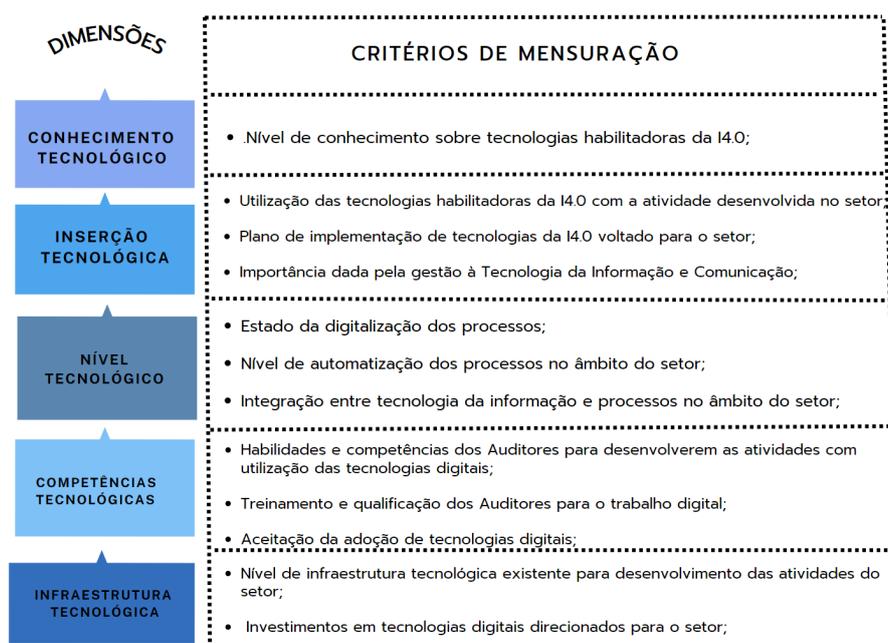
Posteriormente, foram analisados mais 13 Modelos de Mensuração voltados para a I4.0 os quais traziam em suas estruturas a dimensão “tecnologia” filtrados de artigos científicos das bases de pesquisa da *Scopus* e da *Web Of Science* no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

Ressalta-se que Amaral e Peças (2021) abordam que é a tecnologia que promoverá as mudanças oriundas da I4.0, apontando no sentido de que para uma organização está

próxima dessa 4ª Revolução Industrial, torna-se necessário que elas utilizem determinadas tecnologias ou pelo menos tenham uma infraestrutura adequada para sua implementação, de forma que a Dimensão “Tecnologia” deve ser avaliada como a base de implementação para a I4.0.

Em seguida, foi realizada uma categorização temática por meio de dimensões e critérios de mensuração com vistas a avaliar as diversas vertentes adstritas a inserção tecnológica dos setores de Auditoria de âmbito público. A Figura 51 apresenta o Modelo de Categorização Temática de Mensuração Tecnológica.

**Figura 51** - Modelo de Categorização Temática de Mensuração Tecnológica.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Para o estabelecimento dos níveis de avaliação aplicáveis ao modelo proposto foi utilizado como base os níveis estruturais do Modelo de Maturidade de Becker *et al.* (2009) adaptado às características qualitativas dos perfis e níveis de maturidade abordados por Silva e Rocha (2020), estabelecendo-se assim níveis de avaliação aderentes aos critérios de mensuração propostos para o modelo de avaliação tecnológica deste estudo. O Quadro 8 apresenta os níveis de avaliação.

**Quadro 10 - Níveis de Avaliação do Modelo de Mensuração Tecnológica.**

<b>Nível de Avaliação</b>	<b>Características a serem preenchidas</b>
<b>Nível 0</b> Forasteiro/Inexistente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inexistência de conhecimento sobre tecnologias habilitadoras;</li> <li>• Inexistência de plano para implementação da Indústria 4.0;</li> <li>• Inexistência de utilização tecnologias fundamentais;</li> <li>• Inexistência de competências por parte dos Auditores;</li> <li>• Inexistência infraestrutura necessária;</li> </ul>
<b>Nível 1</b> Iniciante	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conhecimento sobre tecnologias habilitadoras incipiente;</li> <li>• Há iniciativas para estabelecimento de plano de implementação da Indústria 4.0;</li> <li>• Há tímida utilização tecnologias fundamentais;</li> <li>• Há aceitação dos Auditores para adoção de tecnologias digitais;</li> <li>• Infraestrutura satisfaz alguns requisitos necessários.</li> </ul>
<b>Nível 2</b> Intermediário/Fragmentado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conhecimento sobre tecnologias habilitadoras sendo implementado;</li> <li>• Há um plano de implementação da Indústria 4.0 sendo estabelecido;</li> <li>• Há utilização das tecnologias fundamentais;</li> <li>• Há fornecimento de treinamento para capacitação dos Auditores;</li> <li>• A infraestrutura atende aos requisitos necessários.</li> </ul>
<b>Nível 3</b> Experiente/Definido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conhecimento tecnológico sendo consolidado;</li> <li>• Há um plano de implementação da Indústria 4.0 sendo empregado;</li> <li>• A utilização de tecnologias fundamentais é efetiva no setor de Auditoria;</li> <li>• Há compreensão sobre fluxos, informações, processos e ferramentais;</li> <li>• Há investimentos em tecnologias digitais direcionados para o setor;</li> </ul>
<b>Nível 4</b> Especialista/Gerenciado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conhecimento tecnológico consolidado;</li> <li>• Plano implementado e regularmente revisado;</li> <li>• Competências dos Auditores aprimorada para a Digitalização;</li> <li>• Dados coletados digitalmente e usados na área de auditoria;</li> <li>• Integração de sistemas de Tecnologia da Informação em toda a cadeia de tramitação dos processos de auditoria.</li> </ul>
<b>Nível 5</b> Líder da área/Otimizado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementação de sistemas autônomos para a realização da atividade de auditoria;</li> <li>• Processos totalmente digitalizados e automatizados;</li> <li>• Soluções de cibersegurança em alto nível;</li> <li>• Aquisição de novas tecnologias;</li> <li>• Realização do trabalho de auditoria de forma totalmente remota, preventiva e contemporânea.</li> </ul>

**Fonte:** Elaborado pela Autora (2023).

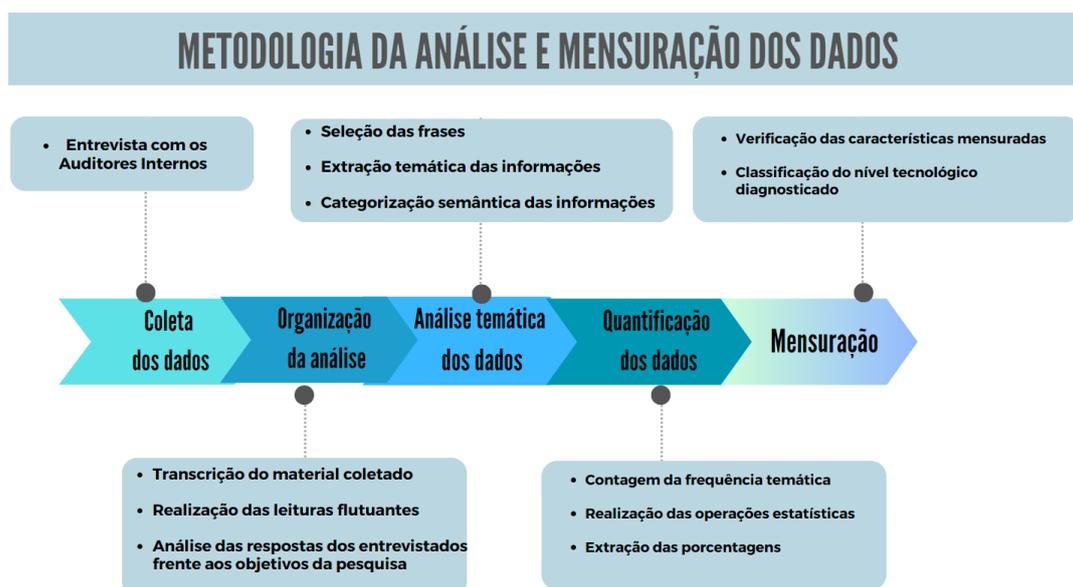
A coleta dos dados para mensurar o nível de inserção tecnológica do setor de AIG frente à I4.0 e posteriormente apontar as oportunidades ou desafios que justificam o nível tecnológico encontrado no âmbito da estrutura de AIG por meio das informações adquiridas das entrevistas com os 6 Auditores selecionados fora realizada nos meses de janeiro e fevereiro de 2023, e as referidas entrevistas foram gravadas, transcritas e analisadas por meio das leituras flutuantes para a categorização do dados com base no Modelo de Categorização Temática de Mensuração Tecnológica.

#### 4.5 Análise da mensuração tecnológica do processo de AIG frente à I4.0

Após as transcrições das entrevistas, realizou-se a análise de conteúdo das informações colhidas com vistas a analisar a comunicação de forma objetiva, captando as informações dos discursos orais posteriormente transcritos, objetivando-se coletar os detalhes das informações e os dados e evidências extraídos do contexto de forma a alcançar o entendimento desses dados por meio da inferência contida entre as informações prestadas pelos entrevistados e a interpretação das informações consoante orienta Martins e Theóphilo (2018).

Para isso, utilizou-se os procedimentos indicados por Bardin (2016) a qual apresenta um conjunto de instrumentos metodológicos e objetivos aplicáveis à análise de discurso, aplicando-se cálculos de frequência e uma hermenêutica controlada. A Figura 52 apresenta a operacionalização da análise e mensuração dos dados coletados.

**Figura 52** - Metodologia da análise de conteúdo das entrevistas.

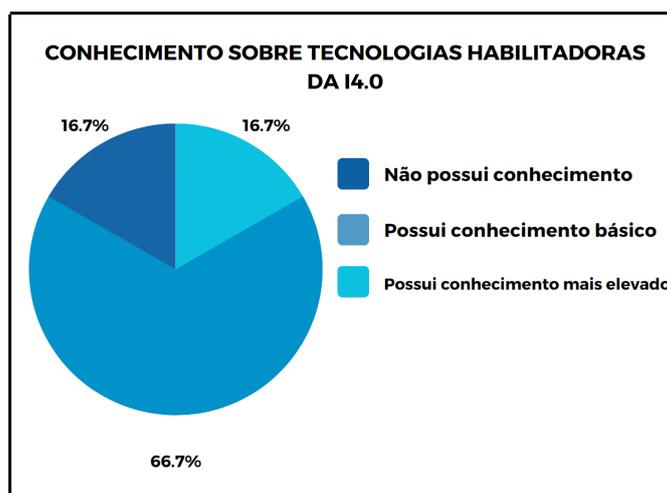


Desta forma, com base nos dados coletados por meio das entrevistas com os 6 Auditores Internos, tais dados foram classificados tematicamente e quantificados através de operações estatísticas simples, de modo que se obtivesse as porcentagens de mensuração do nível de inserção tecnológica.

De acordo com Bardin (2016), a frequência é a medida mais utilizada, de modo que quanto mais uma unidade de registro aparece nas falas dos entrevistados mais importante se torna estas unidades, neste sentido ao definir que a medida terá o mesmo peso para todas as aparições, estipula-se que todos os elementos mensurados tenham a mesma importância, estando-se diante da medida frequencial simples de forma que a quantidade de aparições de determinadas temáticas denota que essas aparições são mais significativas.

Em sequência, ao realizar a verificação acerca do nível de conhecimento sobre tecnologias habilitadoras da I4.0 dos Auditores Internos da Administração Pública, identificou-se que estes profissionais ainda possuem pouco aprofundamento no assunto, haja vista que 66,7% das respostas analisadas relacionadas à temática apontam no sentido de que os Auditores Internos possuem um grau de conhecimento básico sobre o assunto. O Gráfico 1 apresenta a mensuração das respostas dos entrevistados sobre a temática.

**Gráfico 1** - Conhecimento sobre Tecnologias Habilitadoras.



Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

Identificar o grau de conhecimento sobre a temática foi essencial para conhecer o nível de inserção do Auditor Interno frente a este cenário tecnológico que se instaura decorrente da I4.0 com vistas a extrair as demais informações sobre a temática, neste sentido diagnosticou-se um conhecimento ainda incipiente sobre tecnologias habilitadoras da I4.0 que fica evidenciado por meio dos fragmentos dos discursos de E1, E2, E3 e E6.

(E1) A princípio meu conhecimento é básico sobre o assunto, mas já ouvi falar em *Big Data*, armazenamento em nuvem, internet das coisas, inteligência artificial, já vi algumas publicações, mas eu acho que ainda estou no básico.

(E2) Esse conceito de I4.0 para a gente é um pouco novo, conceitualmente eu não sei te dizer bem, mas eu posso te falar no conceito amplo que são tecnologias, são ferramentas tecnológicas.

(E3) Eu fiz aqui um paralelo com a Justiça 4.0 que é utilizada pelo Poder Judiciário Nacional, eu não tenho contato com a área privada, o nosso contato é exclusivamente com a Justiça 4.0.

(E6) Meu conhecimento é quase nada, a gente tem algum conhecimento da parte de nuvem porque querendo ou não hoje já é algo que é muito introduzido na Administração Pública.

A sequência das seleções lexicais “meu conhecimento é básico sobre o assunto”, “esse conceito de I4.0 para a gente é um pouco novo, conceitualmente eu não sei te dizer bem”, “eu não tenho contato com a área privada, o nosso contato é exclusivamente com a Justiça 4.0” e “meu conhecimento é quase nada, a gente tem algum conhecimento da parte de nuvem”, demonstram que os Auditores Internos ainda são incipientes quanto ao conhecimento sobre a temática específica e conceitual de tecnologias habilitadoras e todo esse cenário disruptivo ocasionado por esta 4ª Revolução Industrial.

Desta forma, o conhecimento ainda básico sobre as tecnologias habilitadoras e a I4.0 pode decorrer do fato de que a I4.0 é uma revolução contemporânea que ainda está sendo implementada nas diversas organizações e no Brasil de forma geral, embora internacionalmente trata-se de temática já debatida desde 2011. Coadunado a isso, tem-se o fato de que estes profissionais atuam na área pública na qual as inovações tecnológicas tem uma incorporação mais tardia quando comparada com a iniciativa privada.

À vista disso, Silva e Rocha (2020) esclarecem que a I4.0 é um conceito recente, entretanto Amaral e Peças (2021) defendem que o emprego das tecnologias é o primeiro passo rumo à I4.0 sendo também o suporte para os conceitos relacionados à essa 4ª Revolução Industrial.

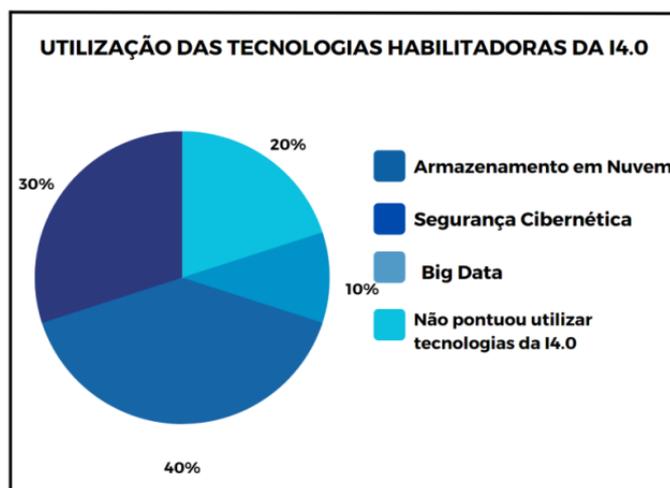
Ressalta-se que I4.0, embora seja um conceito proveniente da iniciativa privada tendo ali se originado, tem seus impactos disruptivos sentidos em todas as esferas da

sociedade, inclusive no âmbito público, posto que a Administração Pública precisa prestar serviços de qualidade e em tempo hábil para que satisfaça seus cidadãos, atendendo assim aos anseios sociais, de forma que os servidores públicos precisam estar preparados para esse novo cenário tecnológico cujo passo introdutório é justamente o conhecimento sobre a temática.

Diante disso, como fora identificado durante as entrevistas o baixo conhecimento sobre a conceituação de cada tecnologia habilitadora por parte dos Auditores Internos, foi apresentado aos entrevistados os conceitos, as funções e as finalidades das tecnologias pilares da I4.0 para que fosse possível a obtenção dos demais dados da pesquisa, principalmente no que tange à utilização das tecnologias habilitadoras da I4.0 com a atividade desenvolvida em setores de AIG.

Quanto à inserção tecnológica no que tange ao critério de utilização das tecnologias habilitadoras da I4.0 com a atividade desenvolvida em setores de AIG, identificou-se que a tecnologia habilitadora mais utilizada entre os setores de Auditoria é o Armazenamento em Nuvem o qual teve uma incidência de 40% sobre as respostas prestadas pelos Auditores, em seguida identificou-se a Segurança Cibernética com 30% de incidência, seguida do *Big Data* com apenas 10% de incidência, ainda tiveram respostas que não especificaram a utilização de tecnologias habilitadoras pontualmente. O Gráfico 2 apresenta a mensuração das respostas dos entrevistados sobre a utilização de tecnologias habilitadoras.

**Gráfico 2** - Utilização de Tecnologias Habilitadoras.



Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

O apontamento das tecnologias habilitadoras identificadas como utilizadas nas atividades atinentes aos Setores de Auditoria é evidenciado por meio dos fragmentos dos discursos de E1, E4, E5 e E6.

(E1) Especificamente na Auditoria da nossa instituição a gente começou uma atividade de armazenamento em nuvem, basicamente eu acho que é o que hoje nós avançamos mais nesse processo é isso, no armazenamento em nuvem.

(E4) O armazenamento em nuvem já existe aqui, então já é feito na própria instituição, então tem as ferramentas justamente para que os dados possam ser armazenados, o Conselho Nacional que fiscaliza a instituição expede atos normativos e ele tem uma Resolução que fala sobre o projeto de Segurança Cibernética, as diretrizes e seguranças cibernéticas da nossa esfera de Poder, então todas as instituições ligadas ao nosso Poder têm que se adequar àquele projeto de Segurança Cibernética e aí tem as fases de maturidade, tem as metas para poder atender, sobre inteligência artificial, a gente também tem na instituição, mas aqui no setor não, sobre o *Big Data*, quantidade de dados, aqui a gente tem justamente em relação a isso, por exemplo, a justiça em números, tem o painel da justiça em número do Amazonas, então a gente já tem aqui a exemplo sobre esse processamento e usando a informação para estratégia, então aqui a gente já tem o painel todo utilizando o *Power BI* para fazer essa tratativa aqui dos dados, por exemplo, da comarca de Manaus.

(E5) A gente tem isso no geral, a gente tem uma Política de Segurança da Informação, essa política é uma Portaria que foi feita, ela é divulgada, a gente faz inclusive um treinamento regular que vai explicar o que é e qual o comportamento que a gente tem que ter diante dos dados que a gente utiliza no dia a dia, isso a gente tem no âmbito global da instituição que é a nossa Política de Segurança da Informação, o armazenamento em nuvem, acho que essa prática a gente tem também, só que é muito específico lá da área de TI porque inclusive na pandemia nós trabalhamos em home office e a gente conseguiu acessar tudo de casa.

(E6) A parte do Sistema de Segurança Cibernética tem, principalmente a gente que lida com muitos dados sensíveis, a gente cuida por exemplo de aposentadorias, a gente faz a revisão dos processos, ter a proteção desses dados é importante, o armazenamento em nuvem é algo que a gente já usa hoje porque todos os documentos da instituição estão no sistema e estão em

nuvem, a gente já tem uma pasta *public* e a parte de robôs a gente não tem hoje um sistema desses.

Evidencia-se que tecnologias habilitadoras identificadas como utilizadas nas atividades atinentes aos Setores de Auditoria vão ao encontro daquelas identificadas como aderentes ao processo de auditoria na Administração Pública, entretanto não houve a identificação da IoT e da inteligência Artificial relacionada ao processo de AIG nas respostas dos entrevistados, além disso detecta-se que essas tecnologias habilitadoras apontadas como já sendo inseridas no âmbito da AIG pode ser fruto de um processo recente, haja vista que os Auditores Internos apenas pontuam essa utilização de forma tímida e sem aprofundamento sobre essa inserção tecnológica.

A sequência das seleções lexicais “especificamente na Auditoria da nossa instituição a gente começou uma atividade de armazenamento em nuvem”, “o armazenamento em nuvem já existe aqui, então já é feito na própria instituição”, “o armazenamento em nuvem, acho que essa prática a gente tem também” e “o armazenamento em nuvem é algo que a gente já usa hoje” indicam a utilização da tecnologia habilitadora de armazenamento em nuvem no âmbito das atividades desenvolvida nos setores de AIG.

Um maior apontamento de utilização da tecnologia de armazenamento em nuvem em Setores de Auditoria pode estar adstrita ao fato de essa tecnologia habilitadora possibilitar armazenar dados em grandes quantidades que podem estar disponíveis em qualquer lugar e a qualquer momento e ainda podem ser compartilhados de forma mais dinâmica, de forma que tais possibilidades agregam praticidade e agilidade às atividades de auditoria que trabalham especificamente na análise de dados e informações auditáveis.

De acordo com Dias, Sano e Medeiros (2019) o armazenamento em nuvem é meio de melhoria e eficiência dos serviços públicos e o governo torna-se peça importante na concepção e disseminação dessa ferramenta como consumidor e regulador.

Neste viés, Rolo (2016) completa dizendo que o armazenamento em nuvem emerge para preencher lacunas existentes entre sistemas de informação no que tange ao aumento e adição de espaços de armazenamento sem com isso haver necessidade de investimentos na infraestrutura organizacional, oferecendo também diversidade de serviços e estabelecendo pontes de comunicação entre aplicações.

Em relação à Segurança Cibernética, tem-se que as seleções lexicais “tem uma Resolução que fala sobre o projeto de Segurança Cibernética, as diretrizes e seguranças cibernéticas da nossa esfera de Poder”, “a gente tem uma Política de Segurança da Informação, essa política é uma Portaria que foi feita” e “a parte do Sistema de Segurança Cibernética tem, principalmente a gente que lida com muitos dados sensíveis” pontuam que Políticas de Segurança Cibernética estão sendo definidas para a proteção dos dados no âmbito das atividades de auditoria.

A identificação de Políticas de Segurança Cibernética pode ser consequência da digitalização e da inserção de tecnologias da informação e comunicação que vêm ocorrendo dentro da Administração Pública a qual passou a adotar sistemas informacionais para operacionalização de seus processos, promovendo assim uma virtualização dos seus dados, por vezes armazenados em serviços de nuvem que requerem uma maior proteção com vistas a se evitar danos às informações públicas armazenadas e acessadas por vias digitais.

Conforme Huxtable e Schaefer (2016), a Segurança Cibernética se perfaz na proteção contra danos que podem ser causados ao *hardware* de Tecnologia da Informação, *software* e dados armazenados nos sistemas. Neste sentido, Abreu (2020) aponta que os esforços para estabelecer a segurança cibernética precisam ser engendrados desde a concepção da digitalização com o objetivo de se garantir a segurança operacional.

Já quanto à tecnologia de *Big Data* tem-se a seleção lexical “sobre o *Big Data*, sobre a quantidade de dados, aqui a gente tem justamente em relação a isso” denotando-se que já há uma iniciativa de utilização desta ferramenta em Setores de Auditoria apesar de sua baixa incidência nas informações prestadas pelos Auditores Internos.

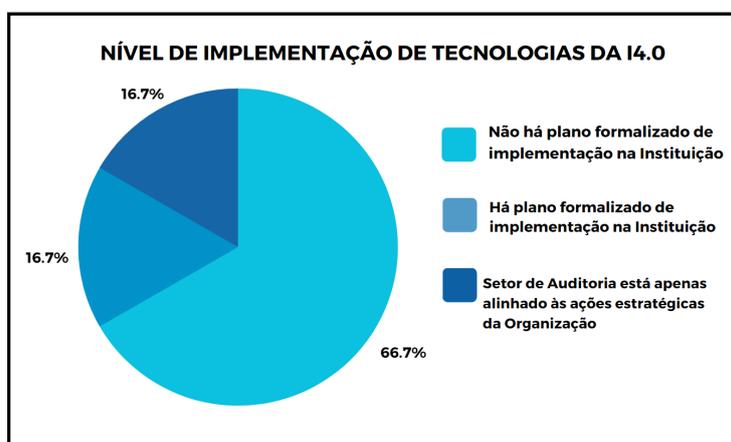
De Araujo, Zullo e Torres (2020) citam que com a utilização da ferramenta de *big data* a qual permite o cruzamento de grandes quantidades de dados, é possível que os agentes públicos consigam identificar erros, anomalias e oportunidades no âmbito dos serviços públicos, além disso é possível que esses dados possam dar aos gestores informações estratégicas que permitam uma avaliação permanente das atividades e atingimento dos objetivos planejados.

Assim sendo, para complementar este grau de inserção tecnológica de armazenamento em nuvem, Política de Segurança Cibernética e *big data* que já é

existente, porém ainda tímido no processo de AIG, Dias, Sano e Medeiros (2019) justificam que a utilização de tecnologias no âmbito da Administração Pública é tarefa complexa à vista das peculiares da própria esfera pública e do serviço público fornecido que devem estar protegidos contra fraudes, contar com um sistema de segurança da informação, além da necessidade intrínseca de prestação de contas à sociedade.

Relativamente à verificação da existência de plano de implementação de tecnologias da I4.0 voltado para o setor de Auditoria no qual indagou-se aos Auditores entrevistados se haveria planos de implementação tecnológica no âmbito da sua instituição e/ou direcionado para seu setor, com vistas a promover e incentivar a inserção tecnológica, avaliou-se com base em 66,7% das respostas que não há plano formalizado que vise a implantação tecnológica no âmbito da instituição. O Gráfico 3 apresenta a mensuração dos dados quanto ao nível de implementação tecnológica.

**Gráfico 3 - Nível de implementação tecnológica.**



Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

A constatação da ausência de planos formalizados de implementação tecnológica que visem a implementação de tecnologias da I4.0 em setores de AIG ou a nível organizacional como um todo é evidenciado por meio dos fragmentos dos discursos de E1, E2, E5 e E6.

(E1) Não tem um plano formalizado de implementação, existe hoje um Comitê de Governança Digital e eu acredito que seria o ambiente pra discutir e definir esse plano de implementação dessas tecnologias, mas até onde eu tenho conhecimento não está

formalizado um plano, ainda que algumas iniciativas ocorram, elas são particulares das unidades, não da organização.

(E2) Sobre a existência de algum plano de implementação tecnológica no âmbito da instituição eu desconheço.

(E5) Plano para a Auditoria não tem ainda, mas eu vejo que a nossa área de TI é bem solícita em trazer novas ideias para cá e em implantar essas ideias também, para o futuro eu pretendo pesquisar o que a gente poderia integrar que já é feito nas esferas federal, estadual, e que se aplicaria para o nosso Setor de Auditoria.

(E6) Especificamente para a Auditoria acredito que não tenha um plano de implementação, pelo menos não vem nada a mente, eu acho que o máximo que eu conseguiria pensar de fato dentro da I4.0 dessa revolução seria o caso de reconhecimento facial que está sendo implantando para a instituição como um todo.

A sequência das seleções lexicais “não tem um plano formalizado de implementação”, “existência de algum plano de implementação tecnológica no âmbito da instituição eu desconheço”, “plano para a Auditoria a gente não tem ainda” e “especificamente para a Auditoria acredito que não tenha um plano de implementação” demonstram que não há planos de implementação de âmbito organizacional ou que abarquem os setores de Auditoria visando a implementação de tecnologias da I4.0.

Ressalta-se que um plano de implementação tecnológica voltado para a inserção de inovações tecnológicas no âmbito organizacional é fundamental para que haja não somente uma inserção de tecnologias aderentes às atividades desenvolvidas no âmbito da instituição como também para que esta inserção seja realizada de forma otimizada e integrada, visando a construção de uma infraestrutura tecnológica robusta que atenda às exigências estruturais da I4.0, principalmente quando se trata da Administração Pública que possuem especificidades quanto a investimentos, aquisições e modernização de seu aparato estrutural.

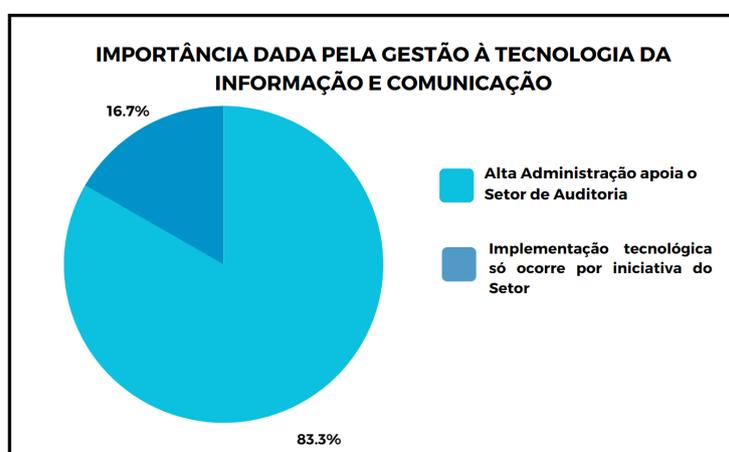
Desta forma, a inserção tecnológica tímida e dispersa de armazenamento em nuvem, Política de Segurança Cibernética e *big data* que foram identificadas no processo de AIG que não ocorre de forma integralizada, pode ser oriunda dessa ausência de plano de implementação tecnológica voltado para a inserção de inovações tecnológicas no âmbito organizacional.

Santos (2018) informa que para haver o desenvolvimento da I4.0 no âmbito das organizações é necessário que estas detenham conhecimento de sua situação atual e de seus objetivos estratégicos, de forma a planejar seus horizontes para médios e longos prazos com vistas à implementação das tecnologias e sistemas oriundos desse novo cenário tecnológicos, pois quanto mais rápido os negócios se prepararem para as mudanças, maiores serão os benefícios colhidos desse planejamento.

Coadunado a esse entendimento, Coelho (2020) expressa que os governos precisam se beneficiar dos avanços tecnológicos que possibilitam diminuição de custos ao mesmo tempo que geram otimização de resultados, pois os cidadãos que são consumidores das inovações tecnológicas fazem pressão para que a Administração Pública também as adote, uma vez que a iteração que as novas tecnologias proporcionam agregam valor para a relação cidadão-Estado.

Quanto à importância dada pela gestão à Tecnologia da Informação e Comunicação foi identificado que os Auditores Internos enxergam que os setores de Auditoria Interna recebem apoio tecnológico da Administração Superior de suas instituições, haja vista que pela análise das respostas obtidas tem-se que 87,3% destas apontam no sentido de que a Gestão dá a devida importância aos setores de Auditoria no que tange à tecnologia da informação e comunicação. O Gráfico 4 apresenta a mensuração sobre a visão dos Auditores Internos quanto à importância dada pela Alta Administração.

**Gráfico 4** - Importância dada pela Alta Administração.



Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

A importância satisfatória dada pela Gestão quanto à utilização de tecnologias da informação e comunicação no âmbito das unidades de Auditoria Interna é evidenciado por meio dos fragmentos dos discursos de E1, E3, E4, E5 e E6.

(E1) Nós nunca medimos essa importância dada pela Gestão, mas acredito que a Gestão apoie as iniciativas que a Auditoria tem, tanto é que naquilo que foi viável até o momento de implementação a Gestão sempre apoiou.

(E3) A importância dada pela Gestão é satisfatória, quando a gente requer alguma coisa, quando a gente necessita contar com o apoio da Alta Administração tem sido assim, então a Alta Administração está buscando ajudar o setor naquilo que é possível para o órgão aperfeiçoar nessa parte de digitalização, de automação.

(E4) A importância que a gente tem aqui é direcionada não somente à Auditoria, mas também para outros setores, temos um comitê gestor de tecnologia da informação, tem um plano anual de contratações que é aprovado por comissão multidisciplinar, então é tudo de acordo com as recomendações e as resoluções do Conselho Nacional.

(E5) A Gestão consegue nos apoiar com o que a gente precisa, com questão de acesso, de sistemas, qualquer problema que a gente tenha a gente consegue falar com eles de uma forma rápida e eles resolvem para nós, eu acho que a Gestão dá a importância devida na medida que eles conseguem também, às vezes você tem muita demanda e às vezes o problema não pode ser resolvido de imediato, mas eles têm conseguido nos atender sim.

(E6) A gente tem um cuidado da Gestão quanto ao sistema, a gente tem um cuidado quanto ao equipamento se está de acordo para conseguir desenvolver as atividades e a gente tem uma implementação, a gente conseguiu com essa Gestão ter todos os processos digitalizados, tem um cuidado da Gestão com o aprimoramento para que a gente possa fazer as coisas com um foco melhor, o principal foco da gestão vai ser a entrega do melhor serviço para o segurado, para o beneficiário.

As sequências lexicais “naquilo que foi viável até o momento de implementação a Gestão sempre apoiou”, “a importância dada pela Gestão é satisfatória”, “a importância que a gente tem aqui é direcionada não somente à Auditoria como também para outros

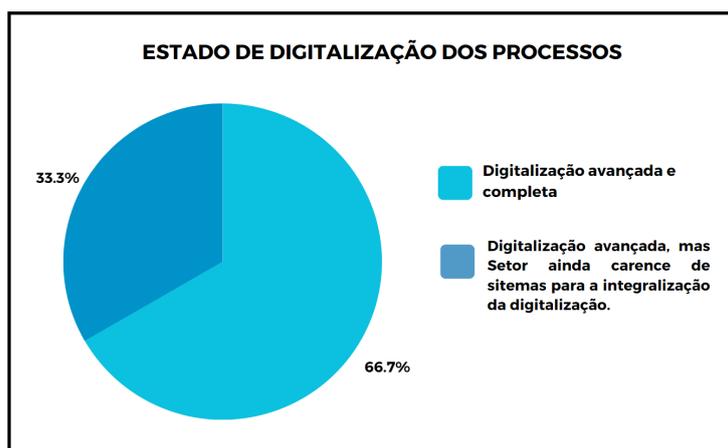
setores”, “a Gestão consegue nos apoiar com o que a gente precisa, com questão de acesso, de sistemas, qualquer problema” e “tem um cuidado da Gestão com o aprimoramento para que a gente possa fazer as coisas com um foco melhor” evidenciam que há um entendimento de que a Alta Administração tem apoiado os setores de Auditoria nas iniciativas tecnológicas de implementação de tecnologias da informação e comunicação.

O apoio da Gestão é imprescindível para que as organizações consigam se posicionar no atual cenário de I4.0, haja vista que para ter-se uma implementação tecnológica aderente e que agregue valor ao negócio, faz-necessário que mudanças ocorram a nível organizacional que só podem ser promovidas e apoiadas pela Alta Administração, inclusive no que concerne à estipulação de plano de implementação tecnológica voltado para a inserção de inovações tecnológicas no âmbito organizacional de responsabilidade maior da Alta Gestão.

Neste sentido, Brega (2012) informa que nessa nova era tecnológica a Administração Pública ao mesmo tempo em que sofre influência para adesão das tecnologias é também protagonista deste cenário, uma vez que a máquina pública deve aproveitar as oportunidades que oferecem os sistemas de informação, incorporando ao âmbito público essas tecnologias de informação e comunicação como forma de promover a modernização da máquina estatal.

Prosseguindo Dias, Sano e Medeiros (2019) dizem que os avanços em tecnologias da informação e comunicação promovem melhorias qualitativas com redução de custos, aumento da produtividade e aperfeiçoamento dos serviços prestados aos cidadãos, entretanto para além dessa implementação de recursos tecnológicos é necessário que os gestores promovam mudanças culturais, legais e comportamentais objetivando-se uma maior eficácia, eficiência e efetividade na prestação de serviços pela Administração Pública.

Quanto ao estado de digitalização dos processos de auditoria, identificou-se pela análise das respostas que 66,7% dos Auditores Internos que o processo de AIG apresenta uma digitalização avançada e completa no âmbito de desenvolvimento de suas atividades. O Gráfico 5 apresenta a mensuração da digitalização dos processos dos Setores de Auditoria Interna.

**Gráfico 5** - Digitalização dos processos dos Setores de Auditoria Interna.

Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

Este estado de digitalização citado como avançado e completo no âmbito do processo de auditoria da Administração Pública é evidenciado por meio dos fragmentos dos discursos de E1, E4, E5 e E6.

(E1) Aqui nós estamos num processo bem avançado de digitalização dos processos, começamos com a digitalização das comunicações e avançamos para a digitalização de outros papéis de trabalho e de relatórios também, então nós estamos num nível bem avançado já de digitalização.

(E4) Nossos processos são feitos todos no formato digital, o nível de digitalização é 100% tendo em vista que tudo é em formato digital, inclusive até assinatura no processo ela vai ser toda digital, o trabalho é feito via sistemas informatizados, por plataformas que o órgão fornece, em nuvem, todas as informações estão digitalizadas, tem sistemas.

(E5) olhando para o meu setor, o trabalho é 100% digitalizado, nosso trabalho é todo dentro de um sistema, todas as solicitações, todos os relatórios são dentro de um sistema que a gente faz, o trabalho é realizado por meio de plataforma digital.

(E6) avalio como excelente porque tudo é digitalizado, não chega nada em papel, todo o processo ele entra na instituição digitalizado seja vindo das secretarias porque os processos de aposentadoria começam nas secretarias, seja pensão que começa aqui, se foi atendimento no balcão já digitaliza todo no sistema, então é excelente.

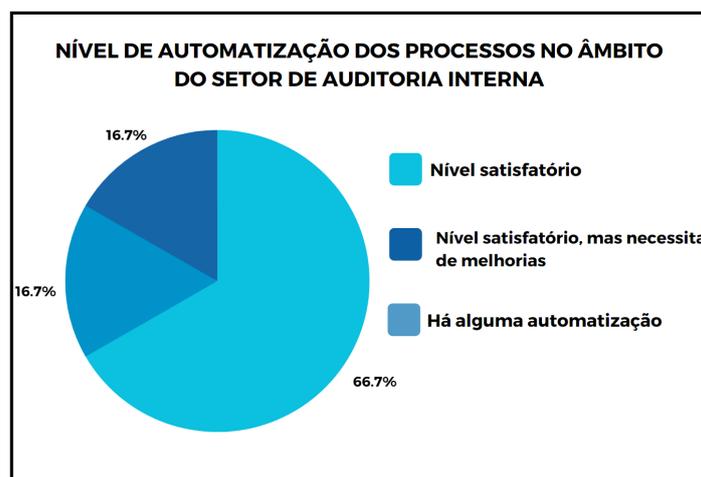
As sequências lexicais “nós estamos num processo bem avançado de digitalização dos processos”, “o nível de digitalização é 100% tendo em vista que tudo é em formato digital”, “o trabalho é 100% digitalizado, nosso trabalho é todo dentro de um sistema” e “avalio como excelente porque tudo é digitalizado” apontam para a identificação de que há avanços de digitalização no âmbito dos setores de Auditoria da Administração Pública.

Um grau de digitalização satisfatório no processo de AIG é esperado pelo fato de que a Administração Pública emerge-se na inserção de sistemas de informação visando a automatização das suas atividades, o trabalho em meio digital, com a máxima publicidade das informações em suas plataformas digitais, estabelecendo assim um governo digital.

Diante disso, Reis e Gomes (2021) enfatizam que a digitalização é um avanço para a Administração Pública que deve acompanhar o atual estilo de vida da sociedade a qual convive com a alta presença tecnológica, de forma que essa digitalização promove vantagens de celeridade na tomada de decisão, avaliação do desempenho dos servidores públicos e servidores públicos mais qualificados para atuar com uma administração mais tecnológica.

No tocante ao nível de automatização no âmbito dos processos de Auditoria Interna, verifica-se em 66,7% das opiniões dos Auditores Internos direcionam para o desempenho das atividades de auditoria com um nível de automatização satisfatório. O Gráfico 6 aponta a mensuração do nível de automatização dos processos no âmbito dos setores de Auditoria Interna.

**Gráfico 6 - Nível de automatização.**



Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

O nível de automatização dos processos no âmbito dos setores de Auditoria Interna identificado como satisfatório é evidenciado por meio dos fragmentos dos discursos de E1, E3, E4 e E5.

(E1) Nós estamos com um nível satisfatório de automatização, quando eu digo satisfatório é entre talvez 80% ou um pouco mais, 90% de automatização dos processos.

(E3) o nível de automatização dos processos está 100% porque tudo é virtual, tudo é digital.

(E4) A gente tem as ferramentas automatizadas, todas as ferramentas já são digitais e são integradas.

(E5) A atividade desenvolvida no setor é automatizada, mas poderia melhorar a questão de instabilidade do sistema que as vezes a gente tem, não é uma coisa assim de específico daqui, mas a gente sempre tem estabilidade na internet, instabilidade de sistemas e às vezes atrapalha um pouco o trabalho.

As sequências lexicais “nós estamos com um nível satisfatório de automatização”, “o nível de automatização dos processos está 100%”, “a gente tem as ferramentas automatizadas” e “a atividade desenvolvida no setor é automatizada” demonstram que as atividades e processos desenvolvidos nos setores de AIG são executados de forma automatizadas e apresentam um nível satisfatório dessa automatização.

Mais uma vez pode-se evidenciar que este nível de automatização apontado pelos Auditores Internos seja resultado de um movimento de digitalização vivenciado no âmbito da Administração Pública com a inserção de sistemas e ferramentas tecnológicos para a execução de suas atividades.

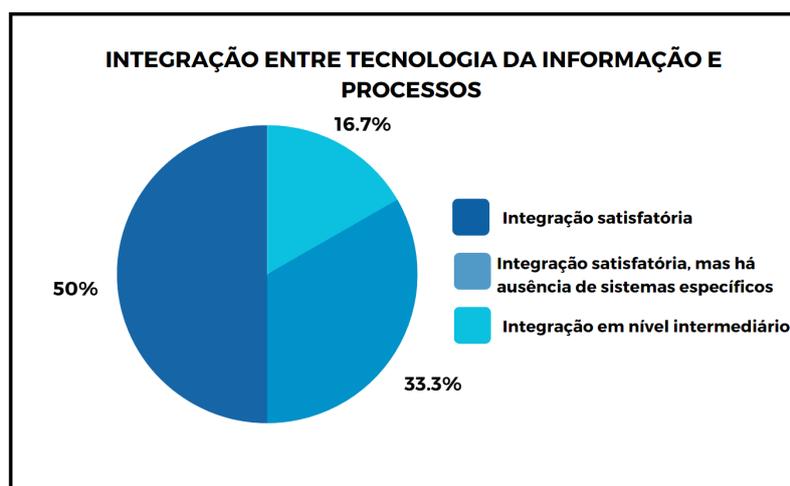
Diante disso Costa (2020) expõe que a utilização de ferramentas tecnológicas no âmbito da Administração Pública torna-se o meio pelo qual a máquina pública desenvolve suas decisões de forma que isso alcança a qualidade no serviço público, pois com o cruzamento de dados e *softwares* informatizados é possível realizar de modo automatizado os procedimentos administrativos, de modo que as ferramentas tecnológicas deixam de ser apenas um simples auxílio à Administração Pública e passam

a desenvolver um papel autônomo de realização de procedimentos diretamente por máquinas que desempenham tarefas.

Ainda nesta conjuntura, Klumb e Hoffmann (2016) informam que a sociedade está cada vez mais exigente por serviços públicos mais responsivos, transparentes, sustentáveis e democráticos e para que isso ocorra é necessário que os órgãos públicos passem a atuar por um novo modelo de gestão que requerem novos processos e novas formas de comunicação para que os serviços públicos sejam ofertados nos moldes exigidos atualmente pelos cidadãos.

Quanto à integração entre tecnologia da informação e os processos no âmbito do setor de AIG, verificou-se que 50% das respostas apresentadas pelos Auditores entrevistados são no sentido de que nos seus setores de Auditoria Interna há uma integração satisfatória entre as tecnologias e os processos de auditoria executados. O Gráfico 7 retrata a mensuração da integração entre tecnologia da informação e os processos no âmbito dos setores de Auditoria Interna.

**Gráfico 7 - Integração entre tecnologia da informação e processos.**



Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

Esta identificação de integração entre tecnologia da informação e comunicação e os processos no âmbito dos setores de Auditoria Interna apontado como satisfatório é evidenciado por meio dos fragmentos dos discursos de E1, E5 e E6.

(E1) Nós passamos por um processo de digitalização, ele é recente e nós tivemos que fazer esse trabalho de integração da tecnologia com os processos, aí passamos inclusive por uma revisão dos nossos processos, eu acredito que o resultado tenha sido bom porque de uma maneira geral ele foi bem compreendido e bem aceito pela equipe de auditoria.

(E5) Tem uma integração sim, porque consigo entregar a minha saída no prazo que é o que é mais importante, eu consigo receber, processar, fazer o que eu tenho pra fazer e dar a minha saída no prazo que foi estabelecido, as plataformas contribuem com o acesso à informação, a gente tem um sistema que é de uma empresa contratada que ele é todo voltado para área previdenciária na concessão de benefícios e os processos já vêm bem instruídos para cá.

(E6) Avalio essa integração de forma positiva, todos os processos são digitais, acho que a gente consegue fazer tudo no computador, a gente tem a facilidade de jogar documentos externos como Excel para fazer os cálculos, a gente tem os outros sistemas como a PRODAM, SISGED, que também ajuda muito, então acho positivo.

As sequências lexicais “tivemos que fazer esse trabalho de integração da tecnologia com os processos”, “tem uma integração sim, porque consigo entregar a minha saída no prazo” e “avalio essa integração de forma positiva, todos os processos são digitais” apresentam pontos que refletem a existência de uma integração satisfatória entre as tecnologias da informação e os processos no âmbito dos setores de Auditoria Interna.

Deste modo, pode-se apontar como resultado desta integração tecnológica e os processos executados no âmbito dos setores de Auditoria Interna justamente a inserção das tecnologias da informação e comunicação que ocorre dentro da Administração Pública fruto dessa intensa digitalização que impulsiona a máquina pública a aderir aos avanços tecnológicos, sobretudo quando relacionado às tecnologias da informação e comunicação, de modo que esta inserção deve ocorrer com o fito de tornar os processos mais eficientes e eficazes bem como mais econômicos, sendo imprescindível para isso que seja efetuado uma inserção da tecnológica adequada à execução dos processos.

As tecnologias da comunicação e informação modificaram sobremaneira a vida em sociedade, deste modo os setores públicos não poderiam ficar aquém dessa inserção tecnológica de forma que foram compelidos a se apoiarem nessas novas tecnológicas

para, por meio da Internet, disponibilizar informações públicas e prestar serviços públicos (GELATTI; DE SOUZA; DA SILVA, 2015).

Nessa conjuntura, De Souza Santos (2021) informa como uma das causas para a inserção de tecnologias da informação e comunicação no âmbito do Estado a relação indissociável entre máquina pública e sociedade, pois com o surgimento da internet houve uma mudança social drástica na qual os cidadãos passaram a inserir estas tecnologias em seu cotidiano, gerando para a Administração Pública a necessidade de também adicionar ao seu âmbito tecnologias que visassem aprimorar por intermédio do meio eletrônico os serviços públicos e a prestação de contas do Administradores, impondo ao Governo a adoção de tecnologias da informação e comunicação.

Em relação às habilidades e competências dos Auditores para desenvolverem as atividades com utilização das tecnologias digitais, foi diagnosticado que os entrevistados são unânimes ao afirmarem que os servidores públicos que executam as atividades de auditoria estão aptos para atuarem neste novo cenário tecnológico, de forma que estes profissionais Auditores já detêm as habilidades e as competências para desempenharem suas funções com os domínios necessários para a utilização das tecnologias digitais.

Apurou-se que a visão dos Auditores é no sentido de que os profissionais dos seus setores de Auditoria estão aderentes a este novo cenário tecnológico detendo habilidades e desenvolvendo competências que atendam as expectativas no que tange ao exercício de suas atividades com a utilização das tecnologias digitais como é evidenciado por meio dos fragmentos dos discursos de E1, E2, E3, E4, E5 e E6.

(E1) De maneira geral, a equipe é muito empenhada em conseguir utilizar essas novas tecnologias ainda que esse seja um desafio para alguns, mas eu acho que a equipe procura ajudar, procura conhecer a nova tecnologia aí das tentativas que nós tivemos, eu acho que nós tivemos sucesso em praticamente todas elas, não tem relato assim de nenhum servidor que não conseguiu utilizar a tecnologia, de modo geral a equipe é bem proativa, busca aprender, busca tutoriais, *feedbacks* com outras Auditorias que já utilizam, Então, a equipe é bem centrada em buscar a melhor forma de utilização dessas tecnologias.

(E2) Hoje nós temos uma equipe que sempre recebe essas novas tecnologias, essas mudanças bem e aí nos ajuda, também há treinamento para utilização das novas tecnologias, há testes para

entender se vai ser eficiente, se vai ser eficaz, se a gente vai ter uma efetividade mesmo, se vão poder utilizar ela para nossa rotina de trabalho, então, assim, eu vejo que a equipe e a estrutura como um todo sempre estão dispostas a receber e ajudar a Auditoria porque a gente sabe que qualquer mudança vai impactar no trabalho.

(E3) a gente tem uma equipe que é engajada nessa questão da informatização, tem uma pessoa formada na área que quando a gente precisa a gente busca, além disso, os colegas que não tem formação na área, sempre estão buscando se aperfeiçoar nessas questões tecnológicas, então assim, a gente conta com colegas que apesar de não ter essa formação da área de tecnologia, são bem habilitados para questões tecnológicas, então eu avalio como satisfatório.

(E4) os servidores do setor já são capacitados para essa parte tecnológica porque a gente tem planos de capacitação, a gente tem uma resolução do CNJ que estabelece um plano anual de capacitação.

(E5) os auditores são hábeis, utilizam muita tecnologia, há troca de experiências o que é bom também, você aprende novas coisas, as Auditoras são de outra geração, então são mais aderidas a esse novo cenário que a gente vive de 4ª Revolução Industrial pela questão de já terem nascidos nessa época e essa troca de experiência é muito boa.

(E6) Todos os Auditores conseguem utilizar muito bem as ferramentas que a gente tem à disposição hoje, os Auditores são pessoas novas que cresceram já num ambiente mais familiarizado com isso, acho que o grau de instrução ajuda muito, o acesso fácil ao computador, o fato de a gente já trabalhar hoje utilizando tecnologias, tecnologias novas podem gerar uma certa dificuldade num primeiro momento, mas se tiver treinamento e um tempo de adaptação tudo é possível.

As sequências lexicais “a equipe é muito empenhada em conseguir utilizar essas novas tecnologias”, “temos uma equipe que sempre recebe essas novas tecnologias, essas mudanças bem”, “a gente conta com colegas que apesar de não ter essa formação da área de tecnologia, são bem habilitados para questões tecnológicas”, “os servidores do setor já são capacitados para essa parte tecnológica”, “os auditores são hábeis, utilizam muita tecnologia, há troca de experiências o que é bom também” e “todos os Auditores conseguem utilizar muito bem as ferramentas que a gente tem à disposição hoje”

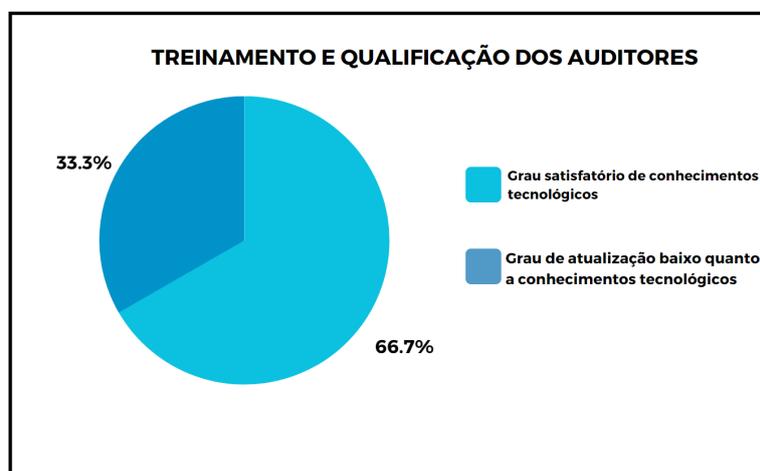
demonstram que a percepção dos Auditores entrevistados estão voltadas para o fato de os servidores públicos que exercem as atribuições de auditoria no âmbito da Administração Pública já estão imbuídos das competências e habilidades necessárias para o exercício de sua profissão por meio das tecnologias digitais.

Ressalta-se que Schuh (2014) relata que nesse cenário tecnológico de I4.0, os trabalhadores que se encaixam nessa nova revolução são aqueles profissionais qualificados e especializados, de forma que para haver o preenchimento da lacuna existente entre o progresso tecnológico e o progresso organizacional, necessário se faz que haja investimentos em treinamento e conhecimento avançados.

Complementando, Santos (2018) afirma que com a implementação da I4.0, os profissionais estarão mais focalizados naquelas atividades de criação e que adicionam valor à organização e menos compelidos à realização de atividades rotineiras.

No que tange ao quesito treinamento e qualificação dos Auditores para o trabalho digital, pelas análises das respostas dos Auditores Internos entrevistados que 66,7% das respostas obtida estão direcionadas no sentido de que o grau de conhecimentos tecnológicos dos profissionais que atuam com a atividade de auditoria é satisfatório. O Gráfico 8 apresenta a mensuração das habilidades e competências dos Auditores para desenvolverem as atividades com utilização das tecnologias digitais.

**Gráfico 8 - Treinamento e Qualificação dos Auditores.**



Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

A detecção de que há treinamento e qualificação dos Auditores Internos para o trabalho digital neste novo ambiente de I4.0 é evidenciado por meio dos fragmentos dos discursos de todos os entrevistados E2, E3, E4 e E6.

(E2) O treinamento e a qualificação dos Auditores está 100%, toda a equipe assim que a gente aborda uma mudança, uma implementação de qualquer ferramenta tecnológica, sempre nós temos o tempo do treinamento para poder utilizar, eu vejo muita disponibilidade de aprender mesmo e utilizar aquilo no seu trabalho, porque a gente tem uma visão de que a equipe tem que ser bem treinada, isso a gente coloca sempre no nosso programa, então essa equipe bem treinada com certeza ela vai poder fazer um trabalho de qualidade, mas assim como a gente está falando não só de um trabalho que é inerente à Auditoria, mas aliando isso daí às novas tecnologias eu vejo importante que eles estejam não só preparados, mas que estejam dispostos a sempre que possível fazer treinamento, fazer sua capacitação, não somente para agregar currículo, mas sim agregar conhecimento no seu trabalho.

(E3) Considero até alguns servidores como proativos nessa área porque eles buscam mecanismos, instrumentos digitais fora da instituição que são gratuitos e que a gente pode utilizar como instrumentos internos aqui da Auditoria, é algo que me causa até boas surpresas em relação a isso, às vezes a gente está realizando um trabalho e um dos colegas diz “vamos usar esse mecanismo, vamos usar esse instrumento, a gente já tem isso aqui disponível gratuitamente ou olha a outra instituição usa esse instrumento, vamos buscar”, então é algo que eu considero como satisfatório também.

(E4) O treinamento e a qualificação dos Auditores estão em um grau satisfatório porque tem o plano pela capacitação e todos aqui têm anos que já trabalham em plataforma digital, em sistemas digitais.

(E6) A gente tem um cuidado muito grande com capacitação constante, a gente tem exigência de carga horária anual de todos os agentes, tem um manual de autoridade de formação dos cursos que são necessários, dos conhecimentos que são necessários pra cada um dos cargos envolvidos dentro do órgão, então existe um cuidado sim e a gente tem por exemplo o curso de introdução à sistemas, de como tudo funcionava aqui dentro, a gente tem periodicamente pra todos os servidores até pra auxiliar numa reciclagem.

Deste modo, as sequências lexicais “o treinamento e a qualificação dos Auditores está 100%”, “considero até alguns servidores como proativos nessa área porque eles buscam mecanismos, instrumentos digitais fora da instituição”, “o treinamento e a qualificação dos Auditores estão em um grau satisfatório porque tem o plano pela capacitação” e “a gente tem um cuidado muito grande com capacitação constante, a gente tem exigência de carga horária anual de todos os agentes, tem um manual de autoridade de formação dos cursos que são necessários” demonstram por diversos aspectos que há uma preocupação tanto da parte do Auditor Interno em buscar estar capacitado e treinado para este novel ambiente tecnológico que se perpassa dentro das organizações públicas quanto também há esta preocupação por parte das instituições públicas em prover treinamento e qualificação a esses Auditores Internos.

Conforme elucidam Maisiri, Darwish e Van Dyk (2019), a I4.0 se perfaz em um significativo avanço tecnológico que requer profissionais capacitados, pois este cenário de 4ª Revolução Industrial gera um ambiente de trabalho digitalizado que exige profissionais com habilidades especializadas, desta forma ter profissionais com habilidades e capacidades necessárias é um dos requisitos para a implantação bem sucedida da I4.0 bem como a qualidade das competências dessa mão-de-obra terá um impacto significativo no sucesso das organizações nesse movimento rumo à inovação de 4ª Revolução Industrial.

Ainda em consonância com Paschou *et al.* (2018), a I4.0 está intimamente ligada às tecnologias digitais, por isso torna-se imprescindível que os profissionais desta nova era tecnológica estejam preparados para aplicar conhecimento e utilizar dessas tecnologias.

No que tange à aceitação por parte dos Auditores Internos quanto à adoção de tecnologias digitais na execução das atividades de auditoria, obteve-se de forma unânime quando das análises das respostas dadas pelos Auditores Internos entrevistados que há aceitação integral por parte dos Auditores lotados nos setores de Auditoria Interna.

A identificação de que há aceitação dos Auditores Internos quanto à adoção de novas tecnologias é evidenciado por meio dos fragmentos dos discursos de todos os entrevistados E1, E2, E3, E4, E5 e E6.

(E1) Por sorte a equipe da Auditoria tem aceitado bem, tem recebido bem essas tecnologias, todos os *feedbacks* que eu tive até o momento são no sentido de utilizar as ferramentas, não tive

nenhum *feedback* no sentido de abandono dessas novas ferramentas, então quanto a isso vejo que os Auditores receberam e recebem bem essas novas tecnologias.

(E2) Eu acho que a equipe toda recebe muito bem novas tecnologias e sempre que tem uma inovação os colegas estão falando, estão utilizando, a gente está discutindo e a gente acaba utilizando, ela entra na rotina dos nossos trabalhos, então há uma aceitação por parte dos Auditores, a partir do momento que eles verificam que é pra agregar valor, então há aceitação.

(E3) As pessoas aqui são muito abertas a essas novas tecnologias, embora seja um processo difícil realmente de aprendizado, não há a negativa pela mudança, não há resistência no sentido de não querer a mudança, nós somos muito abertos, eu nos considero muito abertos a essas mudanças, inclusive acho que é até um ponto positivo dos Auditores em estar sempre buscando tecnologias pra aperfeiçoar nosso trabalho.

(E4) Essa aceitação de novas tecnologias por parte dos Auditores eu avalio como amplamente satisfatória, porque essas mudanças aperfeiçoam e tornam o trabalho ainda mais transparente e mais fácil de você planejar, de analisar onde estão e na própria execução do trabalho.

(E5) Os Auditores aceitam essas novas tecnologias, até se viessem novas ideias tecnológicas eu acredito que não seria tão difícil de implantar aqui no Setor.

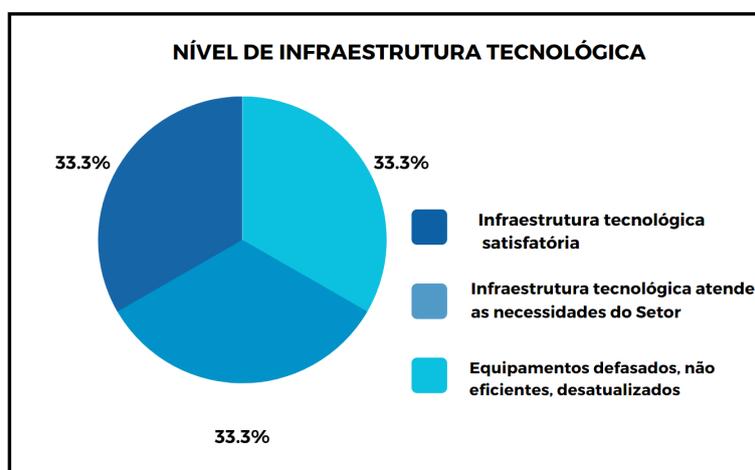
(E6) Avalio essa aceitação tecnológica de forma positiva, o que o que a gente já teve de inclusão de tecnologias foi bem recebido, seja pela facilidade de lidar, embora tenha que ter treinamento e tempo de adaptação, mas vejo de forma positiva, a gente tem uma equipe nova, a gente tem uma equipe com grau de instrução bom, a gente tem uma equipe reduzida, então eu acho que tudo isso facilita até a integração da equipe.

Assim sendo, as sequências lexicais “por sorte a equipe da Auditoria tem aceitado bem, tem recebido bem essas tecnologias”, “eu acho que a equipe toda recebe muito bem novas tecnologias”, “as pessoas aqui são muito abertas a essas novas tecnologias, embora seja um processo difícil realmente de aprendizado, não há a negativa pela mudança”, “essa aceitação de novas tecnologias por parte dos Auditores eu avalio como amplamente satisfatória”, “os Auditores aceitam essas novas tecnologias” e “avalio essa aceitação tecnológica de forma positiva, o que o que a gente já teve de inclusão de tecnologias foi bem recebido”.

Complementando o raciocínio sobre a aceitação tecnológica no âmbito dos setores de Auditoria Interna na Administração Pública, Guimarães e Belfo (2012) informam que as novas tecnologias estão impactando todos os setores da atividade humana trazendo mais agilidade de comunicação, redução de esforços e maior precisão dos resultados, neste sentido a aceitação dessas novas tecnologias é necessária para que a organização obtenha um desenvolvimento desejável, de forma que esta aceitação por parte dos profissionais também é crucial no âmbito dos processos de auditoria.

Quanto ao quesito infraestrutura, as opiniões dos Auditores Internos se dividiram quanto ao nível de infraestrutura tecnológica existente para desenvolvimento das atividades do setor, de forma que somente um terço das opiniões dos entrevistados, ou seja, apenas 33,3% das respostas apontam para uma infraestrutura tecnológica satisfatória que suporta as novas tecnologias neste novo cenário de I4.0, já outra parcela dos Auditores Internos informaram que a infraestrutura existente atualmente suporta as necessidades que seu setor de Auditoria necessita para a execução de suas atividades apontando também que ainda há defasagem na infraestrutura tecnológica. O Gráfico 9 reflete as opiniões dos Auditores Internos entrevistados quanto ao nível de infraestrutura tecnológica existente para desenvolvimento das atividades do setor.

**Gráfico 9** -Infraestrutura Tecnológica do Setor de Auditoria.



Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

Sobre o nível de infraestrutura tecnológica existente para o desenvolvimento das atividades do setor demonstrando esta infraestrutura ainda suporta as necessidades que seu setor de Auditoria necessita para a execução de suas atividades, porém ainda há

defasagem na infraestrutura tecnológica setor de auditoria, necessitando ser incrementada para a modernização das estruturas tecnológicas são evidenciadas por meio dos fragmentos dos discursos dos entrevistados E1, E2, e E5.

(E1) Quanto a equipamentos acredito que nós estamos chegando num ponto crítico de defasagem principalmente no retorno após a pandemia, alguns dos nossos equipamentos apresentaram problemas e até o momento nós não conseguimos que eles fossem substituídos, então quanto a equipamentos nós estamos com essa defasagem, quanto a outros recursos de software e programas nós avançamos bastante, talvez a partir da pandemia mesmo nos últimos três ou quatro anos nós avançamos bastante, então nós temos novos recursos hoje de comunicação tanto interna da equipe de auditoria.

(E2) A infraestrutura atende em partes, na medida do possível, nós temos todos meios tecnológicos aqui na Auditoria, mas não são ainda tão eficientes, não são tão bons, já estão muito precários, não são atualizados, então a gente ainda tem problema de software, de hardware principalmente e até mesmo entrar nos sistemas que a gente tem, os sistemas digitais que a gente tem precisa melhorar, adquirir novos, a gente trabalha com o que nós temos, mas eu vou dizer que eles não são os adequados.

(E5) Eu acho que a infraestrutura atende hoje em dia as necessidades do setor, o que a gente precisa mesmo é que as áreas de TI estejam integradas, porque isso é um trabalho que eles fazem de atualizar as coisas, atualizar os softwares, colocar antivírus, essas coisas assim eles fazem.

Neste sentido, as sequências lexicais “quanto a equipamentos acredito que nós estamos chegando num ponto crítico de defasagem”, “a infraestrutura atende em partes, na medida do possível, nós temos todos meios tecnológicos aqui na Auditoria, mas não são ainda tão eficientes, não são tão bons, já estão muito precários, não são atualizados” e “eu acho que a infraestrutura atende hoje em dia as necessidades do setor, o que a gente precisa mesmo é que as áreas de TI estejam integradas” direcionam para uma interpretação de que a infraestrutura tecnológica oferecida aos setores de Auditoria Interna no âmbito da Administração Pública está em um nível que precisa de melhorias na medida que em partes está atendendo às necessidades de suporte tecnológico dos

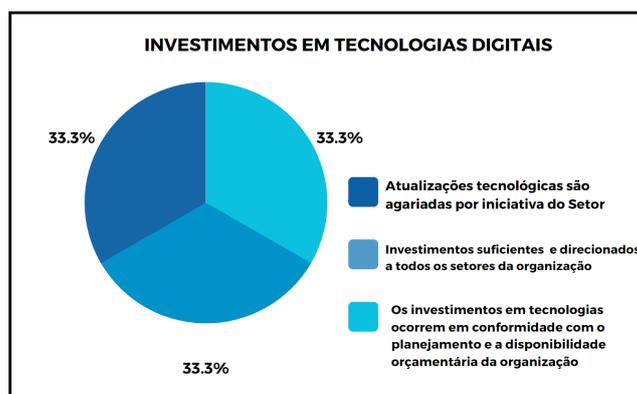
setores de Auditoria, porém é evidente a necessidade de incremento e atualizações para se alcançar um nível satisfatório frente as demandas requeridas pela tecnologias habilitadoras da I4.0.

Ressalta-se sob este ponto de infraestrutura tecnológica o pensamento de Amaral e Peças (2021) os quais abordam que é a tecnologia que promoverá as mudanças oriundas da I4.0, apontando no sentido de que para uma organização está próxima dessa 4ª Revolução Industrial, torna-se necessário que elas utilizem determinadas tecnologias ou pelo menos tenham uma infraestrutura adequada para sua implementação.

Quanto aos investimentos em tecnologias digitais direcionados para o setor de Auditoria diagnosticou-se que eles também precisam ser incrementados e priorizados caso os setores de Auditoria Interna almejem estar adstritos a essa inserção tecnológica ocasionada por essa 4ª Revolução Industrial.

As informações prestadas pelos Auditores internos são no sentido de que quando há investimentos estes ocorrem de forma isolada, pois são angariados de forma unilateral por parte dos esforços engendrados pelo próprio Setor de Auditoria Interna sem a participação da Alta Gestão, e quanto há investimentos direcionados por meio de planejamento tem-se uma disponibilidade orçamentária apenas razoável. Desta forma, o Gráfico 10 apresentam os pontos de vistas quanto aos investimentos em tecnologias digitais direcionados para os setores de Auditoria.

**Gráfico 10** - Investimentos em tecnologias direcionado aos Setores de Auditoria.



Fonte: Dados da Pesquisa (2023).

Destarte, quanto aos investimentos em tecnologias digitais direcionados para o setor de Auditoria, a forma como ocorre esses investimentos é evidenciada por meio dos fragmentos dos discursos dos entrevistados E1, E2 e E6.

(E1) Nós não temos um processo de investimento formalizado, as iniciativas que ocorreram partiram da própria unidade de Auditoria que buscou a maioria dessas atualizações, a exceção do SEI que é o protocolo eletrônico de documentos, mas o restante foi buscado pela iniciativa da própria auditoria e não da instituição.

(E2) Quanto aos investimentos eu acho que a instituição precisa investir muito mais, por exemplo o que nós utilizamos hoje foi a busca da própria Auditoria, pouco se veio da própria organização, hoje aqui a Auditoria buscou implementar vários sistemas para que a gente desse uma dinâmica aos nossos trabalhos, mas nada muito organizacional, isso foi muito peculiar da Auditoria.

(E6) A gente é um órgão um público, então lida com o orçamento, lida com certas limitações querendo ou não, então a gente recebe os investimentos tecnológicos que são possíveis, então os investimentos são razoáveis, porque satisfatório seria dizer que a instituição tem capacidade pra dar tudo o que é necessário e eles não tem capacidade pra dar tudo que é necessário, mas dentro da possibilidade eles dão o que é possível.

As sequências lexicais “nós não temos um processo de investimento formalizado, as iniciativas que ocorreram partiram da própria unidade de Auditoria que buscou a maioria dessas atualizações”, “quanto aos investimentos eu acho que a instituição precisa investir muito mais, por exemplo o que nós utilizamos hoje foi a busca da própria Auditoria” e “a gente recebe os investimentos tecnológicos que são possíveis, então os investimentos são razoáveis” apontam que os investimentos tecnológicos da organização direcionados aos Setores de Auditoria Interna na Administração Pública precisam ser fortalecidos.

Para uma modernização tecnológica que atenda as exigências da I4.0, é necessário que num primeiro momento a instituição direcione recursos para aquisição dessas tecnologias, de forma que um plano de implementação a nível organizacional que aborde o quesito dos investimentos necessários pode possibilitar que a instituição se planeje e se

prepare para adquirir sua base tecnológica visando à inovação e modernização da instituição frente à essa contemporânea Revolução Industrial, isto insere-se na vertente de apoio da Alta Gestão da organização que precisa cooperar de forma ativa com seus setores e não apenas reativa por meio de demandas.

Neste aspecto, Oláh, Petó e Popp (2018) afirmam que os investimentos direcionados às tecnologias de informação e comunicação refletem de forma positiva na receita e qualidade de desempenho organizacional. Complementando este entendimento, Santos, Charrua-Santos e Lima (2018) lecionam que as organizações que almejam passar por essa transição rumo a I4.0 devem avaliar e adaptar suas habilidades e estratégias o que engloba, além do cumprimento de requisitos com segurança e proteção digital, organização do trabalho e mão-de-obra qualificada, ter uma base tecnológica bem como investimentos direcionados para esta introdução tecnológica com vistas a melhorar a qualidade, eficiência e eficácia dos recursos.

#### **4.6 Diagnóstico do nível de inserção tecnológica com a identificação das oportunidades e desafios**

Realizando-se um diagnóstico geral da mensuração tecnológica das dimensões em consonância com seus critérios de avaliação abarcado no modelo de categorização temática de mensuração tecnológica, observou-se com base nos níveis de avaliação proposto que o nível de inserção tecnológica dos setores de AIG frente à I4.0, fundamentando-se na análise da percepção dos Auditores Internos lotados em Setores de Auditoria Interna da esfera federal, estadual e municipal, encontra-se em um nível inicial, os setores de AIG apresentam iniciativas que inserem o processo de auditoria no cenário de modernização tecnológica, apesar de apresentar pontos que precisam ser fortalecidos para uma implementação tecnológica eficiente.

A Figura 53 apresenta as oportunidades que inserem os setores de AIG no nível iniciante de inserção tecnológica frente à I4.0 e os desafios que precisam ser enfrentados para que estes setores avancem de nível visando o aperfeiçoamento de sua performance rumo a sua aderência à I4.0.

**Figura 53** - Oportunidades e desafios dos Setores de AIG.

Fonte: Dados da pesquisa (2023).

Diagnosticou-se que o processo de AIG se encontra emergido em um nível inicial de inserção tecnológica frente a este cenário de I4.0, tendo iniciativas que já retiram as atividades de auditoria interna exercida no âmbito da Administração Pública da inércia e da inexistência de ações voltadas para o atual cenário tecnológico que se vivencia em todas as esferas da sociedade.

Especificamente quanto ao nível de utilização das tecnologias habilitadoras da I4.0 no processo de auditoria governamental verifica-se que àquelas tecnologias que são aderentes ao desenvolvimento das atividades de auditoria na Administração Pública ainda estão em processo de inserção, sendo inserida de forma tímida e ainda pouco integrada dentro dos setores de auditoria, embora já haja utilização de determinadas ferramentas.

Salienta-se que Ünal, Sungur e Yildirim (2022) apontam que quase todas as organizações já adotam tecnologias da I4.0, mas existem organizações que são mais predispostas a determinadas tecnologias, haja vista que a utilização das tecnologias da I4.0 variará de acordo com o tipo de negócio organizacional.

Entre as características identificadas como oportunidades, verifica-se o apoio da Alta Administração das instituições no que concerne a este novo cenário tecnológico, uma vez que ficou indicado que os ocupantes dos cargos do topo da hierarquia organizacional apoiam os setores de Auditoria Interna naquilo que é viável para a instituição, buscando

ajudar o setor no que é possível para o aperfeiçoamento da digitalização e automação das atividades de auditoria desempenhadas.

Esta característica positiva de apoio da Alta Gestão encontrada é essencial para que haja uma efetiva implementação tecnológica dentro dos setores de Auditoria da Administração Pública, pois faz-se necessário que a Alta Administração esteja empenhada e aberta em promover as mudanças e os investimentos necessários visando alcançar esse arcabouço tecnológico advindo das mudanças disruptivas da I4.0.

Foi diagnosticado também como oportunidades nessa avaliação do nível de utilização das tecnologias habilitadoras da I4.0, graus satisfatórios de digitalização que proporcionam uma integração entre as tecnologias da informação e comunicação e os processos, levando à automação desses processos de auditoria, essas oportunidades só podem ser implementadas se realmente houver iniciativa e empenho dos tomadores das principais decisões dentro das instituições públicas que são aqueles que ocupam os cargos da Alta Administração visando uma Administração Pública digital, atualizada e moderna nesse viés de 4ª Revolução Industrial que perpassa.

Outro ponto fortalecido nesta implementação tecnológica dentro dos setores de Auditoria da Administração Pública são dos profissionais que atuam no desempenho das atividades de auditoria, quanto aos Auditores Internos verifica-se que estes estão aderentes a esta 4ª Revolução Industrial no âmbito de suas atividades com esta nova vertente tecnológica que se instaura, na medida que estes profissionais já vêm obtendo as habilidades e competências necessárias para executarem seus trabalhos com as tecnologias digitais, buscam esta qualificação por meio de treinamentos e aceitam bem a adoção de novas tecnologias no âmbito dos seus setores de Auditoria Interna, entretanto estes profissionais ainda não detêm um conhecimento consolidado especificamente sobre tecnologias habilitadoras que fundamentam a I4.0, embora, não obstante já se utilizem de forma pontual de algumas tecnologias habilitadoras aderentes no âmbito dos Setores de AIG.

No que tange aos desafios que precisarão ser enfrentados para alavancar o nível de utilização das tecnologias habilitadoras da I4.0 no processo de auditoria governamental nas esferas federal, estadual e municipal, identificou-se que o conhecimento sobre as tecnologias habilitadoras por parte dos profissionais que atuam nestes setores públicos ainda está incipiente e precisando ser solidificado, embora já constata-se uma tímida

utilização de tecnologias habilitadoras aderentes no âmbito dos Setores de AIG, de forma que identificou-se também a existência de uma infraestrutura tecnológica mínima e regular que precisa, entretanto, de incrementos, faltando para o melhor desenvolvimento desses pontos o estabelecimento de um plano de implementação da I4.0 no âmbito organizacional destas instituições públicas para o progresso futuro dos Setores de AIG na utilização das tecnologias habilitadoras da I4.0.

Neste sentido, Valle e Cabral (2022) determinam que o Estado precisa se adaptar às tecnologias nessa nova era disruptiva, objetivando-se instaurar e fortificar uma Administração Pública Digital fundamentado no estabelecimento de uma relação equânime entre instituições públicas e os cidadãos em relação à tecnologia, haja vista que a Administração Pública possui o dever de atualização do serviço público a qual é alcançada por meio de modificações jurídicas e econômicas que possibilitem a inovação das instituições públicas diante dessas situações disruptivas.

Corroborando esse entendimento, aponta-se ainda que a Constituição da República Federativa do Brasil que é a lei máxima de nosso país e de observância obrigatória pela Administração Pública, aborda em seu Art. 39, § 7º que todas as esferas de governo, seja federal, estadual ou municipal deve disciplinar a aplicação de recursos orçamentários visando o treinamento e desenvolvimento, a modernização, o reaparelhamento e a racionalização do serviço público (BRASIL, 1988, Art. 39):

Art. 39, § 7º Lei da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios disciplinará a aplicação de recursos orçamentários provenientes da economia com despesas correntes em cada órgão, autarquia e fundação, para aplicação no desenvolvimento de programas de qualidade e produtividade, treinamento e desenvolvimento, modernização, reaparelhamento e racionalização do serviço público, inclusive sob a forma de adicional ou prêmio de produtividade.

Ressalta-se que o nível 1 – Iniciante no qual os setores de AIG deste estudo foram inseridos traz como uma de suas características a existência de iniciativas para estabelecimento de plano de implementação da I4.0, ocorre que na análise geral de mensuração esta iniciativa não foi observada, embora as demais características do nível 1 – Iniciante foram preenchidas.

Deste modo, verifica-se que a estipulação de plano de implementação instituído pela Alta Gestão da Administração Pública poderia fortalecer as oportunidades identificadas e sanar os desafios que foram encontrados para uma inserção tecnológica satisfatória dos setores de AIG frente esta 4ª Revolução Industrial.

Frisa-se que Pinto (2011) aborda que na atividade de auditoria as tecnologias trazem uma perspectiva de oportunidade, apresentando um novo modelo de auditoria denominada de auditoria contínua que pode melhorar a qualidade do controle interno e potencializar a agregação de valor à instituição, deste modo a atividade de auditoria deve se adaptar a esse novo ambiente tecnológico visando aproveitar as possibilidades de desenvolvimento nessa era do digital e do eletrônico que exigem que haja a disponibilidade da informação em tempo útil para que o Auditor possa prestar seus serviços a tempo para promover os controles necessários e agregar valor à instituição.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Objetivo geral desta pesquisa foi avaliar o nível de utilização das tecnologias habilitadoras da I4.0 no processo de auditoria governamental nas esferas federal, estadual e municipal visando o desenvolvimento desta atividade no atual cenário de I4.0.

Os resultados do estudo demonstram por meio de uma avaliação das percepções dos Auditores Internos da Administração Pública que a inserção tecnológica e o nível de utilização das tecnologias habilitadoras sob os critérios de diversas vertentes de mensuração encontra-se em um estágio inicial frente à I4.0.

Nesta perspectiva, os objetivos específicos da pesquisa foram contemplados por meio do levantamento de documentos disponíveis nos sítios eletrônicos de cada unidade de Auditoria referentes aos anos de 2019, 2020, 2021 e 2022, objetivando-se identificar as tecnologias habilitadoras aderentes aos trabalhos desenvolvidos no âmbito de Auditoria Interna na Administração Pública, quanto à mensuração do nível de inserção tecnológica do setor de AIG frente à I4.0 elaborou-se um questionário semiestruturado juntamente com um modelo de categorização temática de mensuração tecnológica balizado na revisão da literatura, na identificação das tecnologias habilitadoras aderentes e em modelos de mensuração de maturidade e prontidão direcionados para a I4.0.

Por meio da análise documental não foi possível identificar menções específicas de utilização de tecnologias habilitadoras nas atividades de auditoria, porém verificou-se uma modernização nos recursos tecnológicos no âmbito dos Setores de AIGs por meio de adesão de plataformas e sistemas, identificou-se uma digitalização dos trabalhos de auditoria e diagnosticou-se restrições no âmbito dos setores de Auditoria que poderiam ser melhorados e otimizados por meio do emprego das tecnologias aderentes da I4.0.

Na identificação das possíveis tecnologias habilitadoras estruturantes da I4.0 aderentes aos Setores de Auditoria Interna Governamental, foi realizada uma conformação das informações documentais colhidas sobre os trabalhos de auditoria, suas restrições apontadas nos documentos dos Setores de Auditoria Interna e a literatura da pesquisa, apontando como resultado para as tecnologias habilitadoras aderentes aos trabalhos desenvolvidos no âmbito das unidades de Auditoria a IoT/IIoT, Computação em Nuvem, *Big Data Analytics*, Inteligência Artificial e Segurança Cibernética, tais

tecnologias foram ratificadas como aderentes durante a coleta dos dados com os Auditores Internos entrevistados que apontaram a utilização, embora de forma tímida, dessas tecnologias em suas atividades.

Os dados para a mensuração do nível de inserção tecnológica foram angariados por meio das entrevistas realizadas com Auditores Chefes dos Setores de Auditoria bem como também foram ouvidos os Auditores Internos mais antigos dos setores objeto da pesquisa.

Como resultado da análise das respostas dos entrevistados os dados foram classificados tematicamente e quantificados através de operações estatísticas simples e após foi verificado em que nível de avaliação de mensuração tecnológica se encontrava a inserção tecnológica do setor de AIG frente à I4.0.

Neste sentido, diagnosticou-se que os setores de AIG se encontram emergidos em um nível iniciante de inserção tecnológica frente a este cenário de I4.0, pois os dados obtidos apontam que 87,3% das respostas dos entrevistados tem a percepção de que a Alta Gestão dá a devida importância aos setores de Auditoria no que tange à tecnologia da informação e comunicação, 66,7% dos Auditores Internos apontam que seus setores apresentam uma digitalização avançada e completa e também 66,7% das respostas apresentadas são no sentido de que o nível de automatização é satisfatório.

Quanto aos profissionais Auditores, os entrevistados são unânimes ao afirmarem que os servidores públicos que executam as atividades de auditoria estão aptos e detêm as habilidades e às competências necessárias e que há aceitação integral por parte dos Auditores lotados nos setores de Auditoria Interna quanto à adoção de novas tecnologias, além disso 66,7% tem a convicção de que o grau de conhecimentos tecnológicos dos profissionais é satisfatório.

Na perspectiva dos desafios que impedem os setores de AIG de estar num nível inserção tecnológica mais avançado, têm-se os dados apresentando em 66,7% das respostas que os Auditores Internos dos setores objeto deste estudo ainda possuem pouco aprofundamento no assunto sobre as tecnologias disruptivas da I4.0, identificou-se apenas tímida utilização dessas tecnologias habilitadoras, de modo que a tecnologia habilitadora mais utilizada entre os setores de Auditoria é o Armazenamento em Nuvem a qual teve uma incidência de 40% sobre as respostas prestadas pelos Auditores, em seguida identificou-se a Segurança Cibernética com 30% de incidência, seguida do *Big Data* com

apenas 10%, quanto aos investimentos 33,3% dos Auditores Internos tem a visão de que os investimentos em tecnologias direcionado aos Setores de Auditoria só estão ocorrendo de forma isolada e angariados de forma unilateral por parte dos esforços engendrados pelo próprio Setor de Auditoria Interna sem a participação da Alta Gestão, outros 33,3% afirmam que os investimentos em tecnologias direcionado aos Setores de Auditoria encontram-se limitados ao planejamento e à disponibilidade orçamentária, além disso 66,7% das respostas direcionam que não há plano formalizado que vise a implantação tecnológica no âmbito da instituição.

Assim sendo, aponta-se como limitação a esta pesquisa a ausência de documentos públicos que identificassem a inserção e utilização de tecnologias habilitadoras nas atividades de auditoria interna no âmbito dos setores de auditoria investigados. Além disso, para que haja o fortalecimento das oportunidades identificadas e o saneamento dos desafios diagnosticados, recomenda-se como trabalhos futuros a realização de estudos que visem a construção de planos de implementação que busquem direcionar investimentos para a modernização tecnológica da máquina pública e especificamente no âmbito dos processos de AIG, para aquisição ou desenvolvimento de tecnologias inovadoras, para a melhoria da infraestrutura tecnológica, de forma a inserir também a cultura organizacional de conhecimento e aplicação das tecnologias pelos profissionais.

## 6 CONTRIBUIÇÕES

Dentre as principais contribuições advindas da pesquisa, destaca-se aquelas direcionadas para o âmbito acadêmico, econômico e social.

### 6.1 Contribuições Acadêmicas

Esta pesquisa cooperou com o âmbito acadêmico por meio da geração de resultados oriundos da aplicação de conhecimentos correlatos à engenharia de produção no que tange ao tema contemporâneo de I4.0 e suas tecnologias emergentes quando do seu estudo voltado para setores de instituições públicas, especificamente em setores de auditoria interna que são estruturas responsáveis pela defesa institucional e controle interno.

### 6.2 Contribuições Econômicas

Na vertente das contribuições econômicas, ressalta-se que esta pesquisa teve como objeto de estudo setores da Administração Governamental a qual pauta-se pelos princípios da atualidade, eficiência e economicidade com vistas a atingir sua finalidade da forma mais produtiva possível, com menos custos e maior qualidade, indo ao encontro dos conceitos de I4.0 a qual objetiva justamente a eficiência, economicidade, agilidade e interoperabilidade nos processos produtivos e de serviços com vistas à satisfação do cliente e à prosperidade dos negócios bem como a modernização dos empreendimentos por meio de suas tecnologias habilitadoras.

Especialmente quanto aos setores de AIG cuja responsabilidade reside em proteger a coisa pública contra irregularidades e desvios nas atividades organizacionais, contribuindo para que a instituição alcance sua missão, tornou-se necessário verificar em qual nível tecnológico essas unidades públicas estão inseridas neste contexto de I4.0 com vistas a gerar maior produção em sua atividade finalística, pois quanto mais ágil for a produção do setor de Auditoria, sem que com isso se perca a qualidade dos relatórios de auditoria, mais protegido estará as atividades públicas, o patrimônio público e o os recursos fornecidos pela sociedade para o desempenho das *res* pública, gerando assim ganhos econômicos para a instituição.

### 6.3 Contribuições Sociais

Sob o aspecto da contribuição social, esta residiu no fato de que a sociedade integra esta 4ª Revolução Industrial acompanhando as mudanças disruptivas que a I4.0 vem promovendo no âmbito das indústrias e negócios privados, de forma que os cidadãos enquanto detentores de direitos esperam que os serviços públicos sejam e estejam permeados por esta nova revolução, sendo relevante para coletividade conhecer do nível de imersão tecnológica em que se encontra as estruturas governamentais, em especial as estruturas de auditoria interna da máquina pública que atuam como ferramentas de apoio da sociedade no que tange à defesa da *res pública*.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, Marcus Vinícius Gomes. Segurança e Interoperabilidade na Indústria 4.0. In: Workshop de Pesquisa Tecnologia E Inovação (PTI), 4.; **Simpósio Internacional de Inovação e Tecnologia (SIINTEC)**, 2., 2018, Salvador. Anais [...]. Salvador: Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC, 2020. p. 1-12.
- ABRUCIO, F. L. **O impacto do modelo gerencial na Administração Pública**: um breve estudo sobre a experiência internacional recente. Brasília, DF: Fundação Escola Nacional de Administração Pública-ENAP, 1997. Disponível em: [https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/556/1/O\\_impacto\\_do\\_modelo\\_gerencial\\_na\\_Administracao\\_Publica.pdf](https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/556/1/O_impacto_do_modelo_gerencial_na_Administracao_Publica.pdf). Acessado em: 30 jun. 2022.
- ALBUQUERQUE, Bruno Marques; DA SILVA, Fernanda Cláudia Araújo; DE SOUSA, Thanderson Pereira. A era eletrônica da administração pública federal. **Revista Vianna Sapiens**, v. 8, n. 2, p. 19-19, 2017.
- ALCÁCER, Vitor *et al.* Industry 4.0 maturity follow-up inside an internal value chain: a case study. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, p. 1-12, 2022.
- ALCÁCER, Vitor; CRUZ-MACHADO, Virgilio. Scanning the industry 4.0: A literature review on technologies for manufacturing systems. **Engineering science and technology, an international journal**, v. 22, n. 3, p. 899-919, 2019.
- ALMEIDA, P. S. D. **Indústria 4.0**. São Paulo: Editora Érica, 2019. E-book. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.saraivaeducacao.com.br/epub/629788?title=Ind%C3%BAstri%C3%A1%204.0>>. Acessado em: 30 jun. 2022.
- AMARAL, Afonso; PEÇAS, Paulo. A framework for assessing manufacturing SMEs Industry 4.0 maturity. **Applied Sciences**, v. 11, n. 13, p. 6127, 2021.
- ANDULKAR, Mayur; LE, Duc Tho; BERGER, Ulrich. A multi-case study on Industry 4.0 for SME's in Brandenburg, Germany. In: **Proceedings of the 51st Hawaii international conference on system sciences**. 2018.
- ANI, Uchenna P. Daniel; HE, Hongmei; TIWARI, Ashutosh. Review of cybersecurity issues in industrial critical infrastructure: manufacturing in perspective. **Journal of Cyber Security Technology**, v. 1, n. 1, p. 32-74, 2017.
- ARRUDA, D. G.; BARRETTO, P. H. T.; ARAÚJO, I. D. P. S. **Auditoria Contábil**. São Paulo: Saraiva, 2007. E-book. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.saraivaeducacao.com.br/epub/583749?title=AUDITORIA%20CONT%C3%81BIL>>. Acesso em: 30 jun. 2022.
- ASSIS, Maria Cristina de. Metodologia do trabalho científico. **São Paulo: Atlas**, 2009.
- ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. The internet of things: A survey. **Computer networks**, v. 54, n. 15, p. 2787-2805, 2010.
- BARBOSA, W. L. **Análise de estudos sobre aplicações e desafios da implementação de big data na Administração Pública**. 2017. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação). Universidade de Uberaba, Uberaba, 2017. Disponível em: <http://dspace.uniube.br:8080/jspui/handle/123456789/439>. Acesso

em: 30 jun. 2022.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Tradução Luís Antero Reto, Augusto Pinheiro. 1ª ed. São Paulo: Almedina Brasil, 2016.

BATISTA, D. G. **Manual de Controle e Auditoria**. São Paulo: Saraiva, 2011. E-book. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.saraivaeducacao.com.br/epub/600234?title=MANUAL%20DE%20CONTROLE%20E%20AUDITORIA>>. Acesso em: 30 jun. 2022.

BECKER, Jörg *et al.* Developing maturity models for IT management: A procedure model and its application. **Business & Information Systems Engineering**, v. 1, p. 213-222, 2009.

BENIAS, Nikos; MARKOPOULOS, Angelos P. A review on the readiness level and cyber-security challenges in Industry 4.0. In: **2017 South Eastern European Design Automation, Computer Engineering, Computer Networks and Social Media Conference (SEEDA-CECNSM)**. IEEE, 2017. p. 1-5.

BIARD, Gabrielle; NOUR, Georges Abdul. Industry 4.0 Contribution to Asset Management in the Electrical Industry. **Sustainability**, v. 13, n. 18, p. 10369, 2021.

BIRKEL, Hendrik S. *et al.* Development of a risk framework for Industry 4.0 in the context of sustainability for established manufacturers. **Sustainability**, v. 11, n. 2, p. 384, 2019.

BITTENCOURT, Luiz F. *et al.* Scheduling in distributed systems: A cloud computing perspective. **Computer science review**, v. 30, p. 31-54, 2018.

BONILLA, Silvia H. *et al.* Industry 4.0 and sustainability implications: A scenario-based analysis of the impacts and challenges. **Sustainability**, v. 10, n. 10, p. 3740, 2018.

BORTOLINI, Marco *et al.* Assembly system design in the Industry 4.0 era: a general framework. **IFAC-PapersOnLine**, v. 50, n. 1, p. 5700-5705, 2017.

BOYES, Hugh *et al.* The industrial internet of things (IIoT): An analysis framework. **Computers in industry**, v. 101, p. 1-12, 2018.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidente da República, [2022]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm) . Acesso em 05 maio 2023.

BRASIL. Advocacia Geral da União. **AGU aperfeiçoa Sistema de Inteligência Jurídica e lança Sapiens 2.0**. Brasília, DF: Advocacia Geral da União, 04 dez. 2020. Disponível em <<https://www.gov.br/agu/pt-br/comunicacao/noticias/agu-aperfeicoa-sistema-de-inteligencia-juridica-e-lanca-sapiens-2.0>>. Acessado em: 19 de maio de 2020.

BRASIL. **Decreto nº 10.996, de 14 de março de 2022**. Altera o Decreto nº 10.332, de 28 de abril de 2020, que institui a Estratégia de Governo Digital para o período de 2020 a 2022, no âmbito dos órgãos e das entidades da administração pública federal direta, autárquica e fundacional. Brasília, DF: Presidente da República, 2022. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2022/Decreto/D10996.htm#art1](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/Decreto/D10996.htm#art1)>. Acessado em: 16 de maio de 2022.

BRASIL. **Estratégia de Governança Digital**: Transformação Digital – cidadania e governo. Brasília: Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão, Secretaria de

Tecnologia da Informação e Comunicação, 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/governodigital/pt-br/estrategia-de-governanca-digital/revisaodaestrategiadegovernancadigital20162019.pdf>>. Acessado em 16 de maio de 2022.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 3, de 9 de junho de 2017**. Aprova o Referencial Técnico da Atividade de Auditoria Interna Governamental do Poder Executivo Federal. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 jun. 2017. Disponível em: <[https://ufu.br/sites/ufu.br/files/media/documento/in\\_cgu\\_03\\_2017\\_alterada.pdf](https://ufu.br/sites/ufu.br/files/media/documento/in_cgu_03_2017_alterada.pdf)>. Acessado em: 29 de maio de 2022.

BRASIL. Ministério da Economia. **Do eletrônico ao digital**. Brasília, DF: Ministério da Economia, 30 de abr. de 2020. Disponível em: <<https://www.gov.br/governodigital/pt-br/estrategia-de-governanca-digital/do-eletronico-ao-digital>>. Acessado em: 19 de maio de 2020.

BRASIL. **Normas Brasileiras de Contabilidade, NBC TI 01**, de 21 de novembro de 2003. Dispõe da auditoria interna. Conselho Federal de Contabilidade (CFC). Disponível em: <<https://cfc.org.br/tecnica/normas-brasileiras-de-contabilidade/nbc-ti-de-auditoria-interna/>>. Acessado em: 29 de maio de 2022.

BRASIL. **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012**. Aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Brasília: Ministério da Saúde, Conselho Nacional de Saúde, 2012. Disponível em: <<https://conselho.saude.gov.br/resolucoes/2012/Reso466.pdf>>. Acessado em: 25 jun. 2022.

BREGA, José Fernando Ferreira. **Governo eletrônico e direito administrativo**. 2012. 336f. Tese (Doutorado em Direito) - Faculdade de Direito, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012. Disponível em: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/2/2134/tde-06062013-154559/publico/TESE\\_FINAL\\_Jose\\_Fernando\\_Ferreira\\_Brega.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/2/2134/tde-06062013-154559/publico/TESE_FINAL_Jose_Fernando_Ferreira_Brega.pdf). Acessado em: 05 de abr. 2023.

BÜCHI, Giacomo; CUGNO, Monica; CASTAGNOLI, Rebecca. Smart factory performance and Industry 4.0. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 150, p. 119790, 2020.

BUENO, Paulo Henrique Mendonça. **Avaliação das estruturas de segurança cibernética: um estudo sobre a distribuição de artigos publicados**. 2021. 54f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Administração) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/28937>. Acesso em: 10 abr. 2023.

BUENO, Ricardo Luiz Pereira; DE BRELÀZ, Gabriela; SALINAS, Natasha Schmitt Caccia. Administração pública brasileira no século 21: seis grandes desafios. **Revista do Serviço Público**, v. 67, p. 7-28, 2016.

BUER, Sven-Vegard; STRANDHAGEN, Jan Ola; CHAN, Felix TS. The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda. **International journal of production research**, v. 56, n. 8, p. 2924-2940, 2018.

BUYA, Rajkumar *et al.* Cloud computing and emerging IT platforms: Vision, hype, and reality for delivering computing as the 5th utility. **Future Generation computer systems**, v. 25, n. 6, p. 599-616, 2009.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA 4.0. **Plano de Ação da Câmara Brasileira da Indústria 4.0 do Brasil 2019-2022**. Brasília: 2018. Disponível em: <[https://www.gov.br/economia/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/arquivos/camara\\_i40\\_plano\\_de\\_acaooversao\\_finalrevisada.pdf](https://www.gov.br/economia/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/arquivos/camara_i40_plano_de_acaooversao_finalrevisada.pdf)>. Acessado em: 07 de maio de 2022.

CAMPELO, G. S. B. Administração pública no Brasil: ciclos entre patrimonialismo, burocracia e gerencialismo, uma simbiose de modelos. **Ciência & Trópico**, [S. l.], v. 34, n. 2, 2013. Disponível em: <https://fundaj.emnuvens.com.br/CIC/article/view/871>. Acesso em: 28 jun. 2022.

CARVALHAL, F. L. DE S. **Auditoria interna governamental: análise dos indicadores gerenciais das universidades federais brasileiras**. 2020. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Contábeis). Universidade de Brasília, Brasília, 2020. Disponível em: [https://www.bdm.unb.br/bitstream/10483/28918/1/2020\\_FernandoLuisDeSousaCarvalho\\_tcc.pdf](https://www.bdm.unb.br/bitstream/10483/28918/1/2020_FernandoLuisDeSousaCarvalho_tcc.pdf). Acessado em: 30 jun. 2022.

CHACÓN, Jennifer Isabel Arroyo. Auditoria governamental e tipos de serviços de auditoria prestados pela equipe de auditoria governamental. **Revista Contabilidade e Controladoria**, v. 7, n. 2, 2015.

CHANG, Jinke *et al.* Advanced material strategies for next-generation additive manufacturing. **Materials**, v. 11, n. 1, p. 166, 2018.

CHEN, Shanzhi *et al.* A vision of IoT: Applications, challenges, and opportunities with china perspective. **IEEE Internet of Things journal**, v. 1, n. 4, p. 349-359, 2014.

CHEN, Yubao. Integrated and intelligent manufacturing: perspectives and enablers. **Engineering**. 2017; 3 (5): 588–595. doi: 10.1016. **J. ENG**, v. 9, 2017.

CHOI, Kanghoon; CHUNG, Sang-Hwa. Enhanced time-slotted channel hopping scheduling with quick setup time for industrial Internet of Things networks. **International Journal of Distributed Sensor Networks**, v. 13, n. 6, p. 1550147717713629, 2017.

CHONG, Li; RAMAKRISHNA, Seeram; SINGH, Sunpreet. A review of digital manufacturing-based hybrid additive manufacturing processes. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 95, n. 5, p. 2281-2300, 2018.

CIOFFI, Raffaele *et al.* Artificial intelligence and machine learning applications in smart production: Progress, trends, and directions. **Sustainability**, v. 12, n. 2, p. 492, 2020.

CNI - CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Desafios para a indústria 4.0 no Brasil**. Brasília: CNI, 2016. Disponível em: <https://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2016/8/desafios-para-industria-40-no-brasil/>. Acesso em 20 de abr. de 2022.

COELHO, Celine Ramos. **A Importância da Inovação para a Administração Pública Contemporânea: Estudo Sobre Propostas Inovadoras Adotadas e Difundidas no Âmbito da Advocacia Geral da União do Brasil**. 2020. 95 f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública) - Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas, Universidade

de Lisboa, Portugal. 2020. Disponível em: <https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/20424/1/TRABALHO%20FINAL%20A%20IMPORTANCIA%20DA%20INOVACAO%20PARA%20ADMINISTRACAO%20PUBLICA%20CONTEMPORANEA%20ESTUDO%20SOBRE%20PROPOSTAS%20INOVADORAS%20ADOTADAS%20E%20DIFUNDIDAS%20NO%20AMBITO%20DA%20ADVOCACIA%20GERAL%20DA%20UNIAO%20DO%20BRASIL.pdf>. Acesso em 20 de abr. de 2023.

CONWAY, John. The Industrial Internet of Things: an evolution to a smart manufacturing enterprise. **Schneider Electric**, 2016.

COSTA, Carla Sofia Marques da. **Os reflexos da automatização da Administração Pública na sua responsabilidade**. 2020. 61f. Dissertação (Mestrado em Direito) - Faculdade de Direito, Universidade Católica Portuguesa, Lisboa, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ucp.pt/handle/10400.14/37651>. Acesso em: 18 abr. 2023.

COSTA, Frederico Lustosa da. Brasil: 200 anos de Estado; 200 anos de administração pública; 200 anos de reformas. **Revista de Administração Pública**, v. 42, n. 5, p. 829-874, 2008.

COSTA, Marcos Bemquerer; BASTOS, Patrícia Reis Leitão. Alice, Monica, Adele, Sofia, Carina e Ágata: o uso da inteligência artificial pelo Tribunal de Contas da União. Controle Externo: **Revista do Tribunal de Contas do Estado de Goiás**, Belo Horizonte, ano 2, n. 3, p. 11-34, jan./jun. 2020.

COUTINHO, Marcelo James Vasconcelos. Administração pública RSP voltada para o cidadão: quadro teórico-conceitual. **Serviço Público**. Ano 51, Número 3, jul./set.2000.

CRISTÓVAM, José Sérgio da Silva; SAIKALI, Lucas Bossoni; SOUSA, Thanderson Pereira de. Governo digital na implementação de serviços públicos para a concretização de direitos sociais no Brasil. **Sequência (Florianópolis)**, p. 209-242, 2020.

CUNHA, Patrícia do Prado. **Normas de auditoria interna previstas pela CGU e TCU: um estudo sobre o cumprimento das normas pelas universidades federais de Minas Gerais**. 2019. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Contábeis). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/25696/3/NormasAuditoriaInterna.pdf>. Acessador em: 30 jun. 2022.

DA SILVA MARTINS, Fabiano Battemarco; PIMENTEL, Patricia Guedes; DA NOBREGA, Marcelo de Jesus Rodrigues. A relevância da pesquisa científica e produção acadêmica no ensino superior dos cursos de engenharia. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 21180-21192, 2019.

DAI, Jun; VASARHELYI, Miklos A. Imagineering Audit 4.0. **Journal of Emerging Technologies in Accounting**, v. 13, n. 1, p. 1-15, 2016.

DAUDT, G.; WILLCOX, L. D. Reflexões críticas a partir das experiências dos Estados Unidos e da Alemanha em manufatura avançada. **BNDES Setorial**, n. 44, p. 41-45, 2016. Disponível em: [https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9936/2/BS%2044%20Reflex%20cr%20e%20adticas%20a%20partir%20das%20experi%20aancias%20dos%20EUA%20e%20da%20Alemanha%20em%20manufatura%20avancada\\_P\\_BD.pdf](https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/9936/2/BS%2044%20Reflex%20cr%20e%20adticas%20a%20partir%20das%20experi%20aancias%20dos%20EUA%20e%20da%20Alemanha%20em%20manufatura%20avancada_P_BD.pdf). Acesso em: 30 jun. 2022.

DAVE, Jaydev. **Industrial Internet of Things**. [S.l], 2017. Disponível em: <[https://medium.com/@jaydev\\_21091/industrial-internet-of-things-74a4ffb44679](https://medium.com/@jaydev_21091/industrial-internet-of-things-74a4ffb44679)>. Acesso em 23 de abril de 2022.

DE ARAUJO, Valter Shuenquener; ZULLO, Bruno Almeida; TORRES, Maurílio. Big data, algoritmos e inteligência artificial na administração pública: reflexões para a sua utilização em um ambiente democrático. **A&C-Revista de Direito Administrativo & Constitucional**, v. 20, n. 80, p. 241-261, 2020.

DE AZAMBUJA, Antonio João Gonçalves; ALMEIDA, Vilson Rosa. Um estudo bibliométrico das publicações sobre Segurança Cibernética na Indústria 4.0. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 3, p. 4210312937e-4210312937e, 2021.

DE FREITAS, M<sup>a</sup> Cristina Penido **Estratégias Nacionais Para a indústria 4.0**. [S.l.: s.n.] 2018. Disponível em: <[https://www.iedi.org.br/artigos/top/estudos\\_industria/20180705\\_estrategias\\_nacionais\\_para\\_a\\_industria\\_4\\_0.html](https://www.iedi.org.br/artigos/top/estudos_industria/20180705_estrategias_nacionais_para_a_industria_4_0.html)>. Acesso em: 05 maio de 2022.

DE OLIVEIRA SILVA, Ricardo Junior *et al.* Metodologia de pesquisa para engenharias. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 48726-48733, 2020.

DE OLIVEIRA, Maxwell Ferreira. Metodologia científica: um manual para a realização de pesquisas em Administração. **Universidade Federal de Goiás. Catalão–GO**, 2011.

DE SOUZA SANTOS, Matheus Henrique. Aspectos da Governança Digital da Administração Pública Federal do Brasil sob a luz das orientações da OCDE. **Revista Tempo do Mundo**, n. 25, p. 331-356, 2021.

DIAS, Thiago Ferreira; SANO, Hironobu; MEDEIROS, Marcos Fernando Machado de. **Inovação e tecnologias da comunicação e informação na administração pública**. 2019. Disponível em: <<https://repositorio.enap.gov.br/handle/1/4284>>. Acesso em: 20 abril de 2022.

DO AMARAL AIRES, Regina Wundrack; MOREIRA, Fernanda Kempner; DE SÁ FREIRE, Patricia. Indústria 4.0: competências requeridas aos profissionais da quarta revolução industrial. In: **Anais do Congresso Internacional de Conhecimento e Inovação–ciki**. 2017.

DOBRA, Andreea. General classification of robots. Size criteria. In: **2014 23rd International Conference on Robotics in Alpe-Adria-Danube Region (RAAD)**. IEEE, 2014. p. 1-6.

DOS SANTOS, Bruno Jesus. **Controle inteligente embarcado para Dispositivos de Assistência Ventricular ( DAVs )**. 2020. 76 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Engenharia Mecânica na área de Bioengenharia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/339943334\\_CONTROLE\\_INTELIGENTE\\_E\\_EMBARCADO\\_PARA\\_DISPOSITIVOS\\_DE\\_ASSISTENCIA\\_VENTRICULAR\\_INTELLIGENT\\_CONTROL\\_EMBEDDED\\_FOR\\_VENTRICULAR\\_ASSISTANCE\\_DEVICES](https://www.researchgate.net/publication/339943334_CONTROLE_INTELIGENTE_E_EMBARCADO_PARA_DISPOSITIVOS_DE_ASSISTENCIA_VENTRICULAR_INTELLIGENT_CONTROL_EMBEDDED_FOR_VENTRICULAR_ASSISTANCE_DEVICES) . Acesso em: 30 jun. 2022.

DOS SANTOS, Rafaela Soares; VIANNA LORDELO, S. A. Internet of Things, Big Data and Simulation as a Competitive Advantage in the New Age of Industry 4.0. In: **Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering & Operations Management, Toronto, ON, Canada**. 2019. p. 23-25.

DTTL - Deloitte Touche Tohmatsu Limited. **Global manufacturing competitiveness index: report**. London: Deloitte Touche, 2016. Disponível em: <<https://www2.deloitte.com/global/en/pages/manufacturing/articles/global-manufacturing-competitiveness-index.html>>. Acesso em: 20 abril 2022.

EDITORIAL ENGIPRINTERS. **Impressão 3D x Usinagem CNC: Qual é o melhor para prototipagem?**. São Paulo: 2020. Disponível em: <<https://engiprinters.com.br/impressao-3d-x-usinagem-cnc-qual-e-o-melhor-para-prototipagem/>>. Acesso em: 01 maio de 2022.

ELHABASHY, Ahmad E. *et al.* A cyber-physical attack taxonomy for production systems: a quality control perspective. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 30, n. 6, p. 2489-2504, 2019.

FACCHINI, Francesco; DIGIESI, Salvatore; PINTO, Luiz Fernando Rodrigues. Implementação de I4.0 tecnologias em sistemas de produção: oportunidades e limites na transformação digital. **Procedia Computer Science**, v. 200, p. 1705-1714, 2022.

FERNANDES, Gilberto Lourenço. Transformação Digital e Quarta Revolução Industrial: Impactos Sociais e Econômicos. **Revista LIFT papers**, v. 2, n. 2, 2019.

FLAMINI, Marta; NALDI, Maurizio. Maturity of Industry 4.0: A Systematic Literature Review of Assessment Campaigns. **Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity**, v. 8, n. 1, p. 51, 2022.

FLEURY, Maria Tereza Leme; DA COSTA WERLANG, Sergio Ribeiro. Pesquisa aplicada: conceitos e abordagens. **Anuário de Pesquisa 2016-2017**, p. 10–15, 2017. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/apgvpesquisa/issue/view/4030/1982>. Acessado em: 30 jun. 2022.

FONTENELE, Léya Lima. **Análise das práticas de auditoria interna governamental de uma autarquia federal**. 2021. 81 f. Monografia (Graduação em Gestão de Políticas Públicas). Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Graduação em Gestão de Políticas Públicas, Fortaleza, 2021. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/58527/3/2021\\_tcc\\_llfontenele.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/58527/3/2021_tcc_llfontenele.pdf). Acesso em: 30 jun. 2022.

FRAGA-LAMAS, Paula *et al.* A review on industrial augmented reality systems for the industry 4.0 shipyard. **Ieee Access**, v. 6, p. 13358-13375, 2018.

FULLER, Aidan *et al.* Digital twin: Enabling technologies, challenges and open research. **IEEE access**, v. 8, p. 108952-108971, 2020.

GAJDZIK, Bożena *et al.* Sustainable Development and Industry 4.0: A Bibliometric Analysis Identifying Key Scientific Problems of the Sustainable Industry 4.0. **Energies**, v. 13, n. 16, p. 4254, 2020.

GELATTI, Alice Reichembach; DE SOUZA, Rebeca Lírio; DA SILVA, Rosane Leal. Poder Público, TIC e E-GOV: uma análise acerca do uso das novas tecnologias na administração pública. In: **Congresso Internacional De Direito E Contemporaneidade, 3º., Congresso Iberoamericano De Investigadores E Docentes De Direito E Informática**. 2015.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. (org.). **Métodos de pesquisa**. Porto Alegre: Editora

da UFRGS, 2009.

GRAZZIA, Antonio Roberto; GIACON, Fabiana Peixoto; FONTES, Kentilin Modesto. **Metodologia Científica Gestão Projetos**. São Paulo: Editora Érica, 2017. E-book. Disponível em: <<https://bibliotecadigital.saraivaeducacao.com.br/epub/649418?title=METODOLOGIA%20CIENTIFICA%20GESTAO%20PROJETOS>>. Acesso em: 30 jun. 2022.

GUERRA, R. A. T. (org.). **Cadernos Cb Virtual 2**. João Pessoa: Ed. Universitária, 2011. Disponível em: < [http://portal.virtual.ufpb.br/biologia/novo\\_site/Biblioteca/Livro\\_8/3-Disciplina\\_Extra.pdf](http://portal.virtual.ufpb.br/biologia/novo_site/Biblioteca/Livro_8/3-Disciplina_Extra.pdf). >. Acesso em: 20 maio. 2022.

GUIMARÃES, Evandro Silva; BELFO, Fernando Paulo. Modelo de Aceitação e Utilização das Tecnologias de Informação. **Coimbra: ISCAC-Instituto Superior de Contabilidade e Administração de Coimbra**, 2012.

HANNIBAL, Martin; KNIGHT, Gary. Additive manufacturing and the global factory: Disruptive technologies and the location of international business. **International Business Review**, v. 27, n. 6, p. 1116-1127, 2018.

HASSAN, Mahdi; LIU, Dikai. Simultaneous area partitioning and allocation for complete coverage by multiple autonomous industrial robots. **Autonomous Robots**, v. 41, n. 8, p. 1609-1628, 2017.

HE, Hongmei *et al.* The security challenges in the IoT enabled cyber-physical systems and opportunities for evolutionary computing & other computational intelligence. In: **2016 IEEE congress on evolutionary computation (CEC)**. IEEE, 2016. p. 1015-1021.

HERMANN, Mario *et al.* Design principles for Industrie 4.0 scenarios: a literature review. **Technische Universität Dortmund, Dortmund**, v. 45, 2015.

HERMANN, Mario; PENTEK, Tobias; OTTO, Boris. Design principles for industrie 4.0 scenarios. In: **2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS)**. IEEE, 2016. p. 3928-3937.

HILDEBRAND, Rodrigo Otávio Coelho. **A experiência do Tribunal de Contas da União com inteligência artificial**. 2021. 49 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Direito) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/29757> . Acesso em 20 jun. 2022.

HUXTABLE, James; SCHAEFER, Dirk. On Servitization of the Manufacturing Industry in the UK. **Procedia Cirp**, v. 52, p. 46-51, 2016.

IBGC - INSTITUTO BRASILEIRO DE GOVERNANÇA CORPORATIVA. **Auditoria Interna: Aspectos Essenciais para o Conselho de Administração**. Instituto Brasileiro de Governança Corporativa, Instituto dos Auditores Internos do Brasil. São Paulo, SP: IBGC, 2018.

IEL - Instituto Euvaldo Lodi. Núcleo Central. **Síntese dos resultados**. Brasília: IEL/NC, 2018. Disponível em: <[https://www.ie.ufrj.br/images/IE/grupos/GIC/publica%C3%A7%C3%B5es/2019.%20IEL-NC%20et%20al.%2012027\\_sintese\\_voll-2.pdf](https://www.ie.ufrj.br/images/IE/grupos/GIC/publica%C3%A7%C3%B5es/2019.%20IEL-NC%20et%20al.%2012027_sintese_voll-2.pdf)>. Acessado em: 07 de maio de 2022.

IGUMA, Marcio Kawahara. **Big Data Analytics e a evolução das práticas de auditoria interna: um estudo sobre os antecedentes da aceitação e adoção da tecnologia no**

**setor privado brasileiro.** 2020. 173f. Dissertação (Mestrado em Controladoria e Contabilidade) - Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12136/tde-19032020-152236/publico/CorrigidoMarcio.pdf>>. Acesso em: 22 de maio 2022.

IIA - The Institute Of Internal Auditors. **Modelo das três linhas do IIA 2020: Uma atualização das três linhas de defesa.** 2020. Disponível em: <<https://iiabrasil.org.br/korbilload/upl/editorHTML/uploadDireto/20200758glob-th-editorHTML-00000013-20072020131817.pdf>>. Acesso em: 22 maio de 2022.

IIA - The Institute Of Internal Auditors. **Modelo das três linhas do IIA 2020: Uma atualização das três linhas de defesa.** 2020. Disponível em: <<https://iiabrasil.org.br/korbilload/upl/editorHTML/uploadDireto/20200758glob-th-editorHTML-00000013-20072020131817.pdf>>. Acesso em: 22 maio de 2022.

JAVAID, Mohd *et al.* Industry 4.0 technologies and their applications in fighting COVID-19 pandemic. **Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews**, v. 14, n. 4, p. 419-422, 2020.

JIANG, Ruth; KLEER, Robin; PILLER, Frank T. Predicting the future of additive manufacturing: A Delphi study on economic and societal implications of 3D printing for 2030. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 117, p. 84-97, 2017.

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.

KAWAGUCHI, Natsuki. Application of blockchain to supply chain: Flexible blockchain technology. **Procedia Computer Science**, v. 164, p. 143-148, 2019.

KISS, Miklos; BREDA, Gabor; MUHA, Lajos. Information security aspects of Industry 4.0. **Procedia manufacturing**, v. 32, p. 848-855, 2019.

KLERING, Luis Roque; PORSSE, Melody de Campos Soares; GUADAGNIN, Luis Alberto. Novos caminhos da administração pública brasileira. **Análise—Revista de Administração da PUCRS**, v. 21, n. 1, 2010.

KLUMB, Rosangela; HOFFMANN, Micheline Gaia. Inovação no setor público e evolução dos modelos de administração pública: o caso do TRE-SC. **Cadernos Gestão Pública e Cidadania**, v. 21, n. 69, 2016.

KOCH, Paul J. *et al.* A skill-based robot co-worker for industrial maintenance tasks. **Procedia Manufacturing**, v. 11, p. 83-90, 2017.

KUMAR, Mr Shashank *et al.* Applications of industry 4.0 to overcome the COVID-19 operational challenges. **Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews**, v. 14, n. 5, p. 1283-1289, 2020.

KUO, Chu-Chi; SHYU, Joseph Z.; DING, Kun. Industrial revitalization via industry 4.0—A comparative policy analysis among China, Germany and the USA. **Global transitions**, v. 1, p. 3-14, 2019.

LACHENMAIER, Jens F.; LASI, Heiner; KEMPER, Hans-Georg. Simulation of production processes involving cyber-physical systems. **Procedia CIRP**, v. 62, p. 577-582, 2017.

- LASI, Heiner *et al.* Industry 4.0. **Business & information systems engineering**, v. 6, n. 4, p. 239-242, 2014.
- LI, Xiaomin *et al.* A review of industrial wireless networks in the context of industry 4.0. **Wireless networks**, v. 23, n. 1, p. 23-41, 2017.
- LIAO, Yongxin *et al.* The impact of the fourth industrial revolution: a cross-country/region comparison. **Production**, v. 28, 2018.
- LICHTBLAU, K. *et al.* IMPULS, Industry 4.0 readiness. **Impuls-Stiftung des VDMA, Aachen-Kölb**, 2015.
- LIMA, Edilberto Carlos Pontes. **O Tribunal de Contas no século XXI: desafios e perspectivas**. In: LIMA, Edilberto Carlos Pontes (Coord.). **Tribunal de Contas do século XXI**. Belo Horizonte: Fórum, 2019. p. 101-123.
- LUCENA, Felipe Andrade; ROSELINO, José Eduardo; DIEGUES, Antonio Carlos. A Indústria 4.0: uma análise comparativa entre as experiências da Alemanha, EUA, China, Coréia do Sul e Japão. **Geosul**, v. 35, n. 75, p. 113-138, 2020.
- LUTHRA, Sunil; MANGLA, Sachin Kumar. Evaluating challenges to Industry 4.0 initiatives for supply chain sustainability in emerging economies. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 117, p. 168-179, 2018.
- MAGRANI, Eduardo. **A internet das coisas**. Editora FGV, 2018.
- MAI, Jingeng *et al.* Customized production based on distributed 3D printing services in cloud manufacturing. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 84, n. 1, p. 71-83, 2016.
- MAISIRI, Whisper; DARWISH, Hasan; VAN DYK, Liezl. An investigation of industry 4.0 skills requirements. **South African Journal of Industrial Engineering**, v. 30, n. 3, p. 90-105, 2019.
- MANZINI, E. J. Entrevista semi-estruturada: análise de objetivos e de roteiros. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PESQUISA E ESTUDOS QUALITATIVOS, 2004, Bauru. Anais.... Bauru: USC, 2004. v. 1. p. 01-10.
- MARTINS, Gilberto de Andrade; THEÓPHILO, Carlos Renato. Metodologia da Investigação Científica Para Ciências Sociais Aplicadas. 3 Ed [2ª Reimp.]. **São Paulo: Atlas**, 2018.
- MATOS, Jatene da Costa; NOLASCO, Loreci Gottschalk; SILVA, Débora dos Santos. ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA GERENCIAL. **ANAIS DO ENIC**, [S. l.], v. 1, n. 4, 2015. Disponível em: <https://anaisonline.uems.br/index.php/enic/article/view/1628>. Acessado em: 28 jun. 2022.
- MAZUCATO, T. (org.). Metodologia da pesquisa e do trabalho científico. **Penápolis: Funepe**, 2018.
- MEIRA, Mariana Filipa Pinto. **O impacto da Inteligência Artificial na Auditoria**. 2019. 69f. Dissertação (Mestrado em Contabilidade e Controle de Gestão) – Faculdade de Economia, Universidade do Porto, Porto, 2019. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/124519/2/368850.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2023.

MITTAL, Sameer *et al.* Smart manufacturing: Characteristics, technologies and enabling factors. **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture**, v. 233, n. 5, p. 1342-1361, 2019.

MOKTADIR, Md Abdul *et al.* Assessing challenges for implementing Industry 4.0: Implications for process safety and environmental protection. **Process safety and environmental protection**, v. 117, p. 730-741, 2018.

MOREIRA, Lúcia Helena. **Auditoria interna como instrumento de governança pública na dimensão controle: estudo nas universidades federais brasileiras**. 2015. 122f. Dissertação (Mestrado em Administração e Controladoria) - Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015. Disponível em: [https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/27297/1/2015\\_dis\\_lhmoreira.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/27297/1/2015_dis_lhmoreira.pdf). Acesso em: 30 jun. 2022.

MORESI, Eduardo *et al.* Metodologia da pesquisa. **Brasília: Universidade Católica de Brasília**, v. 108, n. 24, p. 5, 2003. Disponível em: <http://www.inf.ufes.br/~pdcosta/ensino/2010-2-metodologia-de-pesquisa/MetodologiaPesquisa-Moresi2003.pdf>. Acesso em: 10 maio 2022.

MOTTA, Paulo Roberto. A modernização da administração pública brasileira nos últimos 40 anos. **Revista de Administração Pública**, v. 41, n. SPE, p. 87-96, 2007.

MOURTZIS, Dimitris; DOUKAS, Michael; BERNIDAKI, Dimitra. Simulation in manufacturing: Review and challenges. **Procedia Cirp**, v. 25, p. 213-229, 2014.

MOURTZIS, Dimitris; ZOGOPOULOS, Vasilios; VLACHOU, E. Augmented reality application to support remote maintenance as a service in the robotics industry. **Procedia Cirp**, v. 63, p. 46-51, 2017.

MÜLLER, Julian Marius; KIEL, Daniel; VOIGT, Kai-Ingo. What drives the implementation of Industry 4.0? The role of opportunities and challenges in the context of sustainability. **Sustainability**, v. 10, n. 1, p. 247, 2018.

MUNOKO, Ivy; BROWN-LIBURD, Helen L.; VASARHELYI, Miklos. The ethical implications of using artificial intelligence in auditing. **Journal of Business Ethics**, v. 167, n. 2, p. 209-234, 2020.

NAGY, Judit *et al.* The role and impact of Industry 4.0 and the internet of things on the business strategy of the value chain—the case of Hungary. **Sustainability**, v. 10, n. 10, p. 3491, 2018.

NASCIMENTO JÚNIOR, Victor Manoel Cortizo; MOURA, Ana Lúcia Neves de. A Administração Pública Brasileira a Caminho de um Governo 4.0. **Congresso Internacional de Administração**, p. 1-16, 2020. Disponível em: [https://admpg.com.br/2020/anais/arquivos/08142020\\_110857\\_5f36a4d17a49c.pdf](https://admpg.com.br/2020/anais/arquivos/08142020_110857_5f36a4d17a49c.pdf). Acessado em: 30 jun. 2022.

NASCIMENTO JÚNIOR, Vitor Manoel Cortizo. Administração Pública Brasileira no novo contexto tecnológico: a caminho de um governo 4.0. **Portal de Trabalhos Acadêmicos, [S. l.]**, v. 7, n. 1, 2022. Disponível em: <https://revistas.faculdedamas.edu.br/index.php/academico/article/view/1918>. Acesso em: 28 jun. 2022.

NEGAHBAN, Ashkan; SMITH, Jeffrey S. Simulation for manufacturing system design and operation: Literature review and analysis. **Journal of manufacturing systems**, v. 33, n. 2, p. 241-261, 2014.

NOURA, Mahda; ATIQUZZAMAN, Mohammed; GAEDKE, Martin. Interoperability in internet of things: Taxonomies and open challenges. **Mobile networks and applications**, v. 24, n. 3, p. 796-809, 2019.

OLÁH, J.; KARMAZIN, G.; PETŐ, K.; POPP, J. Information technology developments of logistics service providers in Hungary. **International Journal of Logistics Research and Applications**, v. 21, n. 3, p. 332-344, 2018.

PACHECO, Fabiana Beal; KLEIN, Amarolinda Zanela; DA ROSA RIGHI, Rodrigo. Modelos de negócio para produtos e serviços baseados em internet das coisas: uma revisão da literatura e oportunidades de pesquisas futuras. **REGE-Revista de Gestão**, v. 23, n. 1, p. 41-51, 2016.

PAIVA, Túlio de. **Celeridade e qualidade no trabalho: a percepção de auditores do Tribunal de Contas da União-TCU**. 2017. 52 f., il. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Administração) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/17568>. Acesso em: 20 de maio 2022.

PALMARINI, Riccardo; ERKOYUNCU, John Ahmet; ROY, Rajkumar. An innovative process to select Augmented Reality (AR) technology for maintenance. **Procedia Cirp**, v. 59, p. 23-28, 2017.

PASCHOU, Theoni *et al.* Competences in digital servitization: A new framework. **2018 XXIII Summer School Francesco Turco**, p. 381-387, 2018.

PEDERSEN, Mikkel Rath *et al.* Robot skills for manufacturing: From concept to industrial deployment. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 37, p. 282-291, 2016.

PEREIRA, A. *et al.* **Metodologia da pesquisa científica**. Santa Maria, RS: UFSM, NTE, 2018.

PEREIRA, Adriano; SIMONETTO, Eugênio de Oliveira. Indústria 4.0: conceitos e perspectivas para o Brasil. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 16, n. 1, 2018.

PEREIRA, Luiz Carlos Bresser. Uma reforma gerencial da administração pública no Brasil. **Revista do Serviço Público**, v. 49, n. 1, p. 5-42, 1998.

PEREIRA, Thales Alessandro Dias; PEIXOTO, Fabiano Hartmann. IA E DEFENSORIA PÚBLICA: potenciais da Inteligência Artificial nas atividades da Defensoria Pública. **Revista de Política Judiciária, Gestão e Administração da Justiça**, v. 6, n. 1, p. 1-18, 2020.

PHUYAL, Sudip; BISTA, Diwakar; BISTA, Rabindra. Desafios, oportunidades e direções futuras da manufatura inteligente: uma revisão do estado da arte. **Futuros Sustentáveis**, v. 2, p. 100023, 2020.

PIĄTKOWSKI, Marcin J. Expectations and challenges in the labour market in the context of industrial revolution 4.0. the agglomeration method-based analysis for Poland and other EU member states. **Sustainability**, v. 12, n. 13, p. 5437, 2020.

PINTO, Fernando Teixeira. Auditoria contínua: um novo paradigma de auditoria. 2011. Disponível em: <https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/4991>. Acesso em 05 maio de 2023.

PINTO, Francisco das Chagas Brandão *et al.* Análise das atividades da auditoria interna no âmbito do Tribunal de Justiça do Estado do Ceará: sob a ótica dos auditores internos. **Revista Controle: Doutrinas e artigos**, v. 10, n. 1, p. 273-300, 2012.

POSADA, Jorge *et al.* Visual computing as a key enabling technology for industrie 4.0 and industrial internet. **IEEE computer graphics and applications**, v. 35, n. 2, p. 26-40, 2015.

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição**. Editora Feevale, 2013.

QIN, Jian; LIU, Ying; GROSVENOR, Roger. A categorical framework of manufacturing for industry 4.0 and beyond. **Procedia cirp**, v. 52, p. 173-178, 2016.

RAJ, Alok *et al.* Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective. **International Journal of Production Economics**, v. 224, p. 107546, 2020.

REIS, Camille Lima. **A participação popular e as novas tecnologias na administração pública brasileira: desafios e perspectivas da participação direta em um mundo conectado**. 2021. 124f. Dissertação (Mestrado em Direito). Faculdade de Direito, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2021. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/jspui/bitstream/123456789/8972/1/A%20participa%c3%a7%e3%a3o%20popular%20e%20as%20%20novas%20tecnologias%20na%20administra%c3%a7%e3%a3o%20p%c3%bablica%20brasileira%20-%20desafios%20e%20perspectivas%20da%20participa%c3%a7%e3%a3o%20direta%20em%20um%20mundo%20conectado.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2022.

REIS, Camille Lima; GOMES, Filipe Lôbo. Governo Digital: Os Impactos Do Covid-19 Na Administração Pública. **Revista Jurídica Luso-Brasileira**, ano 7, n.º 3 2021. Disponível em: [https://www.cidp.pt/revistas/rjlb/2021/3/2021\\_03\\_0381\\_0400.pdf](https://www.cidp.pt/revistas/rjlb/2021/3/2021_03_0381_0400.pdf) . Acesso em: 25 jun. 2022.

REIS, Rodrigo Xavier dos. **A utilização do fenômeno Big Data na Administração Pública: A experiência do PENSA na Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro**. 2015. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (pós-graduação). Escola de Contas e Gestão, programa de pós-Graduação em Gestão Pública e Controle Externo, Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://www.tcerj.tc.br/documents/454798/49753202/Rodrio%20Xavier%20dos%20Reis.pdf> . Acesso em: 10 maio 2022.

RENTZOS, Loukas *et al.* Augmented reality for human-based assembly: using product and process semantics. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 46, n. 15, p. 98-101, 2013.

ROLO, Luís Carlos Pereira. **Sistema de gestão e auditoria fiscal na nuvem**. 2016. 88f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento de Software e Sistemas Interactivos) - Escola Superior de Tecnologia, Instituto Politécnico de Castelo Branco, Portugal, 2016. Disponível em: [https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/4349/1/Tese\\_A.pdf](https://repositorio.ipcb.pt/bitstream/10400.11/4349/1/Tese_A.pdf). Acesso em: 14 abr. 2022.

- ROMERO, E. D.; VIEIRA, C. T. A auditoria como instrumento na gestão pública. **Anais - Encontro Científico De Administração, Economia E Contabilidade**, [S. l.], v. 1, n. 1, 2018. Disponível em: <https://anaisonline.uems.br/index.php/ecaeco/article/view/3253>. Acesso em: 29 jun. 2022.
- RUIZ, Nancy *et al.* An intelligent simulation environment for manufacturing systems. **Computers & industrial engineering**, v. 76, p. 148-168, 2014.
- SANTOS, B. Paiva; CHARRUA-SANTOS, F.; LIMA, T. M. Industry 4.0: an overview. In: **Proceedings of the World Congress on engineering**. London, UK: IAEN, 2018. p. 4-6.
- SANTOS, M. M. D.; LEME, M. O.; JUNIOR, S. L. S. **Indústria 4.0**. São Paulo: Editora Érica, 2018. E-book. Disponível em: <https://bibliotecadigital.saraivaeducacao.com.br/epub/627208?title=Ind%C3%BAstria%204.0>. Acesso em: 30 jun. 2022.
- SANTOS, Reginaldo Carreiro. **Proposta de modelo de avaliação de maturidade da Indústria 4.0**. 2018. 128f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2018. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.26/25346>. Acesso em: 20 abr. 2022.
- SAUCEDO-MARTÍNEZ, Jania Astrid *et al.* Industry 4.0 framework for management and operations: a review. **Journal of ambient intelligence and humanized computing**, v. 9, n. 3, p. 789-801, 2018.
- SCHIEFLER, Eduardo André Carvalho; DA SILVA CRISTÓVAM, José Sérgio; DE SOUSA, Thanderson Pereira. Administração Pública digital e a problemática da desigualdade no acesso à tecnologia. **International Journal of Digital Law**, v. 1, n. 2, p. 97-116, 2020.
- SCHUH, Günther *et al.* Collaboration Mechanisms to increase Productivity in the Context of Industrie 4.0. **Procedia Cirp**, v. 19, p. 51-56, 2014.
- SCHWAB, Klaus. The Fourth Industrial Revolution: what it means, how to respond. **World Economic Forum Website**: 2016. Disponível em: <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/> >. Acesso em 15 de maio de 2022.
- SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho Científico**. 24. ed. São Paulo: Cortez, 2017.
- SEZER, Omer Berat; DOGDU, Erdogan; OZBAYOGLU, Ahmet Murat. Context-aware computing, learning, and big data in internet of things: a survey. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 5, n. 1, p. 1-27, 2017.
- SILVA, Andressa Hennig; FOSSÁ, Maria Ivete Trevisan. Análise de conteúdo: exemplo de aplicação da técnica para análise de dados qualitativos. **Qualitas revista eletrônica**, v. 16, n. 1, 2015.
- SILVA, Joana Filipa Teixeira Jesus. **A profissão de auditoria na indústria 4.0: percepção dos Revisores Oficiais de Contas**. 2021. 123f. Dissertação (Mestrado em Auditoria). Instituto Superior de Contabilidade e Administração do Porto, Politécnico do Porto, Porto, 2021. Disponível em: [https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/19593/1/Joana\\_Silva\\_MA\\_2021.pdf](https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/19593/1/Joana_Silva_MA_2021.pdf) . Acessado em: 30 jun. 2022.

SILVA, José Welliton da; SILVA, **Administração sem papel: uma análise sobre a digitalização de documentos na administração pública.** 2019. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Administração Pública). Centro Universitário Tabosa de Almeida, Caruaru, 2019. Disponível em: <http://repositorio.asc.es.edu.br/bitstream/123456789/2541/1/Artigo%20TCC%20final%20%282%29.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2022.

SILVA, M. V. G.; ROCHA, C. F. Avaliação do Nível de Maturidade da Indústria 4.0: O caso de uma Empresa Estratégica de Defesa. **Future Journal: Future Studies Research Journal Trends and Strategies**, v. 12, n. 1, p. 31-59. São Paulo, 2020.

Silva, Tuany Esthefany Barcellos de Carvalho *et al.* Desafios para implementação da Indústria 4.0 no Brasil, p. 2793-2809. In: **Anais do VIII Simpósio de Engenharia de Produção.** São Paulo: Blucher, 2020. Disponível em: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/viisimep/315842.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2022.

ŚLUSARCZYK, Beata. Industry 4.0: Are we ready?. **Polish Journal of Management Studies**, v. 17, 2018.

SOUSA, Flávio RC; MOREIRA, Leonardo O.; MACHADO, Javam C. Computação em nuvem: Conceitos, tecnologias, aplicações e desafios. **II Escola Regional de Computação Ceará, Maranhão e Piauí (ERCEMAPI)**, p. 150-175, 2009.

SOUSA, Natália Gonçalves de. **A eficácia das unidades de auditoria interna nas universidades federais** brasileiras: análise sobre a percepção de membros da auditoria interna e alta administração. 2019. 93f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis) - Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas, Universidade de Brasília, Brasília, 2019. Disponível em: [https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/38543/1/2019\\_Nat%c3%a1liaGon%c3%a7alvesdeSousa.pdf](https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/38543/1/2019_Nat%c3%a1liaGon%c3%a7alvesdeSousa.pdf). Acesso em: 30 jun. 2022.

STOCK, Tim; SELIGER, Günther. Opportunities of sustainable manufacturing in industry 4.0. **procedia CIRP**, v. 40, p. 536-541, 2016.

SUNG, Tae Kyung. Industry 4.0: a Korea perspective. **Technological forecasting and social change**, v. 132, p. 40-45, 2018.

SYBERFELDT, Anna *et al.* Support systems on the industrial shop-floors of the future—operators' perspective on augmented reality. **Procedia Cirp**, v. 44, p. 108-113, 2016.

SYBERFELDT, Anna *et al.* Visual assembling guidance using augmented reality. **Procedia Manufacturing**, v. 1, p. 98-109, 2015.

TAO, Fei; ZHANG, Meng. Digital twin shop-floor: a new shop-floor paradigm towards smart manufacturing. **Ieee Access**, v. 5, p. 20418-20427, 2017.

THOBEN, Klaus-Dieter; WIESNER, Stefan; WUEST, Thorsten. "Industrie 4.0" and smart manufacturing—a review of research issues and application examples. **International journal of automation technology**, v. 11, n. 1, p. 4-16, 2017.

TUPA, Jiri; SIMOTA, Jan; STEINER, Frantisek. Aspects of risk management implementation for Industry 4.0. **Procedia manufacturing**, v. 11, p. 1223-1230, 2017.

ÜNAL, Cihan; SUNGUR, Cemil; YILDIRIM, Hakan. Application of the Maturity Model in Industrial Corporations. **Sustainability**, v. 14, n. 15, p. 9478, 2022.

- VAIDYA, Saurabh; AMBAD, Prashant; BHOSLE, Santosh. Industry 4.0—a glimpse. **Procedia manufacturing**, v. 20, p. 233-238, 2018.
- VALLE, Vivian Lima López; CABRAL, Rodrigo Maciel. Administração pública digital e a implementação dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. **Revista Eletrônica Direito e Política**, v. 17, n. 1, p. 187-225, 2022.
- VEIGA, Fabíola da Fonte. **A auditoria do futuro**. 2021. 61f. Dissertação (Mestrado em Gestão Aplicada) - Departamento de Marketing, Operações e Gestão Geral, Instituto Universitário de Lisboa, 2021. Disponível em: [https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/24946/1/master\\_fabiola\\_fonte\\_veiga.pdf](https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/24946/1/master_fabiola_fonte_veiga.pdf) . Acesso em: 30 jun. 2022.
- VERMULM, Roberto. **Políticas para o desenvolvimento da indústria 4.0 no Brasil**. [S.l.: s.n.], 2018. Disponível em: <[https://iedi.org.br/media/site/artigos/20180710\\_politicas\\_para\\_o\\_desenvolvimento\\_da\\_industria\\_4\\_0\\_no\\_brasil.pdf](https://iedi.org.br/media/site/artigos/20180710_politicas_para_o_desenvolvimento_da_industria_4_0_no_brasil.pdf) >. Acesso em: 07 maio de 2022.
- VIEIRA, J. G. S. **Metodologia de Pesquisa Científica na Prática**. Curitiba: Editora Fael, 2012.
- WANG, L. L. Comparative research on Germany “industrie 4.0” and “made in China”. In: **2nd International Conference on Humanities and Social Science Research**. 2016. p. 27-30.
- WANG, Shiyong *et al.* Implementing smart factory of industrie 4.0: an outlook. **International journal of distributed sensor networks**, v. 12, n. 1, p. 3159805, 2016.
- WINKELHAUS, Sven; GROSSE, Eric H. Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system. **International Journal of Production Research**, v. 58, n. 1, p. 18-43, 2020.
- YIN, Robert. K. **Estudo de Caso: Planejamento e métodos**. 5ª ed. Bookman Editora, 2015.
- ZHANG, Hao *et al.* A digital twin-based approach for designing and multi-objective optimization of hollow glass production line. **Ieee Access**, v. 5, p. 26901-26911, 2017.
- ZHAO, Run. Exploring a New Lean Operation Model for Chinese Manufacturing Enterprises by Comparing Major “Industry 4.0” Strategies. **Journal of Information and Management**, v. 38, n. 1, p. 54-61, 2018.
- ZHONG, Ray Y. *et al.* Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. **Engineering**, v. 3, n. 5, p. 616-630, 2017.

## APÊNDICE

### **Modelo de roteiro de entrevista semiestruturada aplicada aos Auditores Internos dos Setores de Auditoria Governamental.**

**Objetivo 1:** Identificar as tecnologias habilitadoras aderentes aos trabalhos desenvolvidos no âmbito de Auditoria Interna na Administração Pública;

**1. Qual o seu conhecimento sobre tecnologias habilitadoras da I4.0?**

➤ *Se não tiver conhecimento, explicar sobre as tecnologias para possibilitar a resposta da pergunta 2.*

**2. Como você relaciona a utilização das tecnologias habilitadoras da I4.0 com a atividade de auditoria desenvolvida em seu setor?**

**Objetivo 2:** Mensurar o nível de inserção tecnológica do setor de Auditoria Interna Governamental frente à I.4.0;

**Objetivo 3:** Apontar as oportunidades ou desafios que justificam o nível tecnológico encontrado no âmbito da estrutura de Auditoria Interna Governamental.

**3. Como você avalia o atual nível de digitalização dos processos de auditoria?**

- Por que você identifica o nível de digitalização desta forma?
- Quais os motivos que levam a esta identificação?

**4. Como você descreve o serviço prestado pela atividade de auditoria quanto aos atributos de digitalização e personalização?**

- Quais os motivos que levam você a descrever o serviço de auditoria desta forma?

**5. Você poderia descrever acerca da infraestrutura tecnológica existente para desenvolvimento de suas atividades no setor de auditoria?**

- Quais motivos levam você a identificar a infraestrutura tecnológica desta forma?

6. **Você poderia relatar acerca de normativos (internos e/ou que regem a atividade de auditoria de modo geral) que fundamentam a utilização de tecnologias no âmbito das atividades de auditoria?**

- **Se na resposta identificar a existência de normativos:** na sua opinião como esses normativos contribuem para a digitalização e aperfeiçoamento da infraestrutura tecnológica no seu setor de auditoria?

- **Se na resposta não identificar a existência de normativos:** para você quais seriam as possíveis causas para a falta de regulamentação neste sentido? No seu ponto de vista, quais são as consequências desta falta de regulamentação para o setor de auditoria?

7. **Como você avalia os investimentos em tecnologias digitais direcionados para o seu setor de auditoria?**

- **Se os investimentos forem satisfatórios.** No seu modo de ver, por que você avalia que os investimentos são satisfatórios para atendimento da unidade?

- **Se não forem satisfatórios.** Na sua opinião, quais as causas apontadas para não estar havendo investimento de modo satisfatório em tecnologias digitais para o setor de auditoria? Você poderia relatar mais sobre?

8. **Como você avalia o nível de automatização dos processos no âmbito da auditoria?**

- **Se avaliar em um nível satisfatório.** No seu ponto de vista, como você descreveria a contribuição desta automatização para o fluxo de trabalho, correção de falhas e atingimento dos objetivos estratégicos do setor de auditoria?

- **Se não for satisfatória.** Na sua opinião, quais os obstáculos impedem a automatização? Você poderia relatar mais sobre eles?

9. **Como você avalia o nível de integração entre tecnologia da informação e processos no âmbito do seu setor de auditoria?**

- O que o leva a avaliar a integração desta forma?

10. **Você poderia descrever como está ocorrendo o emprego de recursos tecnológicos como análise de *big data*, computação em nuvem, tecnologias móveis, plataformas digitais, inteligência artificial, nas atividades de auditoria?**

- Em quais atividades/processos você verifica a aplicação dessas tecnologias?

- Na sua opinião, essa aplicação no seu setor está ocorrendo em nível satisfatório tendo em vista o atual necessário tecnológico que se vivencia? Por quê?

11. **Você poderia descrever os procedimentos adotados pelo setor de auditoria no que tange a segurança cibernética?**

12. **Como você avalia o nível de implementação de tecnologias da I4.0 voltado para a sua unidade de auditoria?**

- Você tem conhecimento de algum plano de implementação tecnológica no âmbito da sua instituição e/ou do seu setor?

13. **Na sua opinião, qual a importância dada pela gestão à Tecnologia da Informação e Comunicação no que concerne ao setor de auditoria da instituição?**

14. **No seu ponto de vista, como está a flexibilidade do seu setor frente às mudanças proporcionadas pelas tecnologias da I4.0?**

15. **Na sua opinião, como você descreve sua equipe de auditores quanto às suas habilidades e competências para desenvolverem suas atividades com utilização das tecnologias digitais?**

16. **No seu ponto de vista, qual o grau de atualização do conhecimento dos auditores do seu setor para a utilização de tecnologias digitais no âmbito da I.4.0? (treinamento e qualificação dos auditores para o trabalho digital)**

17. **Na sua opinião, como você descreve a compreensão sobre fluxos, informações, processos e ferramentais (existentes no setor) por parte dos auditores?**

- Para você, quais as causas que levam a essa descrição? Você poderia relatar acerca delas?

18. **Na sua opinião, como você avalia a aceitação por parte dos auditores acerca da adoção de tecnologias digitais?**

- Ao seu modo de ver, quais as causas que levam a essa avaliação?