



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia Industrial 4.0



ALTAIR DE SOUZA VIVEIROS TREVISOL
FELIPE DANIEL BOGADO PEDROSA
KARENINA BERNARDO DA SILVA
PATRICIA FANINI DA ROCHA PEREIRA
RAFHAEL TAVARES LINO
REGINA ALMEIDA MARQUES

**DETECÇÃO DE IRREGULARIDADES NA CIRCULAÇÃO EM ROTAS
DE ÁREAS INDUSTRIAIS POR INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COM
APLICAÇÃO DE CÂMERAS IP E MACHINE LEARNING**

**CURITIBA
2022**

ALTAIR DE SOUZA VIVEIROS TREVISOL
FELIPE DANIEL BOGADO PEDROSA
KARENINA BERNARDO DA SILVA
PATRICIA FANINI DA ROCHA PEREIRA
RAFHAEL TAVARES LINO
REGINA ALMEIDA MARQUES

**DETECÇÃO DE IRREGULARIDADES NA CIRCULAÇÃO EM ROTAS
DE ÁREAS INDUSTRIAIS POR INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL COM
APLICAÇÃO DE CÂMERAS IP E MACHINE LEARNING**

Monografia apresentada como resultado parcial
à obtenção do grau de Especialista em
Engenharia Industrial 4.0. Curso de Pós-
graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia,
Departamento de Engenharia Mecânica,
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Pablo Deivid Valle

**CURITIBA
2022**

RESUMO

Neste trabalho realiza-se um estudo de detecção de irregularidades que podem ocorrer tanto na dinâmica de circulação entre pessoas e veículos, como na presença de resíduos e outros objetos localizados em espaços comuns das áreas industriais.

Utilizando-se da combinação entre câmeras IP, códigos de programação escrito em linguagem Python aplicado ao Aprendizado de Máquinas, que torna possível o desenvolvimento de um Vídeo Analítico, e a integração de Inteligência Artificial com um Sistema de Suporte à Decisões em cada situação, é possível estabelecer um controle e ação eficientes na prevenção de acidentes ou inconformidades, resultantes das tecnologias disponíveis atualmente na Indústria 4.0.

Palavras-chave: Câmeras IP, Python, Aprendizado de Máquinas, Inteligência Artificial, Indústria 4.0.

RESUME

In this work, a study is carried out to detect irregularities that can occur both in the dynamics of circulation between people and vehicles, as well as in the presence of waste and other objects located in common spaces of industrial areas.

Using the combination of IP cameras, a programming code written in Python language applied to Machine Learning, that makes it possible to develop an Analytical Video, and the integration of Artificial Intelligence with a Decision Support System in each situation, it is possible to establish an efficient control and action in the prevention of accidents or non-conformities, resulting from the technologies currently available in Industry 4.0.

Keywords: IP cameras, Python, Machine Learning, Artificial Intelligence, Industry 4.0.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS	14
FIGURA 2 - OS NOVE PILARES DA INDÚSTRIA 4.0.	15
FIGURA 3 – ELEMENTOS DE INSTALAÇÃO DE CÂMERAS ANALÓGICAS	20
FIGURA 4 – ELEMENTOS DE INSTALAÇÃO DE UMA ÚNICA CÂMERA IP	21
FIGURA 5 – ELEMENTOS DE INSTALAÇÃO DE VÁRIAS CÂMERAS IP	21
FIGURA 6 – TIPOS DE CÂMERAS IP	24
FIGURA 7 – THRESHOLDING POR OPENCV	25
FIGURA 8 – EXEMPLO DE DETECÇÃO DE VEÍCULOS E PESSOAS.....	26
FIGURA 9 – DETECÇÃO DE FAIXAS DE PEDESTRES, PESSOAS E VEÍCULOS	26
FIGURA 10 – DETECÇÃO DE FAIXAS DE PEDESTRES, PESSOAS E VEÍCULOS	26
FIGURA 11 – CENÁRIO DE EXEMPLO	28
FIGURA 12 – CÓDIGO INICIAL DE IMPORTAÇÃO DA BIBLIOTECA E DO VÍDEO.....	29
FIGURA 13 – CÓDIGO DE APLICAÇÃO E VISUALIZAÇÃO DA MASK.....	29
FIGURA 14 – VISUALIZAÇÃO DO CENÁRIO EM MODO MASK.....	29
FIGURA 15 – CÓDIGO DE APLICAÇÃO E VISUALIZAÇÃO DA MASK.....	30
FIGURA 16 – CONTORNOS INICIAIS DA DETECÇÃO DAS FRAMES	30
FIGURA 17 – COMANDOS PARA OS CONTORNOS DA FRAME	30
FIGURA 18 – CONTORNOS DA FRAME APÓS COMANDOS DE AJUSTE	31
FIGURA 19 – LINHA DE CÓDIGO PARA EXIBIÇÃO DA ROI	31
FIGURA 20 – RETÂNGULO VERDE DE DELIMITAÇÃO DA ROI	31
FIGURA 21 – DETECÇÃO DE FRAMES APÓS DELIMITAÇÃO DA ROI	32
FIGURA 22 – AJUSTE DE DETECÇÃO PARA OBJETOS MÓVEIS	32
FIGURA 23 – COMPARAÇÃO DE DETECÇÃO ENTRE MASK E FRAME (MOTOS)	32
FIGURA 24 – COMPARAÇÃO DE DETECÇÃO ENTRE MASK E FRAME (CARROS)	33
FIGURA 25 – AJUSTE DE EIXOS PARA FRAME RETANGULAR.....	33
FIGURA 26 – COMPARAÇÃO DE DETECÇÃO RETANGULAR MASK E FRAME (COM SOMBRA).....	33

FIGURA 27 – COMPARAÇÃO DE DETECÇÃO RETANGULAR MASK E FRAME (SEM SOMBRA).....	34
FIGURA 28 – GAMA DE DADOS	35
FIGURA 29 – CÓDIGO PYTHON COMPLETO DO OBJECT DETECTION E TRACKING	35
FIGURA 30 – UTILIDADES DO DSS.....	36
FIGURA 31 – VANTAGENS X DESVANTAGENS DO USO DO DSS	37
FIGURA 32 – ROTA DE CIRCULAÇÃO EXEMPLO 1	39
FIGURA 33 – ROTA DE CIRCULAÇÃO DO EXEMPLO 1 COM IRREGULARIDADES	40
FIGURA 34 – ROTA DE CIRCULAÇÃO EXEMPLO 2	40
FIGURA 35 – ROTA DE CIRCULAÇÃO EXEMPLO 2 COM IRREGULARIDADES	41
FIGURA 36 – TÍTULO DO CASE METAMORPHOSIS	42
FIGURA 37 – TRATAMENTO DOS DADOS	43
FIGURA 38 – EXTRAINDO INFORMAÇÕES DOS DADOS	43
FIGURA 39 – SISTEMAS DE CONTROLE DE UMA SMART CITY.....	44
FIGURA 40 – ESTUDO DE DADOS DE UM VIADUTO.....	45
FIGURA 41 – FERRAMENTA DE BUSINESS INTELLIGENCE (QUERY).....	45
FIGURA 42 – INSPEÇÃO FEITA POR DRONE	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AI – Artificial Intelligence

AV – Audio Visual

CFTV – Circuito Fechado de Televisão

CPS – Cyber Physical System

DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol

DNS – Domain Name System

DVR – Digital Video Recorder

DSS – Decision Support System

IDE – Integrated Development Environment

IDLE – Integrated Development and Learning Environment

IOT – Internet Of Things

IA – Inteligência Artificial

IP – Internet Protocol

ML – Machine Learning

NVR – Network Video Recorder

P2P – Peer-to-peer

PTZ – Pan-Tilt-Zoom

ROI – Region Of Interest

CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	9
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	10
1.3. JUSTIFICATIVA.....	11
1.4. HIPÓTESE.....	12
1.5. OBJETIVO	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. A INDÚSTRIA 4.0	13
2.1.1. Robôs autônomos	15
2.1.2. Manufatura aditiva	15
2.1.3. Internet das Coisas.....	16
2.1.4. Segurança Cibernética	16
2.1.5. Simulação.....	16
2.1.6. <i>Big Data Analytics</i>	16
2.1.7. Sistemas integrados	16
2.1.8. Computação na nuvem.....	17
2.1.9. Realidade aumentada.....	17
2.2. INDÚSTRIA 5.0 – COMO SERÁ A TECNOLOGIA FUTURA?	17
2.2.1. Inteligência de dados.....	18
2.2.2. Mobilidade	19
2.2.3. Infraestrutura	19
2.2.4. Fintechs.....	19
2.3. O FUNCIONAMENTO DE CÂMERAS	19
2.3.1. Câmeras analógicas	19
2.3.2. Câmeras IP.....	20
2.4. O CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO	22
2.4.1. A linguagem <i>Python</i>	22
2.4.2. A biblioteca <i>OpenCV</i>	22
2.4.3. A interface <i>Pycharm</i>	22
3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL.....	23
3.1. MATERIAIS E MÉTODOS	23
3.1.1. Câmeras IP.....	23
3.1.2. <i>Thresholding</i>	24

3.1.3. Vídeos Analíticos com <i>Machine Learning</i>	25
3.1.3.1. Exemplos de Vídeos Analíticos	25
3.1.3.2. <i>Object Detection</i> x <i>Object tracking</i>	27
3.1.3.2.1. <i>Object Detection</i>	28
3.1.3.2.1.1. Cenário de exemplo	28
3.1.3.2.1.2. Início da construção do código em Python	28
3.1.3.2.1.3. Aplicação de uma <i>mask</i> no cenário	29
3.1.3.2.1.4. Criação dos contornos na <i>frame</i>	30
3.1.3.2.1.5. Definição da <i>ROI</i>	31
3.1.3.2.1.6. Desenho retangular ao redor do objeto	33
3.1.3.2.2. <i>Object tracking</i>	34
3.1.3.2.2.1. Código final completo para o <i>Object Detection</i> e <i>Tracking</i>	35
3.1.4. <i>Decision Support System</i> (DSS).....	36
3.1.5. Vídeos Analíticos com tomada de decisão	37
3.1.5.1. <i>Motion tracking</i>	38
3.1.5.2. <i>Vigilância e segurança patrimonial por Vídeo</i>	38
3.2. PROJETOS PARA REFERÊNCIA	38
3.2.1. Case Empresa X (Ramo Agrícola).....	38
3.2.2. Case Metamorphosis da Stylux Brasil	41
4. ANÁLISES E DISCUSSÕES	46
5. CONCLUSÕES	47
5.1. Sugestões de trabalhos futuros.....	47
5.1.1. Detecção automática de objetos novos pelo <i>Machine Learning</i>	48
5.1.2. Aplicação de Deep Learning.....	48
5.1.3. Realidade Aumentada	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49

1. INTRODUÇÃO

Ao longo de nossa vida, em várias situações que vivemos no cotidiano surge a necessidade de executar uma solução para cada questão, e no caso de não existir algo já feito antes, torna-se necessário elaborar um método para conseguir resolver e seguir adiante. Esses métodos na maioria dos casos envolve a utilização de materiais, sejam recursos naturais ou produzidos a partir dos mesmos. Atualmente nossa civilização conta com grandes estruturas urbanas, onde muitas soluções já pré-elaboradas estão de fácil acesso, ao ponto de não precisarmos fazer muita coisa para dar fim a algum problema. Por exemplo: no cenário atual de pandemia, com muitas pessoas trabalhando em suas casas, as vezes não temos o tempo nem os recursos para cozinhar uma refeição. E para resolver isso, a pessoa pode simplesmente pegar o seu celular, abrir um aplicativo, selecionar o alimento e o método de pagamento, que em minutos o pedido chega no endereço.

Isso é possível graças aos avanços tecnológicos resultantes dos estudos e aplicações de várias décadas, conhecidas como Revoluções Industriais.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Com os avanços tecnológicos ao longo da evolução na utilização de materiais, passaram-se diversas revoluções industriais que impulsionaram a capacidade de produzir e a habilidade de utilizar máquinas e equipamentos. Estes avanços resultaram em mudanças tanto na eficiência e velocidade de fabricação de produtos no mercado, como na maneira de se comunicar e de conviver em sociedade. Ao mesmo tempo, em paralelo, com este aumento na facilidade da produção e aquisição de produtos, houve a crescente construção de cidades e migração dos povos para as áreas urbanas, consequentemente havendo cada vez menos habitação em áreas rurais. Estes eventos ocorrem até hoje e ocasionam o acúmulo de materiais no ambiente que, devido a sua grande quantidade, resulta na falha no controle de resíduos descartáveis e dos espaços ocupados pelos materiais.

Em termos de tecnologia, atualmente falamos da Indústria 4.0, que por sua vez, as máquinas se comunicam entre si com ajuda de códigos programados e a instalação de sistemas de Inteligência Artificial, capazes de verificar o problema e elaborar soluções por conta própria com a ajuda de outras aplicações, tais como a extração e remanejo de dados com o *Big Data*, a análise de padrões e similaridades de situações

com o aprendizado de máquinas, mais conhecido como *Machine Learning*, e processos oriundos da comunicação entre objetos físicos e sistemas de automatização com IOT (*Internet of Things*).

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Para as indústrias garantirem seus processos produtivos, estas necessitam de *layouts* físicos bem definidos onde todas as áreas de comunicação realizam-se através de um fluxo contínuo de veículos, pessoas, equipamentos e materiais, circulando por ambientes comuns que são as vias que interligam todas as etapas do processo de produção. O estudo de caso, identificou oportunidades de melhorias nestes espaços comuns, pois além do uso fim que é o trânsito, percebeu-se uma prática recorrente de não conformidades, com abandono de matérias de produtos acabados, carrinhos entre outros materiais, perdendo o objetivo principal que é a circulação somente de pessoas e veículos, tornando-se um lugar de estoque, causando-se transtornos, riscos de acidentes além de perdas financeiras para o processo.

Em processos de armazenamentos e ou estoques independente de tipo de material ou grandezas de volumes utiliza-se áreas demarcadas, sinalizadas para facilitar o manuseio logístico, no referido trabalho trata-se de armazenamentos de equipamentos de grande porte tipo cabines de tratores e máquinas agrícolas, tal disposição segue um ordenamento previamente planejado pela área de logística, atualmente o controle deste espaço é realizado pelos operadores que trabalham no processo e também pela área de vigilância patrimonial através de inspeção visual, que constantemente realiza rotas de inspeção detectando algumas irregularidades que podem gerar acidentes por má organização e até mesmo desvios de materiais, uma vez detectada esta não conformidade é comunicado ao área responsável pelo ocorrido, as ações sempre são corretivas.

A falha no controle dos espaços e resíduos como comentado anteriormente, é resolvida até então com processos simples, porém manuais. Sendo utilizadas as percepções físicas do indivíduo através de sua verificação visual, detecção de possíveis problemas, comunicação com as áreas responsáveis para a solução do problema e posteriormente estabelecer o monitoramento presencial.

1.3. JUSTIFICATIVA

A indústria elimina resíduos por vários processos e todo processo industrial está caracterizado pelo uso de insumos (matérias-primas, água, energia etc.) que, submetidos a uma transformação, dão lugar a produtos, subprodutos e resíduos. Alguns produtos, principalmente os sólidos, são amontoados em depósitos ou até mesmo em sua grande maioria em lugares não apropriados dentro das áreas fabris, tais como, ruas, pátios e sobre áreas de grama ou não pavimentadas, que são áreas “improdutivas” do ponto de vista logístico.

Do ponto de vista ambiental segundo a NBR 12.235/92, a “Contenção temporária de resíduos, em área autorizada pelo órgão de controle ambiental, à espera de reciclagem, recuperação, tratamento ou disposição final adequada, desde que atenda às condições básicas de segurança.” Estes princípios básicos de armazenagem evitam o acúmulo e disposição de resíduos em locais impróprios para tal finalidade, de modo que se evite por exemplo a contaminação de solo por resíduos contaminantes e danosos a saúde humana, já que o local inadequado não se tem o preparo correto caso ocorra o transbordamento ou tombamento do recipiente destinado a alocação do resíduo.

Outro ponto que merece ser enfatizado é o impacto da organização em um ambiente de trabalho. Locais em que existe grande circulação nas indústrias, que não há uma lógica para o armazenamento e que a organização em geral não é prezada geralmente tendem a ser ambientes mais suscetíveis a ocorrer acidentes. Uma caixa no lugar errado, uma peça fora do seu local de armazenagem sem demarcação, veículos estacionados em lugares impróprios, estes são alguns exemplos comuns de situações que geram risco grande de acidentes dentro das indústrias.

São pontos que devem ser vistos como críticos e tratados com a devida prioridade assim como os processos produtivos, uma vez que um processo otimizado está ligado diretamente a segurança dos colaboradores e organização da área produtiva bem como de movimentações logísticas, além da prevenção de perdas que envolvam a produtividade diretamente como, iluminação fabril, segurança corporativa, manutenções corretivas/preventivas em equipamentos e sistemas prediais básicos etc.

A implantação de tecnologias atualizadas permite que processos sejam acionados de forma automatizada, sem participação direta ou circulação do operador em áreas da fábrica e, assim, garantindo mais segurança ao processo seja ele qual for, é o que temos no presente em implementações tecnológicas sendo possíveis graças a

indústria 4.0 que permite automatizar os processos, registrar, armazenar dados e usá-los para determinada função pré-estabelecida, trazendo segurança e produtividade para os negócios.

Considerando sistemas mais seguros, produtivos e otimizados é de extrema relevância a implementação de sistemas tecnológicos que possibilitem a integração de processos sejam eles diretamente produtivos ou complementares e de suma importância para que haja um processo seguro e com a produtividade esperada.

Seguindo essa linha, o presente trabalho tomou como base a necessidade premente das empresas gerenciarem as armazenagens de seus resíduos em locais corretos e o controle da segurança, tendo como parâmetro a prevenção de acidentes se armazenado itens produtivos, peças, resíduos. Outro ponto é também a prevenção de perdas em situações não conformes que serão tratadas e resolvidas a partir do sistema neste trabalho discutido.

1.4. HIPÓTESE

Os meios de controles utilizados atualmente (Inspeção Visual por rotas) resultam em números expressivos de economia, com recuperação de U\$ 9.000,00/mês e média de U\$110.000,00/ano, o que sinaliza uma grande oportunidade de economia, com a implantação de um sistema de controle mais automatizado, com utilização de um sistema de iluminação pública com tomadas de 7 pinos com drive preparado para telegestão, acoplado com câmeras de monitoramento, todos estes pontos (Luminárias, e câmeras IP interligadas por P2P, dará informações visuais em tempo real, e com a utilização de uma plataforma de IOT poderá gerar eventos de não conformidade conforme critérios pré-estabelecidos, gerando informações em tempo real para uma sala de comando e para um sistema mobile, para o tomador de decisão, desta maneira agindo de forma preventiva antes da ocorrência da anomalia, evitando acidentes e gerando economia, estamos falando do mesmo conceito de Smart City, com aplicação em uma área monitorada de armazenamento, que pode gerar os seguintes eventos: detecção de pessoas não autorizadas no ambiente através do reconhecimento facial, detecção de armazenamento por controle de cores, identificação automáticas de um material armazenado fora do local correto, detecção de movimentos por mapeamento de calor, entre outras possibilidades possíveis com a utilização dos periféricos corretos e a inteligência artificial.

1.5. OBJETIVO

Controlar e monitorar irregularidades na circulação de espaços nas áreas industriais, recebendo alertas de não conformidades automatizados com a utilização de câmeras IP e a integração de *Machine Learning* e Inteligência Artificial.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nas próximas subseções detalham-se os conceitos da Indústria 4.0 e seus métodos tecnológicos existentes, aplicáveis ao estudo deste trabalho. Na sequência apresentam-se as evoluções estimadas para a Indústria 5.0. E finalmente explicam-se de maneira resumida as ferramentas de programação que serão de grande utilidade para a digitalização das atividades discutidas neste trabalho.

2.1. A INDÚSTRIA 4.0

A Quarta revolução industrial, também conhecida como Indústria 4.0, levou a integração de sistema ciber-físicos, unindo o mundo real e o mundo virtual, interagindo juntamente com sistemas físicos, digitais e biológicos, além de possibilitar a produção personalizada em massa. (SCHWAB, 2016)

A Indústria 4.0 vai além de tecnologias inovadoras que são nela empregadas e do mercado de trabalho industrial. Sendo que o grande ponto que diferencia as empresas no mundo dos negócios é a gestão de conhecimentos e a capacitação dos seus colaboradores para essa nova era de processos produtivos.

O mundo mudou, e junto com ele também mudou a dimensão do trabalho, que evoluiu com os sistemas de produção industriais, exigindo que os trabalhadores também se adaptassem a essa onda de inovação, migrando do até então, trabalho manual para o trabalho intelectual.

Quais são os desafios que essa nova era de conhecimento aguarda? Quais são os maiores dilemas que ainda incessantemente buscamos esclarecer e indagar? De que forma podemos contribuir para os avanços científicos produzidos nessa área?

Caminhando por entre as diferentes Revoluções Industriais, podemos destacar:

A Primeira Revolução Industrial ocorreu na metade do Século XVIII até a metade do Século XIX (1760 – 1840), e foi marcada pela introdução da máquina a

vapor, que usava posteriormente, o vapor por ela produzido para produzir força motriz e mecanizar a produção que antes era essencialmente artesanal.

A Segunda Revolução Industrial foi marcada pelo advento da energia elétrica, a produção em massa e a criação dos conceitos de linhas de produção com Henry Ford, e ocorreu entre a metade do Século XIX até a primeira metade do Século XX.

A Terceira Revolução Industrial aconteceu na segunda metade do Século XX (por volta do ano de 1960) e teve como traço característico a implementação e uso de componentes eletrônicos e tecnologia que permitiram a automação dos processos produtivos. (DELOITTE, 2014; MCKINSEY, 2016; SCHWAB, 2016).

A Quarta Revolução Industrial, também denominada Indústria 4.0, com fábricas inteligentes e conceitos de manufatura avançada, teve seu início na primeira década do Século XXI (2011) e se distingue pela digitalização da produção que possibilitou a customização em massa, sensores e componentes cada vez menores e mais potentes e a inteligência artificial, com mudanças profundas da forma de produção e consumo, desencadeando novos modelos de negócio, incentivando a competitividade e inovação por parte dos grandes “players” desse segmento no mercado. (DELOITTE, 2014; MCKINSEY, 2016; SCHWAB, 2016).

Na figura 1 abaixo, pode-se ver um quadro de resumo da evolução do sistema de educação corporativa e das revoluções industriais:

FIGURA 1 - REVOLUÇÕES INDUSTRIAIS

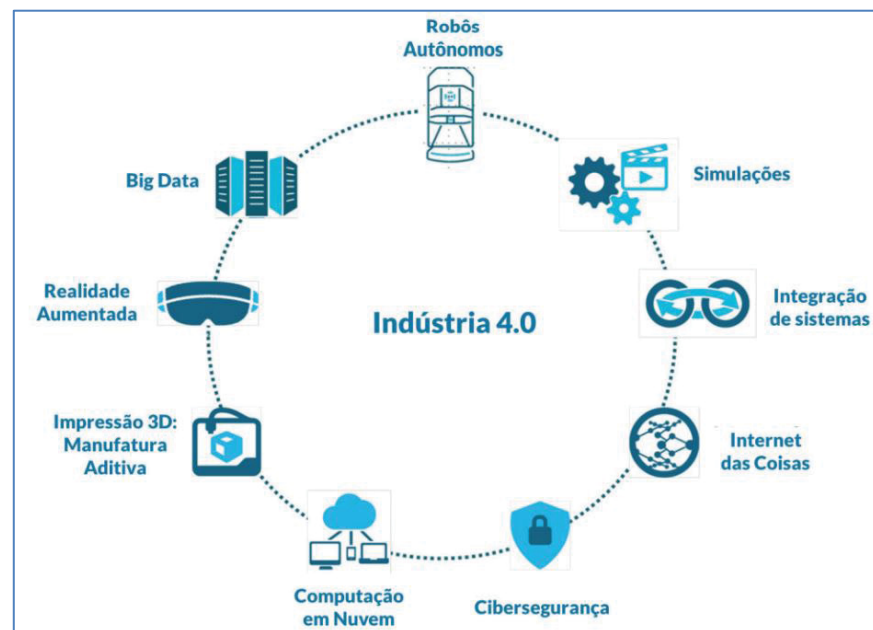
Revolução Industrial	Período	Características da Educação Corporativa
Primeira Revolução Industrial	Iniciou na segunda metade do século XVIII. Ocorreu entre 1760 a 1840.	Preocupação com a universalização do ensino. Divisão social da educação, a elite recebia educação superior para gerenciar as empresas e a massa recebia educação técnica para realizar operações repetitivas.
Segunda Revolução Industrial	Iniciou no século XIX e avançou a primeira metade do século XX.	Educação fundamentada no raciocínio, valores éticos e acumulação do conhecimento de forma organizada.
Terceira Revolução Industrial	Iniciou na década de 1960 (segunda metade do século XX) e avançou até a década de 1990.	Estabelece um caráter social excludente e a educação passa a ser um pré-requisito para o cidadão sob três dimensões: produção, consumo e vida social. Desenvolvimento de pessoas (trabalhadores) com autonomia, iniciativa e dinamismo. Valorização do autodesenvolvimento e aprendizado contínuo.
Quarta Revolução Industrial	Iniciou na primeira década do século XXI, na década de 2000.	Surgem as redes de aprendizagem para aprendizagem em rede. Exigência de conhecimentos de nível superior, além de técnicos e tecnológicos mais sofisticados. Desenvolvimento de programas de desenvolvimento humano para a inovação – geração de ideias, colaboração, compartilhamento, coprodução. Avanço da gestão do conhecimento e do capital intelectual. Surge a necessidade de desenvolvimento de novas competências nos trabalhadores. Surgimento de novas profissões.

FONTE: AIRES, KEMPNER-MOREIRA E FREIRE (2017)

Especialistas da atualidade frequentemente adotam o termo “Internet of Things”, que significa internet das coisas (tradução livre), pois considera-se que a o ambiente da indústria 4.0 tenha quatro aspectos, sendo eles: a internet das coisas, a internet de serviços, a internet de dados e a internet de pessoas (ARKTIS, 2015).

A fim de garantir a sua funcionalidade, algumas ferramentas são exigidas, criando assim, os nove pilares da Revolução 4.0, conforme a figura 2, sendo:

FIGURA 2 - OS NOVE PILARES DA INDÚSTRIA 4.0.



FONTE: EMBALAGEM MARCA, 2017.

2.1.1. Robôs autônomos

A robótica tem expandido suas aplicações, tornando-se, a cada dia, mais popular na manufatura em todos os segmentos, pois reduz custos de trabalho e problemas associados à permanência de seres humanos em ambientes inóspitos ou insalubres. O uso de automação e robótica varia desde simples operações de transporte até robôs multieixos com sistemas de visão integrados e capacidade de adaptação em tempo real (FORESIGHT, 2013);

2.1.2. Manufatura aditiva

A revolução da manufatura ocorrerá por meio da integração de sensores em rede, conectando produtos aos processos e à Internet. Os fluxos de dados dos produtos permitirão a criação de novos serviços, a gestão autônoma de estoques pelo sistema, o autodiagnóstico de defeitos e a autocorreção antes que as falhas ocorram, além de minimizarem o consumo de energia. Sensores são conversores que medem

quantidades físicas e as convertem em sinais que podem ser lidos por um observador ou por um instrumento eletrônico (MAKINEN, 2007).

2.1.3. Internet das Coisas

É a rede de objetos físicos, sistemas, plataformas e aplicativos com tecnologia embarcada para comunicar, sentir ou interagir com ambientes internos e externos. Permite que as «coisas interajam umas com outras e que tomada de decisões sejam feitas. A internet das coisas é à base da Indústria 4.0 (HERMANN, PENTEK, OTTO, 2015)

2.1.4. Segurança Cibernética

Com o aumento da conectividade e uso de protocolos de comunicação padrão que vem com a Indústria 4.0, a necessidade de proteger os sistemas industriais críticos e linhas de fabricação de ameaças de segurança cibernética, aumentam drasticamente. Durante o ano passado, vários fornecedores industriais de equipamentos uniram forças com empresas de segurança cibernética através de parcerias ou aquisições (RÜBMANN et al., 2015).

2.1.5. Simulação

A alta fidelidade dos modelos de simulação é um passo à frente na possibilidade de compras pela Internet. É um aspecto relevante porque os investimentos são altos e a tolerância com os erros é baixa. Conceitos de máquinas, roupas e fábricas virtuais estão surgindo em projetos como o das minifábricas (HENG, 2014).

2.1.6. *Big Data Analytics*

Na manufatura, o Big Data, ou seja, a capacidade de armazenamento e tratamento de um volume muito grande de informações, deverá otimizar o design, a produção e os ciclos de produtos, ao mesmo tempo que minimiza o uso de recursos. Vibrações de motores, joules consumidos, cliques dados por um usuário de CAD, todos os dados identificados e mensuráveis e imagináveis poderão ser traduzidos e transformados em informações úteis e inteligentes. O Big Data produzirá sensível mudança na forma como a manufatura lida com o consumidor (FORESIGHT, 2013).

2.1.7. Sistemas integrados

A maioria dos sistemas de TI de hoje não são totalmente integrados. Com a Indústria 4.0, empresas, departamentos e funções se tornarão muito mais coesas,

permitindo que as cadeias de valor sejam verdadeiramente automatizadas. A plataforma, AirDesign, serve como um espaço de trabalho comum para o projeto e colaboração de fabricação, e está disponível como um serviço em uma nuvem privada (RÜBMANN et al., 2015).

2.1.8. Computação na nuvem

A computação em nuvem permite que pequenas e médias empresas possam fazer uso de tics sem precisar ter em sua equipe profissionais especializados. A nuvem consiste em máquinas virtuais on-demand acopladas a serviços de software capazes de entregar ampla gama de serviços de maneira confiável e segura para múltiplos dispositivos, garantindo a computação móvel (FORESIGHT, 2013).

2.1.9. Realidade aumentada

Sistemas de realidade argumentativa suportam uma variedade de serviços, como a seleção de peças em um armazém e envio de instruções de reparação através de dispositivos móveis. Estes sistemas fornecerão informações em tempo real para melhorar a tomada de decisões e procedimentos de trabalho. Por exemplo, os trabalhadores podem receber um aviso, instruções de reparo e qual o dano assim que o sistema real necessitar de reparo (RÜBMANN et al., 2015). A consolidação de todos os pilares será um elemento principal para o sucesso do projeto que é a indústria 4.0. Com este padrão, é assegurado as informações entre sistemas e dispositivos, eliminando as restrições de padrões vigentes (SEBRAE, 2016).

2.2. INDÚSTRIA 5.0 – COMO SERÁ A TECNOLOGIA FUTURA?

O que irá mudar da quarta para a quinta revolução, essa é uma questão que vem sendo abordada no mercado, e será detalhada a seguir.

2.2.1. Aplicações Industriais

Hoje presenciamos a era das máquinas inteligentes, equipamentos e objetos conectados uns aos outros através de sistemas ciber-físicos, com algoritmos de aprendizado evoluindo rapidamente, isso devido a sinergia de novas tecnologias como *Machine Learning*, computação cognitiva, IOT, Inteligência Artificial e *Big Data*, entre outros. (EQUIPE SEAL TELECOM, 2021)

E o que vamos encontrar pela frente nessa quinta onda que está surgindo, essa revolução sugere a relação humana trabalhando integrada com as máquinas, ambas

trabalhando em conjunto. Os robôs colaborativos deverão atuar mais lado a lado com os humanos nas linhas de produção. A combinação entre homem e máquina combinará a precisão da automação industrial total com as habilidades críticas e cognitivas dos humanos. (EQUIPE SEAL TELECOM, 2021)

A nova era industrial origina-se do desenvolvimento de tecnologias da indústria 4.0 principalmente das áreas de Tecnologias da Informação e Comunicação, Inteligência Artificial e robótica. Juntas, elas estão levando à criação e a consolidação do que chamamos de CPS (Cyber Physical System ou sistemas ciberfísicos), bem como de dispositivos IOT cada vez mais poderosos. (EQUIPE TOTVS, 2021)

O que marca a indústria 5.0 é a união das máquinas e seres humanos, com o objetivo final de gerar valor agregado a produção, criando produtos personalizados aos clientes conforme suas necessidades. (EQUIPE TOTVS, 2021)

2.2.2. Outras aplicações

Abaixo serão apresentados outros pontos que, quando disponíveis, irão mudar a nossa forma de utilizar as tecnologias e desenvolver novas aplicações na sociedade:

2.2.2.1. Inteligência de dados

As aplicações de *Machine Learning* e inteligência artificial podem ser implementados para fins de inteligência e análise de dados, trazendo melhorias a diversos aspectos da vida, até da área da saúde.

Uma das soluções é utilizar IA para conexão e compartilhamento dos prontuários em todas as redes hospitalares. Ao conectar e compartilhar dados médicos que agora estão dispersos em vários hospitais, torna-se possível oferecer tratamento médico mais eficaz com base em dados.

A inteligência de dados contribui para as estratégias de qualquer empresa que lide com um alto volume de informações, como o mercado financeiro. Com isso, é possível pensar em produtos mais alinhados às necessidades do público e engajar os clientes cada vez mais. (PAZ, 2019)

2.2.2.2. Mobilidade

A existência do transporte público e até mesmo outros meios de locomoção se concentram nas grandes áreas urbanas, ocasionando uma escassez nas áreas menos populosas. Distribuir a logística, utilização de veículos não tripulados e a utilização de drones podem auxiliar na melhor distribuição dos transportes. (PAZ, 2019)

2.2.2.3. *Infraestrutura*

Sensores, IA e robôs serão utilizados para inspecionar e manter estradas, pontes, túneis e represas. Empregando novas tecnologias é possível a identificação de reparos que precisam ser realizados. Com isso, a ocorrência de acidentes inesperados será minimizada, ao mesmo tempo em que se aumenta a segurança e produtividade. (PAZ, 2019)

2.2.2.4. *Fintechs*

Uma das propostas é que as transações não sejam mais feitas com dinheiro, as transferências passam a ser feitas virtualmente e há um grande incentivo em relação as criptomoedas. Isso tudo será possível graças a tecnologia Blockchain. (PAZ, 2019)

As estimativas são que a Indústria 5.0 trará benefícios para inúmeros aspectos da vida, como o aumento da expectativa de vida, cura de doenças, mobilidade personalizada entre outros. A tendência de uma sociedade conectada. Daqui até a chegada da Revolução Industrial 5.0, a tecnologia é e continuará sendo fundamental para aprimorar processos essenciais. (PAZ, 2019)

2.3. O FUNCIONAMENTO DE CÂMERAS

É importante entender o princípio de funcionamento ou as características específicas que cada modelo de câmera possui antes de definir qual modelo de será utilizada no sistema de monitoramento. Nas próximas subseções será apresentado o funcionamento de câmeras do tipo analógica e seguidamente do tipo por conexão IP.

2.3.1. Câmeras analógicas

As câmeras analógicas funcionam em um sistema também analógico. Elas transmitem as imagens através de cabos coaxiais (de 600 a 1080 linhas comumente) até entradas AV. A câmera pode ser ligada diretamente em um monitor, mas, para

gravar o conteúdo capturado é necessário a utilização de um aparelho DVR. (EQUIPE FLEXMEDIA, 2020)

Para esse sistema de monitoramento via câmeras analógicas existe uma restrição ao comprimento máximo entre as câmeras e a central de segurança. Quando a transmissão excede os 100 metros de comprimento é importante a utilização de um conversor de vídeo e de dados seriais. (EQUIPE FLEXMEDIA, 2020)

A tecnologia garante a integridade do sinal até o DVR mantendo a alta definição da entrada no transmissor e na saída do receptor, por meio de fibra óptica. Além disso, o conversor de vídeo e dados seriais, permite utilizar o PTZ da câmera. Onde:

PAN: é a movimentação horizontal (panorâmica) da câmera.

TILT: é a movimentação vertical da câmera.

ZOOM: é a capacidade de aproximar as imagens com o movimento da lente).

A vantagem em usar um conversor por fibra, além de atingir grandes distâncias, a fibra óptica é imune a interferências eletromagnéticas. (EQUIPE FLEXMEDIA, 2020)

A instalação desse sistema com câmeras analógicas fica conforme figura 3.

FIGURA 3 – ELEMENTOS DE INSTALAÇÃO DE CÂMERAS ANALÓGICAS



FONTE: ADAPTADO DE FLEXMEDIA (2020).

2.3.2. Câmeras IP

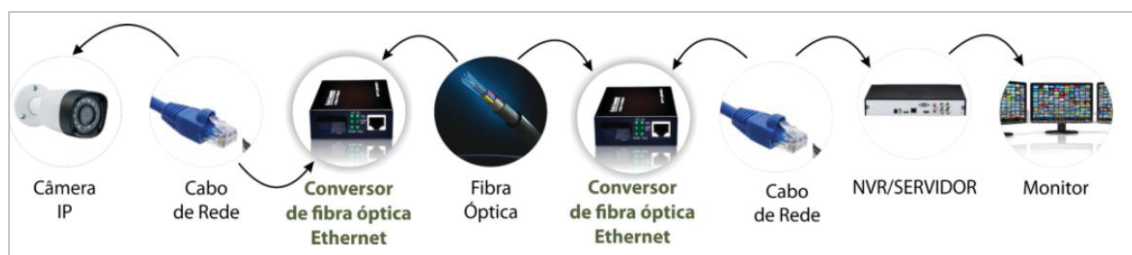
Esse modelo de monitoramento com a utilização da câmera IP permite simplificar os sistemas de segurança, esse sistema é responsável por trafegar os dados. O maior diferencial desse modelo é que elas trabalham com dispositivos de rede, como LAN, Intranet ou Internet, possibilitando a utilização de uma conexão já existente, que facilita muito a instalação, além disso, diminui os gastos de um serviço convencional nesse sentido. (EQUIPE FLEXMEDIA, 2020)

As Câmeras IP apresentam resolução de imagem de altíssima qualidade, conseguem reproduzir fielmente tudo o que captam, ou seja, essa tecnologia impede a perda na transmissão de imagens. Você poderá fazer o gerenciamento das imagens em um aparelho NVR, computador ou até mesmo em nuvem. (EQUIPE FLEXMEDIA, 2020)

Quando sua instalação ultrapassa de 100 metros entre as câmeras e a central de comando, é importante a utilização de um conversor de mídia fibra óptica ethernet, ou um Switch ethernet. (EQUIPE FLEXMEDIA, 2020)

A figura 4 demonstra de forma construtiva o funcionamento de um sistema com apenas uma câmera IP.

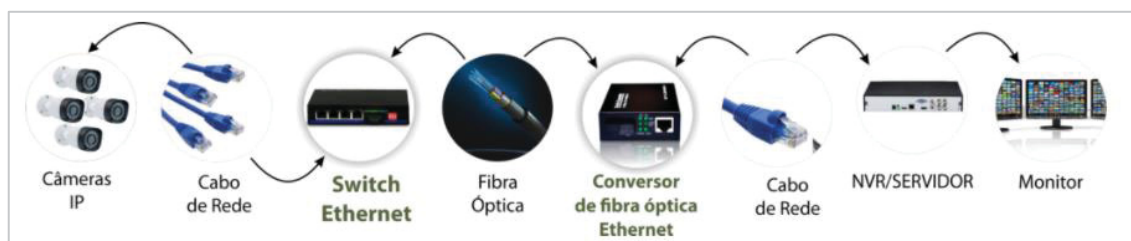
FIGURA 4 – ELEMENTOS DE INSTALAÇÃO DE UMA ÚNICA CÂMERA IP



FONTE: ADAPTADO DE FLEXMEDIA (2020).

Para um sistema com mais de uma câmera IP o funcionamento realiza-se conforme a figura 5.

FIGURA 5 – ELEMENTOS DE INSTALAÇÃO DE VÁRIAS CÂMERAS IP



FONTE: ADAPTADO DE FLEXMEDIA (2020).

Hoje, cada vez mais novidades tecnológicas para o CFTV (circuito fechado de televisão) chegam ao mercado. São câmeras com inteligência artificial, visão noturna, análises em tempo real e muitas outras funcionalidades impressionantes. Porém, naturalmente, esses recursos são mais desenvolvidos para tecnologias IP. (EQUIPE SEGURANÇA ELETRÔNICA, 2018)

A câmera IP funciona com um cabo de rede ou por WI-FI, conectada a um computador, NVR (gravador de vídeo em rede) ou em nuvem, capturando as imagens, transmitindo e armazenando em tempo real.

Uma das vantagens de uma câmera IP é a sua funcionalidade sem a necessidade de um microcomputador no local do monitoramento.

Já a gravação de imagens é realizada nos computadores locais e/ remotamente 24 horas por dia ou somente quando tiver um evento. (EQUIPE GSC, 2021)

2.4. O CÓDIGO DE PROGRAMAÇÃO

2.4.1. A linguagem *Python*

O *Python* é uma linguagem de programação de alto nível, ou seja, com sintaxe mais simplificada e próxima da linguagem humana, utilizada nas mais diversas aplicações, como desktop, web, servidores e ciência de dados. (EQUIPE TECNOBLOG, 2021)

Foi lançado no início da década de 90 pelo programador e matemático holandês Guido Van Rossum. A linguagem foi projetada para dar ênfase no trabalho do desenvolvedor, facilitando a escrita de um código limpo, simples e legível, tanto em aplicações menores quanto em programas mais complexos. (EQUIPE TECNOBLOG, 2021)

A linguagem oferece recursos como tipagem dinâmica e forte (tipo de dado do valor deve ser do mesmo tipo da variável), orientação a objetos, multiparadigmas (programação funcional e imperativa), além de recursos poderosos em biblioteca padrão e via módulos e frameworks desenvolvidos pela comunidade. Seu código é aberto e a utilização é gratuita, rodando em praticamente qualquer sistema operacional. (EQUIPE TECNOBLOG, 2021)

2.4.2. A biblioteca *OpenCV*

O *OpenCV* é uma biblioteca de software de visão computacional e *Machine Learning* de código aberto que foi desenvolvido para fornecer uma infraestrutura comum para aplicativos de visão computacional e acelerar o uso da percepção da máquina nos produtos comerciais. O *OpenCV* é a maior biblioteca do mundo na área de visão computacional, ele possui código aberto, facilitando assim na utilização e alteração do seu código, possuindo uma infraestrutura comum para o desenvolvimento de aplicativos na área da visão computacional e é gratuito para uso comercial (EQUIPE OPENCV, 2020).

2.4.3. A interface *Pycharm*

O *PyCharm* é um IDE (ambiente de desenvolvimento integrado) utilizado para programação e Python, que possui diversos recursos extremamente úteis e que facilitam deveras as tarefas de desenvolvimento de software – principalmente quando comparado com o IDE padrão do Python, o IDLE. (DOS REIS, 2016)

Foi desenvolvido pela empresa tcheca JetBrains, sendo escrito em Java e Python, e está disponível para vários sistemas operacionais, como Windows, Linux e OS X. Existem várias licenças disponíveis para o uso do IDE: Professional Edition, que é paga (porém gratuita para alguns casos específicos), e uma versão gratuita e open source, a Community Edition, distribuída sob licença Apache. Neste tutorial vamos mostrar como baixar e instalar a versão Community. (DOS REIS, 2016)

3. METODOLOGIA E PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Primeiramente serão apresentados os materiais que providenciam a captura das imagens, assim como o monitoramento e controle em tempo real. Seguidamente será detalhado passo a passo o método que fará a distinção de padrões de comportamento através da detecção de objetos visuais e seu trajeto. E finalmente serão referenciados dois cases, sendo o primeiro case de uma indústria do ramo agrícola, (será chamada de Empresa X) que terá dois exemplos de rotas de circulação para a aplicação das tecnologias, e o segundo case de uma empresa de tecnologia chamada Styflux que desenvolve a plataforma Stysmart que cria softwares e análises inteligentes.

3.1. MATERIAIS E MÉTODOS

Para aplicar a detecção visual das pessoas e veículos em uma área de circulação, e poder estabelecer controle, utilizam-se como materiais câmeras que possuem conectividade por IP, e como método utiliza-se o Vídeo Analítico, que se desenvolve com o aprendizado de máquinas, mais conhecido como *Machine Learning*.

3.1.1. Câmeras IP

A aplicação de câmeras para monitoramento são cada vez maiores e em diversas áreas. O mais conhecido e falado é o monitoramento residencial, mas com o avanço da tecnologia e a conectividade podemos dizer que quase tudo hoje pode ser conectado e monitorado.

O uso de câmeras em indústrias também está sendo bem explorado, vai desde o uso para sistema de qualidade do produto em uma linha de produção, onde o sistema de monitoramento através de um algoritmo pode discriminar se o produto está

conforme ou não com o padrão estabelecido. Como também o uso de câmeras para monitoramento de segurança da planta.

Assim como a aplicação para qualidade do produto na linha, as câmeras ip podem identificar em qualquer local da planta qualquer anomalia para o qual o algoritmo foi desenvolvido. Por exemplo a identificação de pessoas em áreas de trânsito de cargas, esse é um local onde exige um sistema de monitoramento extremamente rigoroso para que seja evitado acidentes.

O monitoramento também pode ser para identificar as cargas no pátio da empresa, se estão alocadas nos lugares corretos, caso as mesmas estejam armazenadas de forma incorreta o sistema já reconhece o local e pode enviar um alerta ao gestor da área para que a carga seja removida do local e seja realocado no lugar correto.

Para o monitoramento de área externa o mercado disponibiliza diversos modelos de câmeras com diversas funcionalidades vai de cada área verificar o que ficara mais eficiente para sua aplicação.

Conforme apresentado na figura 6 existem diferenças entre as câmeras IP, que podem ser do tipo *Bullet*, *Dome* ou *Turret*. Escolher entre um destes tipos de câmera IP vai depender muito da situação do ambiente em que você quer instalar o equipamento. Abaixo tem a especificação entre os modelos, isso ajuda na hora de decidir qual modelo será melhor para o sistema de monitoramento.

FIGURA 6 – TIPOS DE CÂMERAS IP

	Bullet	Dome	Turret
Qualidade	Melhor zoom	Mais popular	Pode ser montada na vertical ou horizontal
Imagem	Infravermelho eficiente	Pingos de água podem embaçar imagem	Infravermelho eficiente
Tamanho	Grande em comparação às outras	Proteção contra vandalismo	Mais exposta para o vandalismo

FONTE: ADAPTADO DE FREITAS (2021).

3.1.2. Thresholding

Tratando-se do processamento digital de imagens, um método simples para segmentação de imagens chama-se de Thresholding, que se traduz como

“processamento limiar de imagem”. Este método pode ser utilizado para criar imagens binárias (em branco e preto) a partir de uma escala de cinzas. (SHAPIRO, 2001)

Em outras palavras, pode-se considerar o thresholding como a “binarização” de imagem, que converte da escala de cinzas para binária onde os pixels variam entre 0 e 255. (ROSEBROCK, 2021)

Para este trabalho será utilizado este método durante a aplicação do *Machine Learning* através da linguagem de programação em Python, que importará a biblioteca OpenCV que realiza este procedimento. Na figura 7 tem-se um exemplo de como esta biblioteca aplica suas transformações em imagens digitais.

FIGURA 7 – THRESHOLDING POR OPENCV



FONTE: ADAPTADO DE ROSEBROCK (2021).

No momento da aplicação deste procedimento, entre as linhas de código de Python que serão apresentadas na próxima seção, esta mudança na escala da imagem de denominará como uma “*mask*”, traduz-se como máscara.

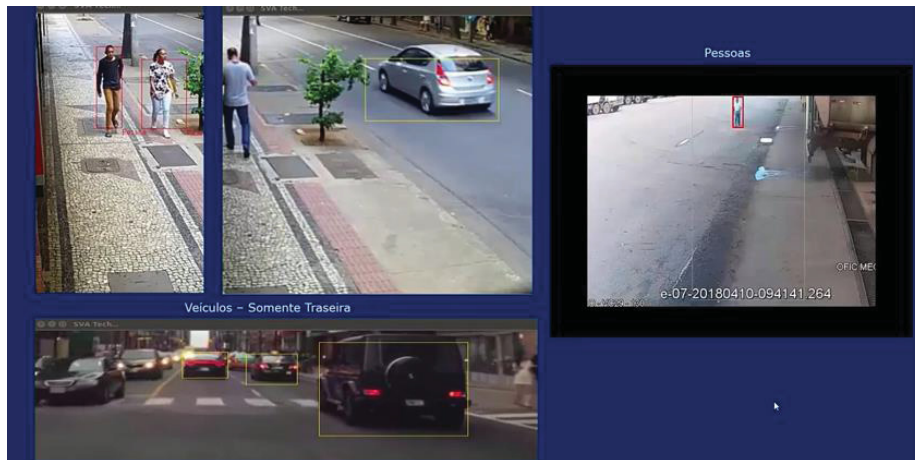
3.1.3. Vídeos Analíticos com *Machine Learning*

Como citado anteriormente, entre as tecnologias atuais mais utilizadas atualmente na Indústria 4.0, está o *Machine Learning*, que consiste no estudo de mudança entre padrões de objetos e suas variações em um determinado contexto ou categoria. Neste caso, tem-se como contexto a rota onde é feita a circulação, seja nas ruas onde circulam os veículos ou as faixas de pedestre onde devem circular as pessoas, e tem-se como categorias os veículos, pessoas e resíduos grandes que possam bloquear os acessos.

3.1.3.1. Exemplos de Vídeos Analíticos

A figura 8 apresenta um exemplo de como é feita a detecção do que são considerados “objetos”, neste caso, pessoas e veículos.

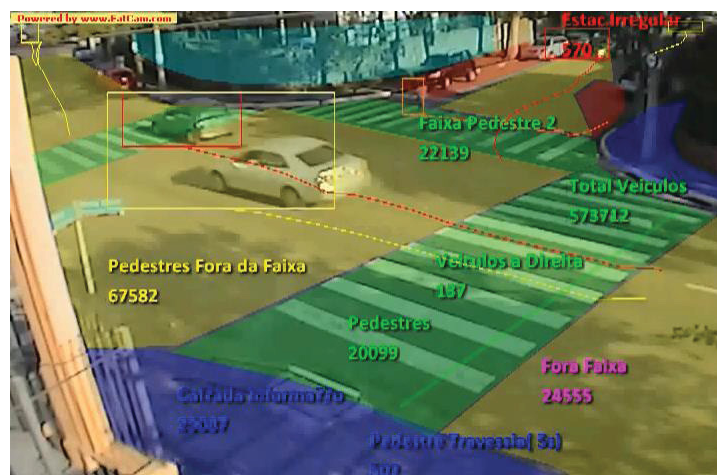
FIGURA 8 – EXEMPLO DE DETECÇÃO DE VEÍCULOS E PESSOAS



FONTE: ADAPTADO DE SEGURANÇA ELETRÔNICA (2019).

Na figura 9 apresentada abaixo, que servirá de outro exemplo de tecnologia por Vídeo Analítico, demonstra um monitoramento de circulação com as vias já definidas, sendo a faixa de pedestres para a circulação paralela de pessoas, e a passagem temporária e perpendicular de veículos. Neste cenário observa-se que o veículo antes de passar pela faixa e a pessoa que está atravessando, são detectados com um retângulo amarelo. Para o caso do veículo mais a frente que está passando por cima da faixa de pedestres, o retângulo aparece em vermelho.

FIGURA 9 – DETECÇÃO DE FAIXAS DE PEDESTRES, PESSOAS E VEÍCULOS



FONTE: ADAPTADO DE OXXCODE (2012).

No entanto, neste cenário da figura 10, observa-se que quando o veículo se aproxima da faixa onde há uma pessoa atravessando, ambos retângulos de detecção ficam na cor vermelha, reconhecendo uma possível situação de risco.

FIGURA 10 – DETECÇÃO DE FAIXAS DE PEDESTRES, PESSOAS E VEÍCULOS



FONTE: ADAPTADO DE OXXCODE (2012).

3.1.3.2. *Object Detection x Object tracking*

As figuras demonstradas anteriormente, apresentaram os vídeos analíticos com as aplicações de detecção de objetos já desenvolvidas. Nos próximos subtópicos serão detalhadas as etapas de elaboração deste tipo de detecção por *Machine Learning*. Que se divide em duas partes, *Object Detection* e *Object Tracking*. Ambos os métodos de detecção e tracejamento de objetos em um vídeo gravado em tempo real, serão possíveis com linhas de código de linguagem de programação *Python*, que utilizará a biblioteca *opencv*.

Estas etapas seguintes são ensinadas em uma vídeo-aula gravada em 28/01/2021 por Sergio Canu, fundador da *pysource.com*, que auxilia estudantes e empresas a aplicar reconhecimento de vídeo em seus projetos.

No entanto, devida a complexidade do detalhamento das aplicações feitas pelos comandos de programação, serão apresentadas algumas figuras de cortes das linhas de código, a fim de detalhar especificamente o que está sendo aplicado. E no final da seção, será apresentado o código completo com todas as linhas e aplicações para a execução do *Object Detection* e *Object Tracking*.

3.1.3.2.1. Object Detection

A detecção de objetos consiste na identificação de cada *frame* (ou molde) de objeto, chamado de *frame*, que vai sendo ajustado até obter uma melhor precisão. Para isso, são realizadas constantemente certas definições e ajustes nas linhas de código de programação.

3.1.3.2.1.1. Cenário de exemplo

A figura 11 abaixo apresenta o cenário utilizado para exemplo, o qual se analisará onde serão realizadas as detecções conforme os comandos das linhas de código que serão escritas.

FIGURA 11 – CENÁRIO DE EXEMPLO



FONTE: ADAPTADO DE CANU (2021).

3.1.3.2.1.2. Início da construção do código em Python

Primeiramente, abrimos uma interface de programação compatível com o Python, que neste caso utiliza-se o Pycharm. Logo, importa-se a biblioteca Opencv e o vídeo de formato mp4 que utilizado no exemplo.

Note-se que o cenário apresentado anteriormente na figura 10, é um corte de imagem retirado de um vídeo que filma uma rua, salvo com o nome “highway.mp4”, que é referenciado no código inicial apresentado na figura 12.

FIGURA 12 – CÓDIGO INICIAL DE IMPORTAÇÃO DA BIBLIOTECA E DO VÍDEO

```
import cv2 #importa-se o método de detecção de objetos da biblioteca opencv
cap = cv2.VideoCapture("highway.mp4") #apresenta-se o vídeo citado na tela
while True: #estabelece um ciclo enquanto as condições abaixo sejam verdadeiras
    ret, frame = cap.read() #fará a leitura de cada frame da captura do vídeo
    cv2.imshow("Frame", frame) #será demonstrado cada frame do movimento
    key = cv2.waitKey(30) #cria uma chave de espera até alguma ação do teclado
    if key == 27: #se o botão pressionado no teclado for Esc (tecla nº 27)
        break #o ciclo se encerra caso seja pressionado Esc
cap.release() #a captura de vídeo é liberada para encerramento
cv2.destroyAllWindows() #todas as janelas abertas são encerradas
```

FONTE: ADAPTADO DE CANU (2021).

Este código acima faz com que se apresente o vídeo em uma janela separada realizando a importação do arquivo highway.mp4.

3.1.3.2.1.3. Aplicação de uma *mask* no cenário

A *mask* (ou máscara) consiste em uma representação visual de pixels que é binária (em branco e preto), e que aplica-se ao cenário do vídeo, para detectar inicialmente o que é fixo (cor preta) e o que fica móvel (cor branca), conforme as linhas de código apresentadas na figura 13.

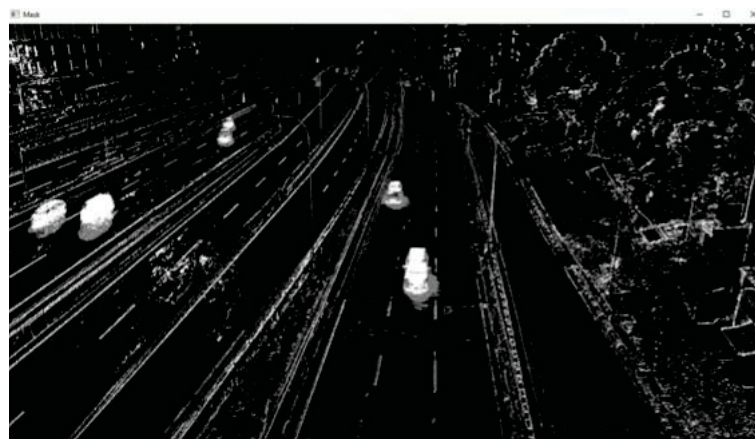
FIGURA 13 – CÓDIGO DE APLICAÇÃO E VISUALIZAÇÃO DA MASK

```
ret, frame = cap.read() #faz a leitura de cada frame da captura do vídeo
height, width, _ = frame.shape #configuração do tamanho das frames detectadas
mask = object_detector.apply(frame) #aplica-se a mask nas frames dos objetos detectados
```

FONTE: ADAPTADO DE CANU (2021).

Com os comandos mencionados acima, apresenta-se a janela de visualização da *mask*, conforme demonstra a figura 14.

FIGURA 14 – VISUALIZAÇÃO DO CENÁRIO EM MODO MASK



FONTE: ADAPTADO DE CANU (2021).

No entanto, a *mask* serve somente de referência para que os comandos dos códigos detectem o que está em movimento ou não, mas ainda aparecem distorções na imagem, o que será refinada com o código apresentado na figura 15.

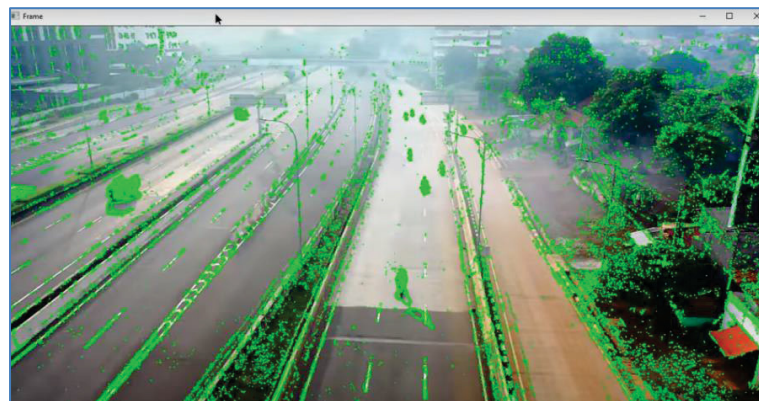
FIGURA 15 – CÓDIGO DE APLICAÇÃO E VISUALIZAÇÃO DA MASK

```
mask = object_detector.apply(frame) #aplica-se a mask nas frames dos objetos detectados
_, mask = cv2.threshold(mask, 254, 255, cv2.THRESH_BINARY) #detecção de pixels binários
contours, _ = cv2.findContours(mask, cv2.RETR_TREE, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE) #aplica contornos
```

FONTE: ADAPTADO DE CANU (2021).

Portanto, ao aplicar o comando de desenhar os contornos, obtemos um resultado visual de detecção dos *frames*, ilustrado na figura 16.

FIGURA 16 – CONTORNOS INICIAIS DA DETECÇÃO DAS FRAMES



FONTE: ADAPTADO DE CANU (2021).

3.1.3.2.1.4. Criação dos contornos na frame

Ajustam-se os contornos, incluindo por definição a via e os elementos fixos, conforme os comandos ilustrados na figura 17.

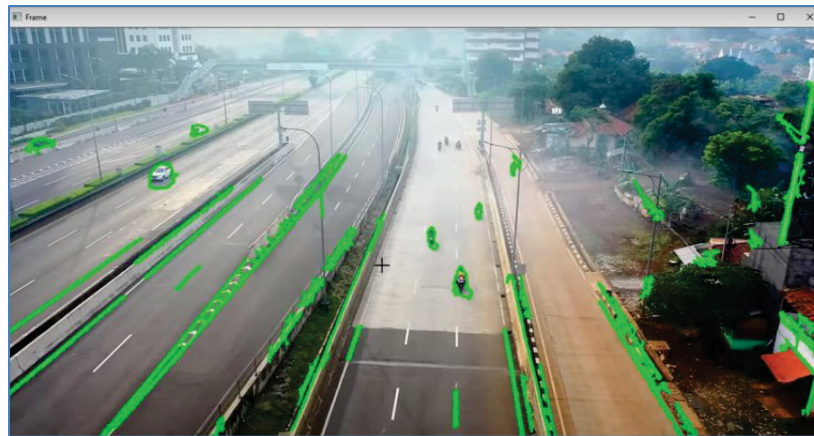
FIGURA 17 – COMANDOS PARA OS CONTORNOS DA FRAME

```
for cnt in contours:
    # Calcula a área e remove elementos menores
    area = cv2.contourArea(cnt)
    if area > 100:
        cv2.drawContours(frame, [cnt], -1, (0, 255, 0), 2)
        x, y, w, h = cv2.boundingRect(cnt)
        detections.append([x, y, w, h])
```

FONTE: ADAPTADO DE CANU (2021).

Após aplicação dos comandos apresentados acima, a imagem fica ajustada como apresentado na figura 18.

FIGURA 18 – CONTORNOS DA FRAME APÓS COMANDOS DE AJUSTE



FONTE: ADAPTADO DE CANU (2021).

3.1.3.2.1.5. Definição da ROI

Para se ter uma boa assertividade de detecção visual durante uma análise, define-se uma área de interesse, denominada “ROI – *Region of Interest*”. Esta é uma etapa importante do *Machine Learning* para detecção de objetos visuais, na qual a análise feita concentra-se na área entre os pontos especificados. Estes comandos são apresentados na figura 19.

FIGURA 19 – LINHA DE CÓDIGO PARA EXIBIÇÃO DA ROI

```
# Extract Region of interest
roi = frame[340: 720,500: 800] #posições da região de interesse
cv2.imshow("roi", roi) #comando do opencv que mostra a roi
```

FONTE: ADAPTADO DE AUTOR (2020).

A região de interesse é a chave para que as detecções sejam pontuais no lugar que são necessários. Que neste caso trata-se do retângulo verde de delimitação da ROI conforme apresentado na figura 20.

FIGURA 20 – RETÂNGULO VERDE DE DELIMITAÇÃO DA ROI



FONTE: ADAPTADO DE CANU (2021).

Desta maneira, as detecções são devidamente concentradas na área especificada como a região de interesse, conforme demonstrado na figura 21.

FIGURA 21 – DETECÇÃO DE FRAMES APÓS DELIMITAÇÃO DA ROI



FONTE: ADAPTADO DE CANU (2021).

Como ainda estão sendo detectados padrões fixos do trajeto, realiza-se mais um ajuste no código para a devida detecção dos objetos móveis, conforme o código ilustrado na figura 22.

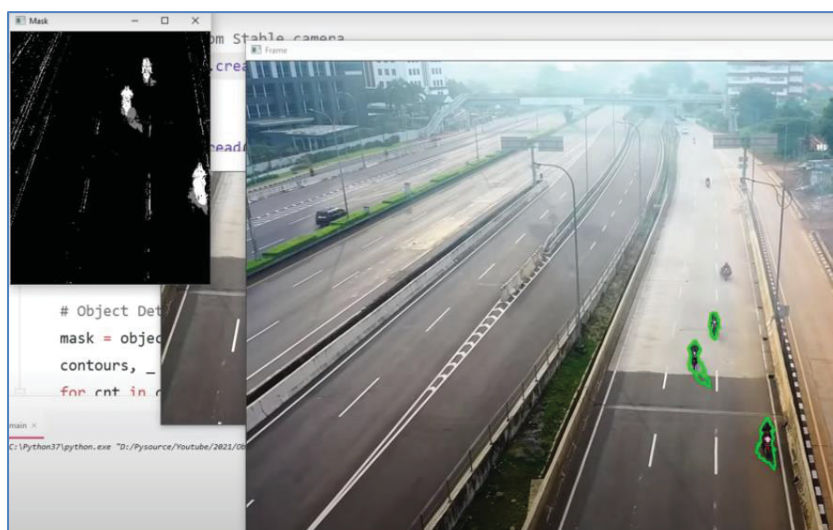
FIGURA 22 – AJUSTE DE DETECÇÃO PARA OBJETOS MÓVEIS

```
# Detecção de objeto através de uma câmera de movimento estável
object_detector = cv2.createBackgroundSubtractorMOG2(history=100, varThreshold=40) #detecção do objeto
```

FONTE: ADAPTADO DE CANU (2021).

Com estes ajustes tem-se menos detecção do panorama geral da visualização, porém menos “falsos positivos”, aumentando assim a assertividade do escaneamento dos objetos que precisamos detectar, conforme apresenta a figura 23 para o caso de motos.

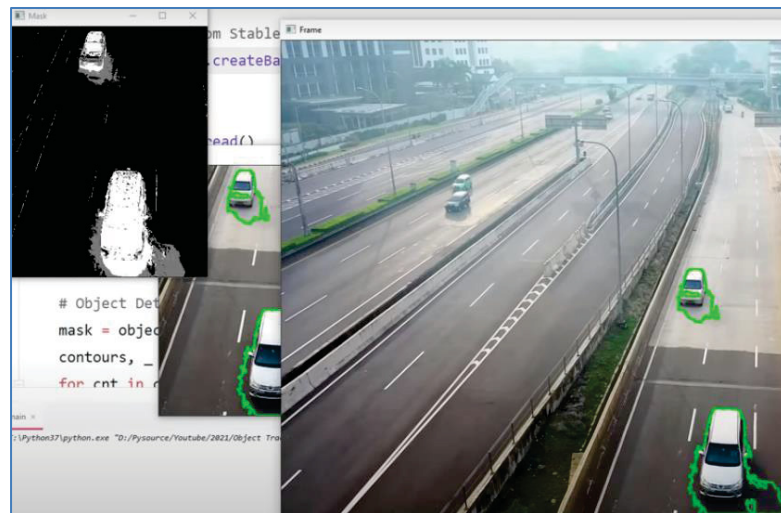
FIGURA 23 – COMPARAÇÃO DE DETECÇÃO ENTRE MASK E FRAME (MOTOS)



FONTE: ADAPTADO DE CANU (2021).

Assim como para o caso da detecção assertiva de carros na imagem, conforme ilustrado na figura 24.

FIGURA 24 – COMPARAÇÃO DE DETECÇÃO ENTRE MASK E FRAME (CARROS)



FONTE: ADAPTADO DE CANU (2021).

3.1.3.2.1.6. Desenho retangular ao redor do objeto

Configurando os eixos x e y, e as variáveis de altura e espessura, podemos mudar o contorno de cada objeto para a forma retangular, conforme demonstra a figura 25.

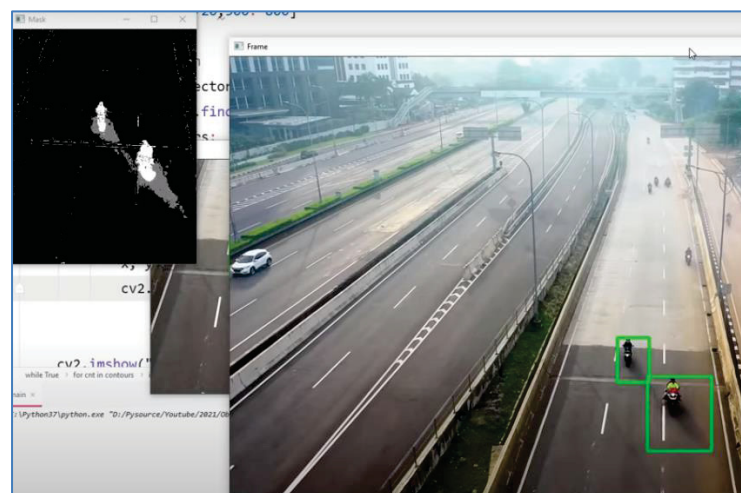
FIGURA 25 – AJUSTE DE EIXOS PARA FRAME RETANGULAR

```
x, y, w, h = cv2.boundingRect(cnt)
cv2.rectangle(roi, (x, y), (x + w, y + h), (0, 255, 0), 3)
```

FONTE: Adaptado de CANU (2020).

A figura 26 apresenta uma comparação entre a detecção *mask* e *frame* após os ajustes feitos para deixá-los retangulares.

FIGURA 26 – COMPARAÇÃO DE DETECÇÃO RETANGULAR MASK E FRAME (COM SOMBRA)



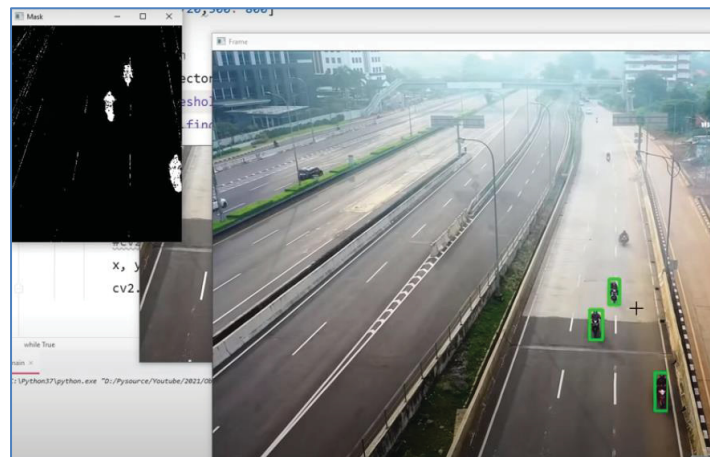
FONTE: ADAPTADO DE CANU (2021).

No entanto, mesmo com as configurações de detecção estabelecidas, neste caso a linguagem deverá ser ajustada ainda para remoção das sombras que cada

objeto projeta, tendo-se assim uma precisão ainda maior. Através da limpeza da *mask*, como os pixels variam numa escala de cores cinzas, de 0 a 255, sendo 0 mais escuro e 255 mais claro, e na *mask* temos os objetos em branco, a definição é de 254 pixels, deste modo removendo da detecção tudo o que estiver abaixo de 254 pixels.

A figura 27 apresenta outra comparação entre a detecção *mask* e *frame* após os ajustes feitos para remover as sobras e deixar os retângulos ao redor do objeto mais precisamente.

FIGURA 27 – COMPARAÇÃO DE DETECÇÃO RETANGULAR MASK E FRAME (SEM SOMBRA)



FONTE: ADAPTADO DE CANU (2021).

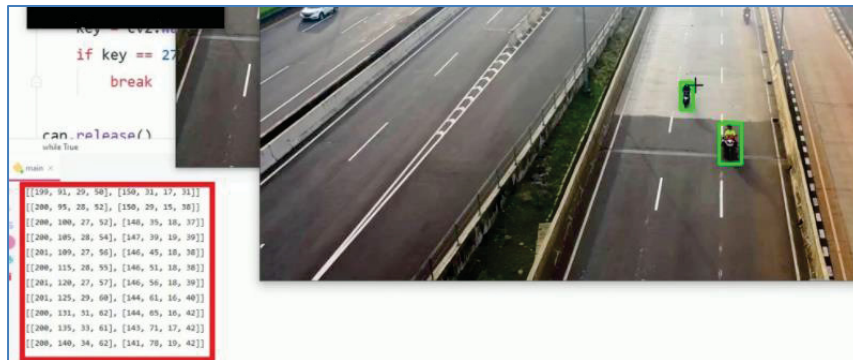
Embora a detecção de objetos encontra-se definida e especificada, no código não temos detalhes sobre em qual posição os objetos se encontravam anteriormente, antes de aparecerem na ROI. Para isso, utiliza-se o método de *Object Tracking*.

3.1.3.2.2. *Object tracking*

A definição de *Object Tracking* pode ser entendida como o rastreio do objeto, a fim de localizar o trajeto que ele percorre e poder detectá-lo continuamente. Para isso importam-se as funções de tracking da biblioteca *Opencv* para utilizá-las dentro do código Python, da mesma maneira detalhada anteriormente para *Object Detection*.

Após a criação do objeto, deve-se estabelecer cada posição do retângulo e inseri-los em uma gama de dados, chamado de *array*, apresentado no quadrado vermelho da figura 28.

FIGURA 28 – GAMA DE DADOS



FONTE: ADAPTADO DE CANU (2021).

3.1.3.2.2.1. Código final completo para o *Object Detection e Tracking*

A figura 29 apresenta todas as linhas de código digitadas no passo a passo das sub-seções anteriores, para a aplicação do *Object Detection e Object Tracking*

FIGURA 29 – CÓDIGO PYTHON COMPLETO DO OBJECT DETECTION E TRACKING

```
import cv2 #importa-se o método de detecção de objetos da biblioteca opencv
from tracker import * #importa-se o método de tracking de objetos

# Create tracker object
tracker = EuclideanDistTracker() #cria-se o objeto do tracker

cap = cv2.VideoCapture("highway.mp4") #apresenta-se o vídeo na tela

# Object detection from Stable camera
object_detector = cv2.createBackgroundSubtractorMOG2(history=100,
varThreshold=40) #detecção do objeto

while True: #estabelece um ciclo enquanto as condições abaixo sejam verdadeiras
    ret, frame = cap.read() #faz a leitura de cada frame da captura do vídeo
    height, width, _ = frame.shape #configuração do tamanho das frames
    detectadas

    # Extract Region of Interest
    roi = frame[340: 720, 500: 800] #extração da região de interesse

    # 1. Object Detection
    mask = object_detector.apply(roi) #aplica-se a mask nos objetos detectados
    dentro da roi
    _, mask = cv2.threshold(mask, 254, 255, cv2.THRESH_BINARY)
    contours, _ = cv2.findContours(mask, cv2.RETR_TREE,
cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
    detections = []
    for cnt in contours:
        # Calculate area and remove small elements
        area = cv2.contourArea(cnt)
        if area > 100:
            #cv2.drawContours(roi, [cnt], -1, (0, 255, 0), 2)
            x, y, w, h = cv2.boundingRect(cnt)
            detections.append([x, y, w, h])

    # 2. Object Tracking
    boxes_ids = tracker.update(detections)
    for box_id in boxes_ids:
        x, y, w, h, id = box_id
        cv2.putText(roi, str(id), (x, y - 15), cv2.FONT_HERSHEY_PLAIN, 2, (255,
0, 0), 2)
        cv2.rectangle(roi, (x, y), (x + w, y + h), (0, 255, 0), 3)

    cv2.imshow("roi", roi) #comando do opencv que mostra a roi
    cv2.imshow("Frame", frame) #comando do opencv que mostra as frames
    cv2.imshow("Mask", mask) #comando do opencv que mostra mask

    key = cv2.waitKey(30) #tempo que decorre o vídeo até interrupção da tecla
    Esc
    if key == 27: #se o botão pressionado no teclado for Esc (tecla nº 27)
        break #o ciclo se encerra caso seja pressionado Esc

cap.release() #a captura de vídeo é liberada para encerramento
cv2.destroyAllWindows() #todas as janelas abertas são encerradas
```

FONTE: ADAPTADO DE CANU (2021).

3.1.4. *Decision Support System* (DSS)

O *Decision Support System* (DSS), também conhecido como Sistema de Suporte à Decisão, consiste em um modelo genérico de tomada de decisão que analisa um grande número de variáveis combinando dados retirados de diversas fontes, com modelos analíticos para que seja possível a tomada de decisões por líderes de empresas. (EDER, 2021)

Essas decisões podem variar entre decisões estruturadas e decisões não estruturadas: As decisões estruturadas possuem os dados necessários para chegar a uma decisão e um método bem definido de solução. São usadas para resolver problemas recorrentes, ou seja, que acontecem com frequência. E as decisões não estruturadas já tratam de problemas não recorrentes, ou seja, acontecem com pouca frequência. Por acontecerem poucas vezes, a decisão parte do bom senso do tomador de decisão. (EDER, 2021)

A análise de sensibilidade, estudo do impacto que as mudanças em uma ou mais partes de um modelo têm em outras partes ou no resultado, é extremamente valiosa no DSS. Um sistema de suporte à decisão não somente obtém informações internas, mas também absorve novas informações externas por meio de análise.

A figura 30 apresenta quais são as utilidades do DSS.

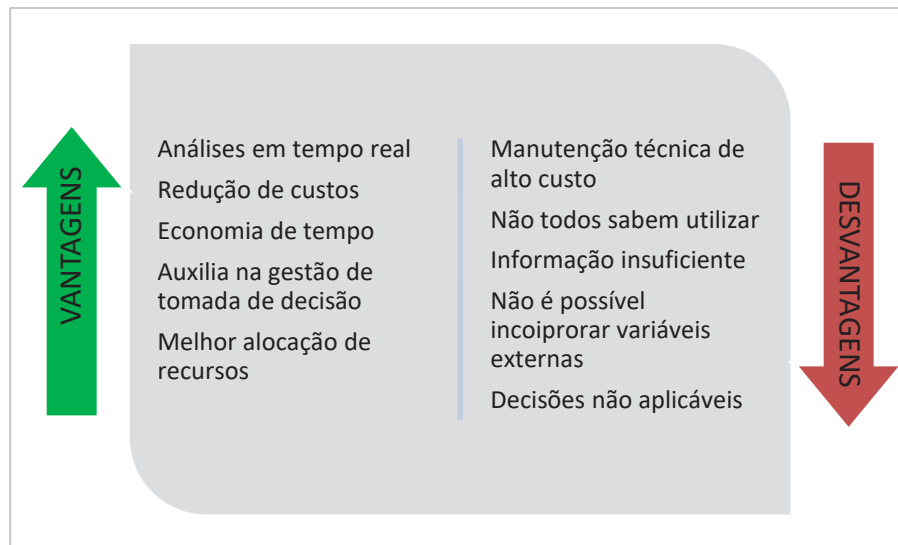
FIGURA 30 – UTILIDADES DO DSS

Utilidades do DSS	Distribuição de reportes para diferentes departamentos
	Deixa os dados concisos e com acuracidade
	Calcula o risco e retorno
	Facilidade nos reportes gerenciais
	Suporte de tomada de decisão
	Previsões, tendências, orçamentos
	Compila a informação

FONTE: ADAPTADO DE ONG (2014).

Na Figura 31 apresenta-se uma relação entre as vantagens e desvantagens da utilização do *Decision Support System* em uma análise.

FIGURA 31 – VANTAGENS X DESVANTAGENS DO USO DO DSS



FONTE: ADAPTADO DE ONG (2014).

No final, ainda somos nós, humanos, que tomamos a decisão final. Contudo, a IA tem uma agilidade de processamento que a permite trabalhar com uma quantidade de variáveis de dados inimagináveis para nós. Ou seja, ela tem a capacidade de gerar insights que nos auxiliam e ampliam nossas possibilidades. (EQUIPE TD, 2019)

Nos negócios, tomamos decisões com base em dados incompletos, e nossa racionalidade é limitada por inúmeros aspectos, até mesmo pelas nossas emoções. Nosso cérebro é seletivo em relação aos dados que vai considerar, pois esse é o recurso que ele usa para minimizar a impossibilidade de considerar todos eles.

As técnicas de simulação de inteligência artificial permitem uma visão mais acertada sobre o público. Por meio de um modelo de apoio à decisão, um sistema de inteligência artificial é capaz de auxiliar com a coleta, a previsão e a análise de tendências em tempo real. (EQUIPE TD, 2019)

3.1.5. Vídeos Analíticos com tomada de decisão

A combinação de um DSS com a aplicação de *Machine Learning* em vídeos analíticos, conforme ambos os tópicos que foram apresentados anteriormente, possibilita o auxílio na geração de insights e melhoria da tomada de decisão na execução do projeto.

Os subtópicos seguintes detalham como as empresas utilizam esta aplicação do mercado na atualidade com a Indústria 4.0.

3.1.5.1. *Motion tracking*

Similar ao *Object Tracking* que foi exemplificado anteriormente, o *Motion tracking*, ou rastreamento de movimento, tem sido bastante utilizado em vigilância de vídeo. As câmeras utilizam sensores de imagem que detectam padrões claros e escuros para apontar o trajeto (mesmo processo detalhado na criação da mask, visto anteriormente).

Esta tecnologia pode ser utilizada também para detectar a velocidade da passagem de veículos.

Quando trata-se de análise por vídeo, também é possível a geração de mapas térmicos de detecção de movimento em uma área. (JESSURUN, 2022)

3.1.5.2. Vigilância e segurança patrimonial por Vídeo

Os Vídeos Analíticos com a utilização destes mapas térmicos, também podem trazer melhoria na segurança de grandes áreas. Como por exemplo, considerando o cenário atual de pandemia global, a análise é capaz de identificar pontos visuais onde há tendências de aglomeração na rota de circulação, com a contagem de pessoas que passam por um determinado lugar, e quais as áreas menos utilizadas, para possibilitar um melhor planejamento de segurança em tendências deste tipo, e de maneira mais inteligente.

3.2. PROJETOS PARA REFERÊNCIA

Para referência, será adaptada como exemplo a rota em uma área de uma planta industrial de maquinários agrícolas da região de Curitiba, que será chamado de EMPRESA X, com os métodos da proposta do case Metamorphosis da empresa Stylux de soluções tecnológicas 4.0.

3.2.1. Case Empresa X (Ramo Agrícola)

Tem-se hoje implementado nas indústrias um sistema de prevenção de perdas totalmente manual e não automatizado, que não nos traz em sua totalidade os benefícios possíveis de se ter um mapeamento adequado no controle e registros de situações, que trazem riscos e falta de produtividade aos colaboradores e processos ligados diretamente a funcionalidade incorreta dos sistemas que os compõem direta ou indiretamente.

A fim de se exemplificar um modelo e mostrar os benefícios de se implementar a metodologia estudada nestes processos, será avaliada uma empresa fictícia que se

chamará Empresa X, do ramo agrícola, em que seu atual processo de controle de circulação nas rotas dentro da planta, será idealizado com as tecnologias da Indústria 4.0 presentes no mercado, para o referido tema deste trabalho.

O processo atual é feito através de vistorias presenciais e anotações manuais com a verificação visual, posteriormente é feito o registro em planilhas simples em Excel, juntamente com os registros fotográficos realizados na vistoria diária. Posteriormente ocorre a comunicação via e-mail para as áreas responsáveis pelos setores onde foram identificados os não conformes, para que os mesmos realizem a solução dos problemas apresentados.

Na figura 32 demonstra-se um primeiro exemplo de vista superior da rota de circulação na área indústria, capturada por um drone a fim identificar inicialmente as vias de acesso para pedestres e os trajetos de passagem dos veículos.

FIGURA 32 – ROTA DE CIRCULAÇÃO EXEMPLO 1



FONTE: OS AUTORES (2021).

Com uma primeira análise, pode-se identificar as irregularidades de objetos fixos no exemplo 1 da figura 31, e classificá-los conforme as definições de espaço sinalizados para armazenamentos, circulação de pedestres, veículos e estacionamento, conforme apresenta-se na figura 33.

FIGURA 33 – ROTA DE CIRCULAÇÃO DO EXEMPLO 1 COM IRREGULARIDADES



FONTE: OS AUTORES (2021).

Na figura 34 demonstra-se um segundo exemplo de circulação em rotas de área industrial também de vista superior, com o mesmo propósito de identificação do exemplo 1, utilizado na figura 30.

FIGURA 34 – ROTA DE CIRCULAÇÃO EXEMPLO 2



FONTE: OS AUTORES (2021).

Seguindo também como primeira análise, podem-se identificar as irregularidades de objetos fixos da mesma maneira como realizados no exemplo 1 da figura 31, e classificá-los com os mesmos critérios de áreas demarcadas, conforme apresenta-se na figura 34.

FIGURA 35 – ROTA DE CIRCULAÇÃO EXEMPLO 2 COM IRREGULARIDADES



FONTE: OS AUTORES (2021).

As áreas sinalizadas acima são uma representação da forma de atuação do sistema de controle, onde a Inteligência Artificial, através de um algoritmo treinado com *Machine Learning* identificará situações de irregularidades emitidos pelas câmeras IP, obtendo-se informações em tempo real e enviadas automaticamente para uma central de monitoramento com informações analíticas e visuais, além do retorno pela aplicação do DSS para tomada de decisão.

3.2.2. Case Metamorphosis da Stylux Brasil

Este case chamado de “Metamorphosis” pela empresa Stylux Brasil foi apresentado no dia 20/12/2021 aos integrantes deste trabalho pelo Engenheiro de Aplicações chamado Claudio Martini, que é o responsável de inovação de produto e pré-venda da KB’s da Itália.

A KB’s da Itália é uma empresa parceira da Stylux que comercializa software de alta inovação com o foco em programação, juntamente com uma forte componente matemática para análise com uso de *Machine Learning* e Inteligência Artificial, análises de séries históricas, algoritmos e modelos preditivos.

Inicialmente, Martini apresentou a plataforma de IOT chamada Stysmart com o projeto Metamorphosis, desenvolvido pela empresa Stylux. Nesta utiliza-se o DSS – Decision Support System, citado anteriormente, o qual é capaz de adquirir dados das mais diferentes naturezas.

A figura 36 apresenta o título da plataforma e os nomes das empresas citadas.

FIGURA 36 – TÍTULO DO CASE METAMORPHOSIS



FONTE: ADAPTADO DE MARTINI (2021).

A plataforma Stysmart desenvolve softwares para aplicar inteligência aos dados processados. O algoritmo utiliza *Machine Learning* e Inteligência Artificial para calcular modelos preditivos, como a probabilidade de que certos eventos ocorram, ou a direção que os dados podem seguir dadas as circunstâncias. Este método, mais conhecido como *Decision Support System* (DSS), onde gestores de processos ou recursos tem a necessidade de tomar decisões a fim de otimizar processos, melhorar serviços, proteger ativos ou economizar recursos, entre outras estratégias que podem melhorar o negócio. (MARTINI, 2021).

Alguns exemplos de utilização que podem ser citados: aplicações logísticas, contextos industriais e fabris, gestão da energia para iluminação, segurança, vídeo análise, etc. Ou seja, uma série de aplicações, fazendo num primeiro momento uma série de ingestão de dados, podendo ser qualquer tipo de dado, de sistemas heterogêneos, de sistemas já existentes e não relacionados entre si. (MARTINI, 2021).

Na Figura 37 demonstram-se os diferentes dados que podem ser obtidos através das mais variadas fontes e programas.

FIGURA 37 – TRATAMENTO DOS DADOS

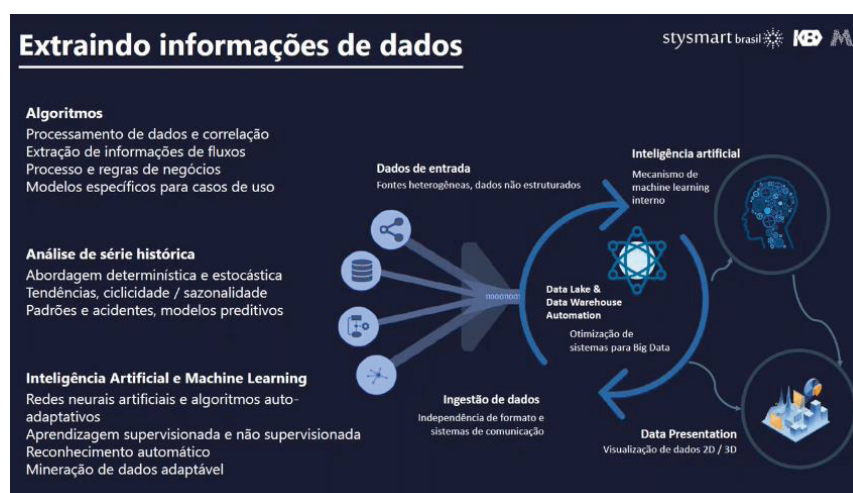


FONTE: ADAPTADO DE MARTINI (2021).

Tem-se como outra referência o conceito de tratamento de informações coletadas e gerar uma ação preventiva, no qual esta intrinseco no conceito de Inteligência Artificial. Os algoritmos tratam o processamento de dados e a correlação destes, assim como a extração de informações de fluxos. Algumas variáveis consideradas na análise histórica são: sazonalidade, tendências, modelos preditivos, padrões e acidentes.

Na figura 38 separam-se algumas das inúmeras aplicações de auto-análise de dados através da Inteligência Artificial:

FIGURA 38 – EXTRAINDO INFORMAÇÕES DOS DADOS



FONTE: ADAPTADO DE MARTINI (2021).

A Metamorphosis utiliza a tecnologia Cloud Native, que integra remotamente os diferentes sistemas a fim de adquirir dados dos contextos operacionais mais diversos dos clientes.

Após a primeira fase de ingestão de dados, dá-se início a segunda fase de processamento dos dados com uso de software para aplicar inteligência a esses dados.

Nos exemplos que serão mostrados mais a frente, algoritmos vão extrair informação dos dados crus e, utilizando Inteligência Artificial e *Machine Learning*, serão calculados modelos preditivos. Exemplo: qual a probabilidade que os eventos tomem uma determinada direção dadas as circunstâncias ao redor? (MARTINI, 2021).

É um exemplo do que hoje, o mercado, denomina como DSS, com o qual gestores de processos e gestores de recursos (energia, iluminação, insumos, logística, segurança) precisam tomar decisão, seja para melhoria em serviços, economia financeira, otimização de processos, proteção de ativos, etc.

Na terceira fase, é realizada a apresentação dos dados, com o uso de painéis 2D e 3D, modelos de representação de edifícios, prédios, máquinas, objetos e correlacionar os dados acrescentando informações em cima desses dados.

Paradigmas comportamentais das pessoas quando acontece algo peculiar, como se comporta o fluxo das pessoas no transporte público de acordo com determinadas circunstâncias climáticas, eventos esportivos, etc.

São feitas essas análises para poder oferecer esse serviço de dashboard para uma prefeitura para fazer previsões baseadas em elementos. (MARTINI, 2021).

Na Figura 39, é mostrado um exemplo de apresentação de *Smart City*, onde cada vez mais dispositivos funcionam de maneira segregada, na qual há sistemas que controlam praticamente tudo, mas que quase sempre são insuficientes na síntese desses mesmos dados para poder extrair informações mais sutis.

FIGURA 39 – SISTEMAS DE CONTROLE DE UMA SMART CITY



FONTE: ADAPTADO DE MARTINI (2021).

Na Figura 40 é mostrada a ferramenta em tempo real, onde é mostrado um viaduto como objeto de estudo.

FIGURA 40 – ESTUDO DE DADOS DE UM VIADUTO



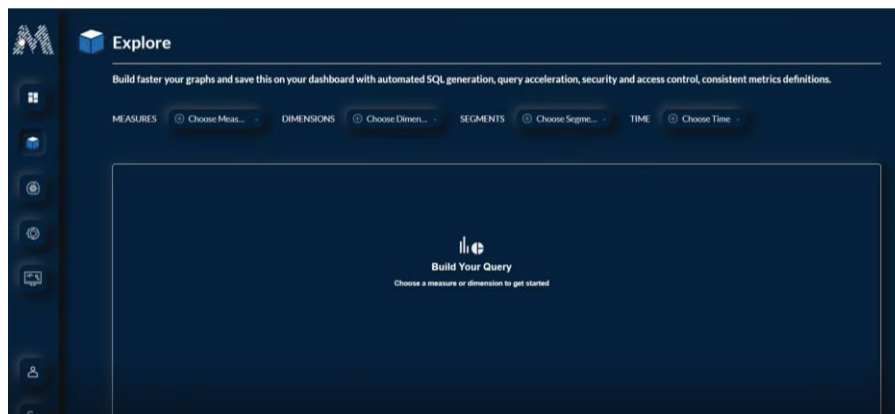
FONTE: ADAPTADO DE MARTINI (2021).

Concessionárias normalmente instalam sensores e dispositivos para monitoramento desses ativos. A Metamorphosis correlaciona parâmetros de estática e dinâmica do viaduto junto com parâmetros químicos de envelhecimento do concreto.

O software auxilia no planejamento da manutenção, correlacionando, por exemplo, fornecedores, custos, peças, matéria-prima, entre outros. O ativo, nesse caso, o viaduto envelhece de forma diferente dependendo sobretudo das condições climáticas em que o mesmo é exposto. (MARTINI, 2021).

Na Figura 41, mostra os diferentes cenários que podem ser escolhidos e modelados para suportar em uma determinada tomada de decisão.

FIGURA 41 – FERRAMENTA DE BUSINESS INTELLIGENCE (QUERY)

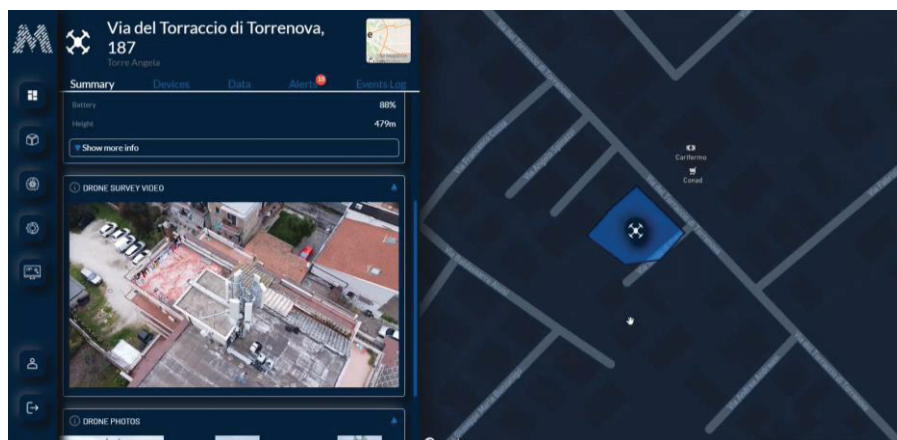


FONTE: ADAPTADO DE MARTINI (2021).

A ferramenta proporciona a possibilidade de construir dinamicamente todas as análises cruzando esses dados de forma diferente a cada dia. É uma ferramenta dinâmica, que adquire dados, no exemplo do viaduto, e permite fazer regressões, extrapolar modelos preditivos, analisar a correlação entre duas variáveis e suportar na gestão. (MARTINI, 2021).

No exemplo a seguir da Figura 42, pode se observar um drone que realiza uma inspeção.

FIGURA 42 – INSPEÇÃO FEITA POR DRONE



FONTE: ADAPTADO DE MARTINI (2021).

Primeiro, cria-se um modelo digital do objeto que será inspecionado para que passe a ser gerenciado em cima de um suporte digital e não mais em papel e anotações, que muitas vezes são extraviadas e perdidas.

4. ANÁLISES E DISCUSSÕES

Conforme o estudo realizado por *Machine Learning*, junto com a aplicação do código com a linguagem de programação Python, executando o DSS, acredita-se que a EMPRESA X poderá ter uma melhor organização sistemática com tomadas de decisão mais certas e eficientes com a aplicação de IA. Considerando-se que a inspeção, detecção e análise por máquinas seja mais eficiente do que a atividade visual humana realizada atualmente.

O DSS também vai possibilitar aos gestores que tem a necessidade de tomar decisões a fim de otimizar processos, melhorar serviços, proteger ativos ou economizar recursos, entre outras estratégias que podem melhorar o negócio

Conforme comentado na hipótese deste trabalho, uma intervenção manual e de inspeção visual que são utilizados atualmente, teve uma economia em torno de U\$ 9.000,00/ mês e média de U\$110.000,00/ano. Portanto, com a aplicação destas tecnologias podemos estimar uma economia muito maior. Além de aumentar a segurança dos colaboradores na circulação das áreas, evitando acidentes, corrigindo irregularidades, assim como a conservação de ativos patrimoniais.

5. CONCLUSÕES

Através do estudo realizado neste trabalho, com a proposta de aplicar a combinações entre a utilização de câmeras IP, a detecção de objetos e seus pontos de localização, programados por *Machine Learning* convertendo as filmagens para Vídeos Analíticos a serem monitorados com o *Decision Support System*. Podemos concluir que com a integração destas tecnologias que estão disponíveis hoje no mercado, pode-se obter um sistema mais eficiente de máquinas que agregam não somente uma melhoria na qualidade de detecção mais elimina-se o fator humano fazendo com que o sistema utilize IA e ML pra identificar e predizer possíveis falhas e já consertá-las. Além de propiciar reduções nos orçamentos para tais atividades, assim como as reduções de custos na remoção de materiais, e a ação preventiva e preditiva de acidentes de trabalho que podem ocasionar custos adicionais de saúde ocupacional.

A aplicação tende a ser um sucesso se for feito um estudo detalhado do problema com o uso de ferramentas dedicadas a resolução da mesma. Tais como escolha da câmera IP correta, o funcionamento do comando de códigos de programação, a acuracidade analítica do DSS, a correta manutenção e atualizações de software e várias equipes com diferentes expertises e diferentes áreas para reagir perante os dados coletados e possíveis situações novas que possam ocorrer.

Portanto, pode-se concluir que o uso de sistemas integrados de IA e ML são muito interessantes no ponto de vista da qualidade, segurança e custos. No entanto, não podemos desconsiderar do projeto uma equipe multidisciplinar que irá também realizar a análise e correção de dados, e elaborar soluções para corrigir ou até mesmo prevenir a reincidência desses problemas ou novos que possam surgir, atacando na causa raiz do problema ajustando as linhas dos códigos de programação a fim de calibrar continuamente as ações da IA e as detecções do ML.

5.1. Sugestões de trabalhos futuros

A seguir apresentam-se algumas melhorias que podem ser aplicadas a partir deste estudo, seja com as tecnologias atuais da Indústria 4.0 ou as de um futuro não tão distante da Indústria 5.0.

5.1.1. Detecção automática de objetos novos pelo *Machine Learning*

Adquirir uma detecção precisa de todo tipo de objetos ou até resíduos que possam bloquear algum dos acessos e os seus trajetos caso apresentem movimentos, como objetos claramente identificados e suas localizações de maneira ágil rastreadas pelo *Machine Learning*. É possível também realizar a contagem de objetos detectados e tracejados, de modo que possibilita o controle de acesso de pessoas e veículos na rota de circulação das áreas.

5.1.2. Aplicação de Deep Learning

Aplicação de Deep Learning, de modo que a máquina aprenda sozinha em contato com outras máquinas, emitir alertas para seguir para outras câmeras, e máquinas presenciais que possam receber comandos de outras máquinas por Inteligência Artificial, e fazer o trabalho físico no lugar do *staff*, aplicando-se os conceitos da Indústria 5.0.

5.1.3. Realidade Aumentada

Aplicação de Realidade Aumentada para testes e avaliações do correto funcionamento dos equipamentos funcionais a fim de realizar treinamentos de caráter de simulação de situações em que estima-se uma detecção precisa e uma análise de tomada de decisão crítica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR. **NBR 12.235/92**: Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos, Rio de Janeiro, 1992.

AIRES, R. W. A.; KEMPNER-MOREIRA, F. K.; FREIRE, P. S. **Indústria 4.0: competências requeridas aos profissionais da Quarta Revolução Industrial**. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE CONHECIMENTO E INOVAÇÃO (CIKI), 7., 2017, Foz do Iguaçu. Anais... Foz do Iguaçu: EGC, UFSC, 2017.

BLANCHET, M. et al. **Industry 4.0. The new industrial revolution. How Europe will succeed**. 2014. Hg. v. Roland Berger Strategy Consultants GmbH. München. Disponível em: <https://www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_tab_in_dustry_4_0_20140403.pdf> Acesso em: 14 jan 2021.

CANU, S. **Object Tracking with Opencv and Python**. 2021. Disponível em: <<https://pysource.com/2021/01/28/object-tracking-with-opencv-and-python/>>. Acesso em: 22 jan 2022.

DELOITTE. **Industry 4.0: challenges and solutions for the digital transformation and use of exponential technologies**. Zurich. 2014.

DOS REIS, F. **Instalação do PyCharm, IDE para programação em Python**. 2016. Disponível em: <<http://www.bosontreinamentos.com.br/programacao-em-python/instalacao-do-pycharm-ide-para-programacao-em-python/>>. Acesso em: 26 jan 2022.

EQUIPE EMBALAGEM MARCA. **Conheça os nove pilares para implantação da Indústria 4.0**. 2017. Disponível em: <<https://embalagemmarca.com.br/2017/05/conheca-os-nove-pilares-para-implantacao-da-industria-4-0/>> Acesso em: 21 dez 2021.

EQUIPE FLEXMEDIA. **Diferenças entre Câmeras Analógicas, HD e IP – Conversores de mídia**. 2020. Disponível em: <<https://www.flexmedia.com.br/diferencas-entre-cameras-analogicas-hd-e-ip-tecnologia-cftv-conversores/>>. Acesso em: 24 jan 2022.

EQUIPE GSC. **O que é uma câmera IP?** 2021. Disponível em: <<https://gscseguranca.com.br/blog/o-que-e-uma-camera-ip/>>. Acesso em: 24 jan 2022.

EQUIPE INTELBRAS. **Câmeras de segurança: conheça as tecnologias e saiba como escolher**. 2020. Disponível em: <<https://blog.intelbras.com.br/cameras-de-seguranca-conheca-as-tecnologias-e-saiba-como-escolher/>>. Acesso em: 24 jan 2022.

EQUIPE INTELBRAS. **O que é e como funciona a tecnologia IP para monitoramento**. 2020. Disponível em: <<https://blog.intelbras.com.br/o-que-e-e-como-funciona-a-tecnologia-ip-para-monitoramento/>>. Acesso em: 24 jan 2022.

EQUIPE SEAL TELECOM. **4.0 X 5.0: Entenda o que muda da quarta para a quinta revolução industrial.** 2021. Disponível em: <<https://sealtelecom.com.br/o-que-muda-da-quarta-para-a-quinta-revolucao/>>. Acesso em: 24 jan 2022.

EQUIPE SEGURANÇA ELETRÔNICA. **Diferenças Entre Câmeras IP, Analógicas e HD.** 2019. Disponível em: <<https://revistasegurancaeletronica.com.br/diferencas-entre-cameras-ip-analogicas-e-hd/#>>. Acesso em: 24 jan 2022.

EQUIPE SEGURANÇA ELETRÔNICA. **O que é Vídeo Analítico e como ele funciona.** 2019. Disponível em: <<https://revistasegurancaeletronica.com.br/o-que-e-video-analitico-e-como-ele-funciona/>>. Acesso em: 22 jan 2022.

EQUIPE TD. **Como a Inteligência Artificial auxilia a tomada de decisão.** 2019. Disponível em: <<https://transformacaodigital.com/gestao/como-a-inteligencia-artificial-auxilia-a-tomada-de-decisao/>>. Acesso em: 31 jan 2022.

EQUIPE TOTVS. **Indústria 5.0: Quais são as novidades e impactos?** 2021. Disponível em: <<https://www.totvs.com/blog/gestao-industrial/industria-5-0/>>. Acesso em: 16 jan 2022.

FRANCISCO, A. M.; ROZAR, J. L. **RECONHECIMENTO FACIAL COM TÉCNICAS DE MACHINE LEARNING.** 2020. 46 páginas. T.C.C. – UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA, Palhoça, SC, 2020.

FREITAS, C. **Câmera IP: Conheça o melhor modelo de (01/22).** 2021. Disponível em: <<https://www.sweetesthome.com.br/camera-ip-melhores-modelos/>>. Acesso em: 29 jan 2022.

HENG, S. **Industry 4.0: Upgrading of Germany, industrial capabilities on the horizon.** 2014. Disponível em: <<https://ssrn.com/abstract=2656608>> Acesso em: 14 jan 2021.

JESSURUN, A. **How Businesses Are Using Video Analytics in 2022.** 2022. Disponível em: <<https://www.unisolinternational.com/video-surveillance-analytics/>>. Acesso em: 23 jan 2022.

MARTINI, C. **Apresentação do case Metamorphosis da plataforma Stysmart pela Stylux Brasil.** 2021. Disponível em: <<https://styluxbrasil.com.br/smart-city/>>. Acesso em: 20 dez 2021.

MCKINSEY. **Industry 4.0 at McKinsey's model factories: Get ready for the disruptive wave.** Chicago. 2016.

MELO, D. **O que é Python? [Guia para iniciantes].** 2021. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/responde/o-que-e-python-guia-para-iniciantes/>>. Acesso em: 26 jan 2022.

ONG, H. **The Applications of Decision Support System (DSS) among the Top Corporations in Metro Manila and its Perceived Advantages and Disadvantages.** 2014. Disponível em: <https://sibresearch.org/uploads/3/4/0/9/34097180/riber_b14-100_169-178.pdf> Acesso em: 22 jan 2022.

ROSEBROCK, A. **OpenCV Thresholding (cv2.threshold)**. 2021. Disponível em: <<https://www.pyimagesearch.com/2021/04/28/opencv-thresholding-cv2-threshold/>>. Acesso em: 31 jan 2022.

OXXCODE SOLUÇÕES EM TECNOLOGIA. **Exemplo de Tecnologia Vídeo Analítico**
By OXXCODE. 2012. Disponível em:
<https://www.youtube.com/watch?v=nxZ9ZQsv_kQ&t=2s> Acesso em: 22 jan 2022.

PAZ, N. **Sociedade 5.0: o que é e quais são os objetivos?** 2019. Disponível em:
<<https://blog.idwall.co/sociedade-5-0/>>. Acesso em: 14 jan 2022.

SABINO, E. **Visão geral sobre sistemas de suporte à decisão e inteligência de negócio.** 2021. Disponível em:<<https://materiasparaconcursos.com.br/2021/08/11/visao-geral-sobre-sistemas-de-suporte-a-decisao-e-inteligencia-de-negocio/>>. Acesso em: 22 jan 2022.

SCHWAB, K. **A Quarta Revolução Industrial**. São Paulo: Edipro, 2016.

SHAPIRO, L. G.; STOCKMAN, G. C. **Computer Vision**. Hoboken: Prentice Hall. 2002.