

IVAN MANTOVANI MENDES DE FREITAS

Levantamento de perigos para o uso de drones em inspeções na
indústria química

São Paulo

2018

IVAN MANTOVANI MENDES DE FREITAS

Levantamento de perigos para o uso de drones em inspeções na
indústria química

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Especialista em
Engenharia de Segurança do Trabalho

São Paulo

2018

Dedico este trabalho a minha filha que nasceu batalhadora vencendo a prematuridade e seus 1,3 kg no nascimento e 1,5 meses de UTI para que possa incentivá-la em sua preparação para os futuros desafios, pois determinação nasceu com ela.

A minha família que sempre me apoiou nos estudos e nas necessidades financeiras e emocionais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores do curso pela dedicação e esforço em transmitir o conteúdo programado durante as aulas em um período noturno em que ambos, professores e alunos, estavam em horário adicional ao normal de trabalho durante 3 dias por semana por dois anos letivos consecutivos

Agradeço aos colegas de turma pelo aprendizado situacional transcorrido durante estes dois anos de convívio e que contribuirão de fato para o crescimento da experiência de trabalhos em grupo.

Ali você não vê um torpedo sem cabos; você vê ali o primeiro de uma raça de robôs, homens mecânicos que farão o trabalho árduo da raça humana.

Nikola Tesla

RESUMO

Com os últimos avanços tecnológicos e a viabilização dos sistemas de aeronaves remotamente pilotadas comumente conhecidas por drones, o mercado de serviços relacionados com esse tipo de equipamento encontra-se em rápido crescimento. Objetivando avaliar a introdução segura destes dispositivos no ambiente da indústria química, desenvolveu-se esse estudo que analisa os perigos envolvidos no uso dessas aeronaves remotamente pilotadas para a tarefa de inspeção de equipamentos de processo, com o intuito de disponibilizar uma ferramenta de controle do tipo eliminação quando comparada ao método tradicional de inspeção no uso de andaimes ao entorno de uma chaminé, por exemplo, em que o acesso aos pontos de interesse para avaliação exige diversos controles incluídos em normas regulamentadoras. O texto traz informações sobre histórico de evolução do conceito e características de modelos atuais disponíveis no mercado e através de uma Análise Preliminar de Perigo (APP) discute aspectos como confiabilidade, técnicas de operação parâmetros de controle e outros pontos elucidando os perigos envolvidos nessa tarefa de inspeção com uso de aeronaves remotamente pilotadas, e também os controles necessários, que quando aplicados permitem o trabalho na condição de risco aceitável, conforme padrões adaptados de uma Instrução Normativa da Agência Nacional de Aviação Civil brasileira. Diante do que se apresenta, conclui-se que o objetivo proposto para este estudo foi alcançado.

Palavras-chave: Drone. RPAS. UAV. Inspeção. Indústria Química. Perigos. APP. Indústria 4.0.

ABSTRACT

Facing the recent technological improvements on the unmanned aerial vehicles, usually called Drones, there is a fast growing market on the use of those kind of equipment into a wide spread work assignments and with the aim of safely introduce these new technology on chemical plants scenarios this paper develops a compilation of the hazards involved on the external equipment inspection to verify the capability of being a substitutive way of the traditional access methods, like scaffolding, to achieve the inspection point on high stacks for example, where the worker needs a lot of careful and need to comply with Brazilian regulatory standards, among others. The paper brought the historically evolution of the drones concept, characteristics of the commonly equipment on the national market and by the use of a Workplace Risk Assessment and Control (WRAC) tool analyze aspects of reliability, equipment operation techniques and control parameters among others clarifying the hazards and also applicable controls that when adopted gives the user an acceptable level of risk based on an adapted risk matrix of the Brazilian civil aviation agency, therefore reaching the intended objective of this paper.

Keywords: Drones. RPAS. UAV. Inspections. Chemical Industry. Dangers. WRAC. Industry 4.0.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Criação de empresas por ano relacionadas com Drones.....	11
Figura 2 – Cadastro de Drones para uso profissional	12
Figura 3 – Configurações mais comuns de RPA.....	16
Figura 4 – Torpedo Spar	18
Figura 5 – Torpedo de Brennan	19
Figura 6 – Teleautomaton	21
Figura 7 – Comparação do tamanho de aeronaves	22
Figura 8 – Classificação das aeronaves remotamente pilotadas – RPA	24
Figura 9 – Fabricantes de RPAS e aeromodelos	27
Figura 10 – Quadricóptero Phantom 4 Pro.....	28
Figura 11 – Quadricóptero Mavic Pro.....	29
Figura 12 – Quadricóptero Inspire 1 Pro	30
Figura 13 – Hexacoptero H520	31
Figura 14 – Imagem captada por câmera térmica em unidade de transmissão de energia.....	32
Figura 15 - Imagem captada por câmera térmica em chaminés para identificação de regiões com superaquecimento	33
Figura 16 - Inspeção em telhados	33
Figura 17 – Imagem de vazamento gás captada por câmera com infravermelho	34
Figura 18 – <i>Flare</i> sendo inspecionado remotamente	37
Figura 19 – Drone sendo atacado por uma ave	38
Figura 20 – Bateria de LiPo.....	40
Figura 21 – Esquema de bateria LiPo	41
Figura 22 – Comparativo Tecnologias <i>Wireless</i> na indústria.....	43
Figura 23 – Projeto de drone sem hélice.....	44
Figura 24 – Fluxograma para gerenciamento de riscos	45
Figura 25 – Exemplo de representação em duas dimensões das classificações.....	49
Figura 26 – Exemplo de representação em três dimensões das áreas.....	49
Figura 27 – Elementos de um Andaime	51
Figura 28 – Investimento Andaime x Alpinismo industrial	52
Figura 29 – Imagem comparativa Andaime x Alpinismo Industrial.....	52

Figura 30 – Normas aplicáveis aos métodos de acesso para inspeção.....	54
Figura 31 – Hierarquia de Controles	55
Figura 32 – Eolípila (Máquina de Heron).....	58
Figura 33 – Matriz de risco.....	62

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
APP	Análise Preliminar de Perigos
DECEA	Departamento de Controle do Espaço Aéreo
FISPQ	Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos
FPV	<i>First Person View</i>
HART	<i>Highway Addressable Remote Transducer</i>
HT	<i>Hand Talk</i>
IS	Instrução Suplementar
Kp	<i>Planetary K index</i>
LED	<i>Light Emission Diode</i>
RBAC	Regulamento Brasileiro de Aviação Civil
RPA	<i>Remotely Piloted Aircraft</i>
RPAS	<i>Remotely Piloted Aircraft System</i>
RPS	<i>Remotely Piloted System</i>
SI	Sistema Internacional de Unidades
UAS	<i>Unmanned Aircraft Systems</i>
UAV	<i>Unmanned Aerial Vehicle</i>
UCAV	<i>Unmanned Combat Aerial Vehicle</i>
VANT	Veículo Aéreo não tripulado
VPS	<i>Vision Positioning System</i>

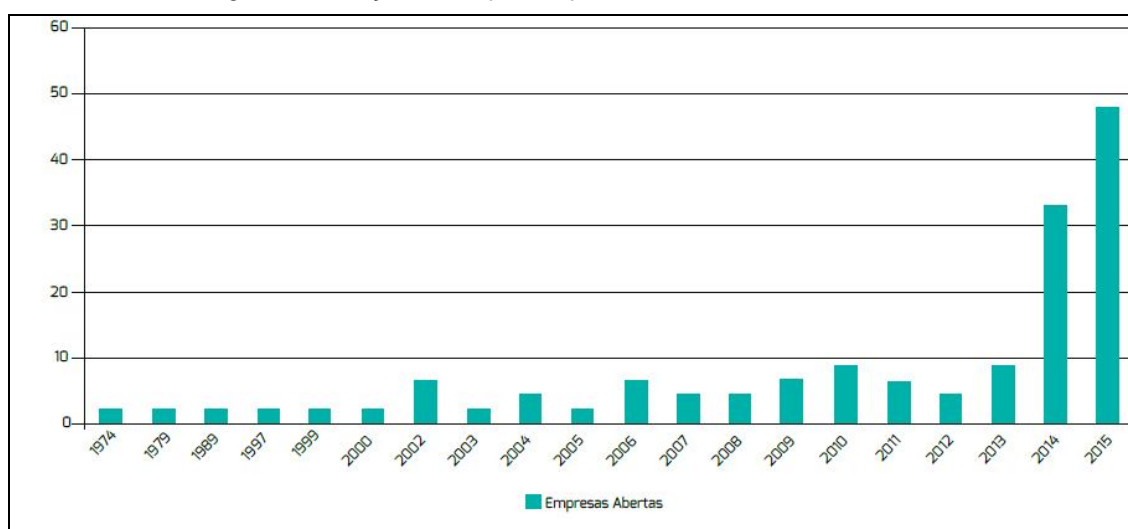
SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 OBJETIVO	12
1.2 JUSTIFICATIVA	13
2 REVISÃO DA LITERATURA	14
2.1 AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS - DRONES	14
2.1.1 Histórico	17
2.1.2 Legislação	21
2.1.3 Modelos	26
2.1.4 Acessórios	32
2.1.5 Usos divulgados	35
2.1.6 Histórico de falhas	37
2.1.7 Futuros desenvolvimentos de RPA comerciais	44
2.2 TÉCNICAS DE ANÁLISES DE RISCO	45
2.2.1 Análise Preliminar de Perigos - APP	45
2.3 ÁREAS CLASSIFICADAS	47
2.4 MÉTODOS TRADICIONAIS DE INSPEÇÃO	50
2.5 HIERARQUIA DE CONTROLES	54
2.5.1 Eliminação e Substituição	55
2.5.2 Controles de Engenharia	56
2.5.3 Controles Administrativos	56
2.5.4 Equipamento de Proteção Individual - EPI	56
2.6 INDÚSTRIA 4.0	57
3 MATERIAIS E MÉTODOS	61
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	61
3.2 METODOLOGIA	61
3.2.1 Matriz de Risco	62
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
5 CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS	67
APÊNDICE – PLANILHA APP	75

1 INTRODUÇÃO

O advento do uso civil de aeronaves remotamente pilotadas, popularmente conhecidas pela designação de drones, e seu custo acessível, trouxe aumento significativo do interesse pela fabricação e usos diversos desses equipamentos. Na Figura 1 verifica-se a crescente criação de empresas envolvidas com esse tipo de equipamento nos últimos anos (BRASIL, 2017a).

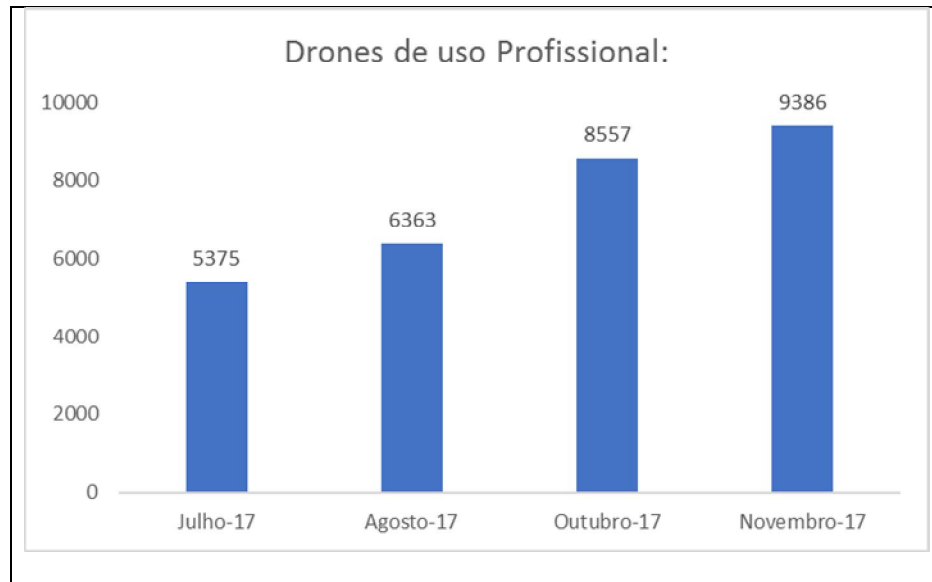
Figura 1 – Criação de empresas por ano relacionadas com Drones



Fonte: BRASIL, 2017a

A Figura 1 evidencia a grande evolução que ocorreu a partir de 2014 em criação de empresas que fabricam, comercializam e exploram o uso comercial de drones, enquanto a Figura 2, a seguir, mostra a evolução da quantidade de pessoas jurídicas que efetuaram o cadastro de drones apenas em 4 meses no ano de 2017, totalizando no mês de novembro deste mesmo ano 1.377 empresas cadastradas na Agência Nacional de Aviação Civil - ANAC relacionadas a Drones e uma soma de 9.386 equipamentos cadastrados com finalidade profissional, o que já representa aproximadamente 40% do total de equipamentos cadastrados na agência de aviação civil (BRASIL, 2018).

Figura 2 – Cadastro de Drones para uso profissional



Fonte: BRASIL, 2018

Estas empresas atuam em diferentes segmentos com diferentes propósitos profissionais, desde a fotografia e filmagem de eventos, como casamentos, esportes entre outros eventos, serviços de auxílio na área de agronegócio e inclusive as que estão iniciando serviços para a indústria em geral, incluindo o uso desses equipamentos dentro de um ambiente restritivo que é a indústria química nas atividades de inspeção em equipamentos/estruturas que apresentam riscos à exposição do trabalhador.

1.1 OBJETIVO

Este trabalho tem por meta realizar um estudo sobre os perigos envolvidos na utilização de aeronaves remotamente pilotadas, dentro do ambiente das instalações industriais de uma empresa do setor químico.

1.2 JUSTIFICATIVA

O autor desta monografia, graduado em engenharia química, atualmente desempenha a função de engenheiro de segurança de processos em uma indústria química localizada no polo petroquímico do ABC paulista, e dentre suas funções está a realização de análises de segurança de processo onde estuda as condições perigosas do processo de produção a fim de avaliar seus perigos e decidir sobre as ações necessárias para operação dentro da região de risco aceitável. Este trabalho de levantamento de perigos associados a utilização de aeronaves remotamente pilotadas futuramente será aplicado de forma prática pelo autor em sua função profissional, motivando a realização deste estudo e o aprofundamento no conhecimento deste tema.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS - DRONES

Atualmente é comum denominar por Drone os veículos aéreos não tripulados, excetuando-se os aeromodelos, e este nome tem origem na palavra inglesa *Drone* que significa Zangão ou zumbido, e, portanto, faz referência ao som emitido pelos equipamentos voadores que é semelhante ao zumbido de um zangão (BRASIL, 2015). Há relatos de que esta denominação tem por raiz histórica o mesmo efeito de percepção, pelo som, da presença dos equipamentos voadores assim como ocorreu na segunda-guerra mundial com os mísseis alemães V1 (*Vergeltungswaffe 1 Fi 103 / FZG-76*) que em tradução significa “arma de represália” ou “arma de vingança” e a sigla FZG é uma abreviação de *Flak Ziel Gerät* ou em tradução “dispositivo de mira antiaéreo”, mas que entre os ingleses e os belgas ambos mais afetados pelos ataques com esse míssil as denominavam de *Buzz Bomb* – bomba zumbidora ou *DoodleBug*, que em tradução livre obtém-se algo aproximado a “esboço de inseto” que de certa forma refere-se ao zumbido por ele emitido ser semelhante ao de um inseto, o que é o mesmo que ocorre com os atuais Drones (EXPRESS, 2014).

No Brasil os Drones foram inicialmente denominados de maneira formal como VANT que é uma abreviação de Veículos Aéreos Não Tripulados e tem origem no termo em inglês *Unmanned Aerial Vehicle*, sendo esta última designação ainda hoje comumente encontrada na *internet*, e mesmo em estudos em língua inglesa, também por sua sigla UAV. Atualmente o termo VANT não é mais oficialmente utilizado, conforme documento 10019 “*Manual on RPAS*” da Organização de Aviação Civil Internacional – OACI (ICAO, 2015).

No mesmo documento definiu-se a sigla RPAS como a mais adequada e que vem sendo adotada internacionalmente para os veículos aéreos remotamente pilotados para uso não recreativo. RPAS é uma abreviação do termo em inglês *Remotely Piloted Aircraft System* e significa literalmente em português Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada - SARP, e de modo a priorizar a segurança dos voos por adotar um modelo mental de reconhecimento internacional do equipamento pela

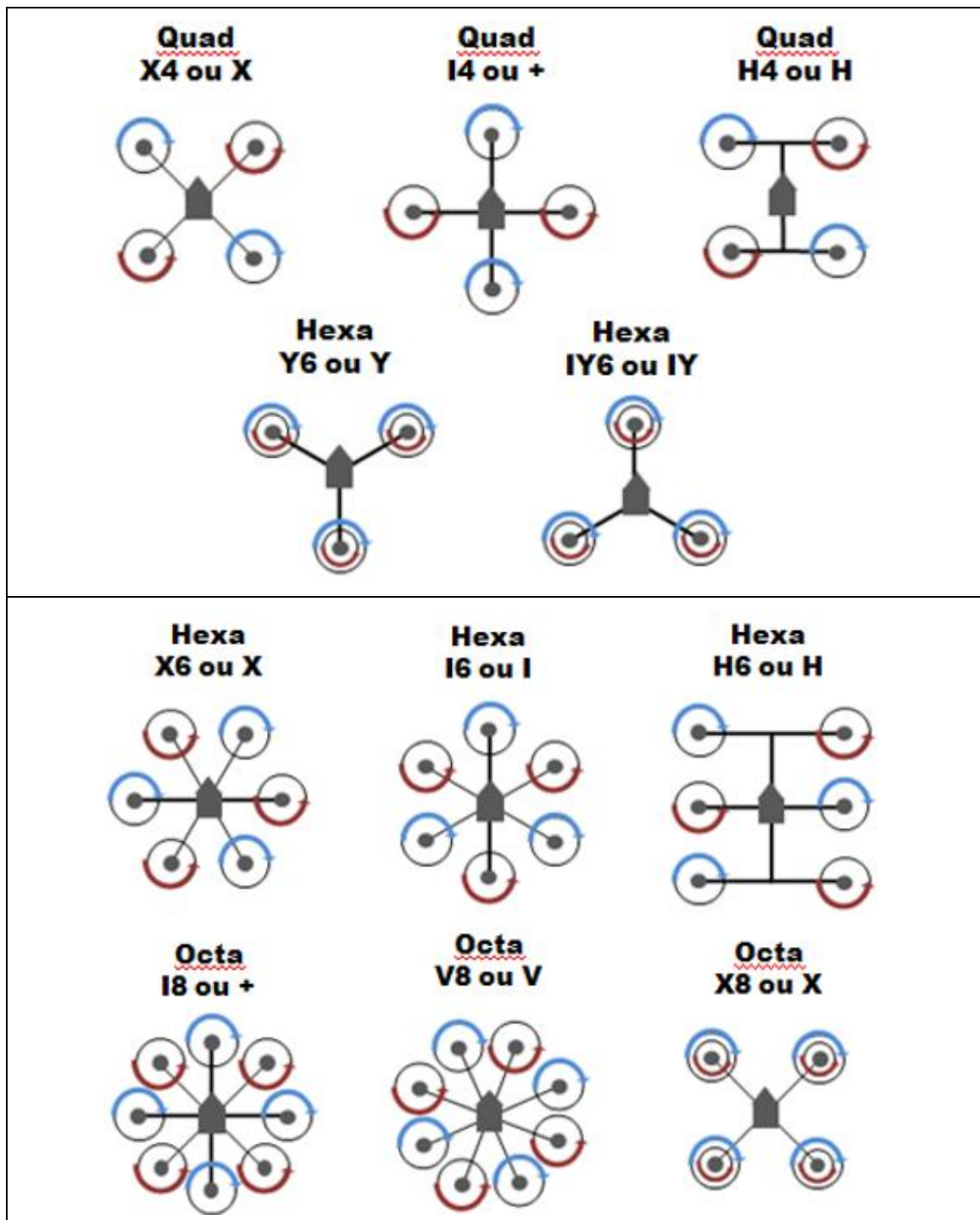
mesma denominação independentemente do idioma o Brasil adotou oficialmente o uso do termo RPAS ao invés da sigla SARP, além também do fato agravante de que esta sigla possui outro significado, de termo inglês, também definido no mesmo documento 10019 e que portanto geraria uma confusão adicional.

Pelo documento número 94 (RBAC – E nº 94), Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial – RBAC da ANAC, atualmente é definido a denominação de RPAS para as aeronaves não tripuladas de uso civil não recreativo, enquanto que as de uso recreativo ficam oficialmente denominadas como aeromodelos (BRASIL, 2017b).

Dentro ainda da denominação dessas aeronaves há uma distinção entre a maneira pela qual efetua seus voos e sustentação no ar e que é também muito utilizada no lugar da palavra drone, RPAS ou RPA. Esta classificação possui uma distinção entre os RPA que utilizam asa fixa e os que utilizam hélices, sendo contudo mais comumente designadas pelos rotores que na maioria das vezes são maiores que a unidade, e, portanto são genericamente chamados de multirrotores ou multicópteros, ou seja a classificação em geral se divide entre asa fixa e multirrotores, sendo os mais comuns nesta última categoria os chamados quadricópteros, abreviados geralmente por Quad, que são os RPA que possuem quatro rotores, os hexacópteros, ou Hexa, com seis rotores e os octacópteros, Octa, com oito rotores, muito menos frequente existem os tricópteros, com três rotores, sendo contudo que são mais estáveis os que possuem rotores em número múltiplos de 2 iniciando a partir de 4 hélices, uma vez que mantém estabilidade aceitável operando as hélices em grupos igualmente divididos onde metade destas giram no sentido horário (passo normal) e a outra metade no sentido anti-horário (passo invertido) respeitando uma ótima configuração de interposicionamento entre esses sentidos (IMPREDIA, 2018).

A Figura 3 mostra as mais comuns configurações com respeito ao sentido de giro dos rotores, sendo a cor azul o giro no sentido horário e a vermelha no sentido anti-horário, contudo há outras variações menos disponíveis no mercado de RPA.

Figura 3 – Configurações mais comuns de RPA



Fonte: Adaptado de IMPREMEDIA, 2018

As configurações Hexa Y, Hexa IY e Octa X apresentam duas setas pois possuem diferentes rotores posicionados um sobre o outro que giram em sentido inverso.

2.1.1 Histórico

A primeira descrição da ideia e concepção de uso de dispositivos aéreos sem piloto embarcado remonta ao século XIX, quando em Agosto de 1849 a Áustria ataca a então república de São Marcos – atualmente conhecida por Veneza – que revoltara-se contra o domínio austríaco presente na região desde 1797 em função do tratado de Campo Formio firmado entre a monarquia austríaca, após rendição para Napoleão Bonaparte, e o império Francês, encerrando assim a primeira coligação e cedendo para o império francês a região da Lombardia, reconhecendo a região da Cisalpina, futuramente Reino da Itália, e renunciando a região hoje conhecida por Bélgica e Luxemburgo, além de concessões de livre acesso de tropas, em troca da região de Veneza e suas ilhas e da Dalmácia (HOLMAN, 2009). Esta região, após revolta em 1849, promovida por descontentamento em relação à opressão dos austríacos e que posteriormente foi incluída como parte da primeira guerra de independência italiana, sofreu um ataque dos austríacos que pela primeira vez fizeram uso de cerca de 200 balões, não tripulados e equipados com explosivos de 30 libras e fusível de retardo de liberação para efetuar o lançamento da carga após 30 minutos de sua soltura no ar com direção de vento favorável atingindo então o alvo definido, ou também alguns com acionamento a distância através de um fio de cobre (MCDAID e OLIVER, 1997). Contudo, a história mostra que o resultado desta inovação não foi completamente satisfatório tendo muitas das bombas atingido a própria região então controlada pela Áustria ou em outros locais não desejados, devido a alteração da direção dos ventos, ou seja por não ser possível o controle da trajetória destes balões. Embora o ataque dos balões armados não produziu completamente o efeito desejado, a Áustria manteve o controle da região sendo que um tratado de paz e a completa saída dos austríacos ocorreu apenas em 1866, tendo capítulo intermediário em 1859 na chamada segunda guerra de independência italiana (HOLMAN, 2009).

Porém, de acordo com relatos chineses, equipamentos precursores datados do século XIV, antes dos dispositivos aéreos, os dispositivos navais e militares de defesa evoluíram, hoje conhecidos como minas aquáticas. Estes equipamentos estáticos eram detonados quando havia o choque entre uma embarcação e o

explosivo (ERICKSON; GOLDSTEI; MURRAY, 2019). Em 1812, o Russo Pavel L'vovitch Schilling, que foi o pioneiro na área do telégrafo elétrico, também utilizou seus conhecimentos nesta área da eletricidade para incorporar cabos entre as minas aquáticas e circuitos elétricos permitindo que as mesmas pudessem ser detonadas a distância pelo comando de um operador.

No século 19, Robert Fulton adaptou estas minas a uma estrutura longa, que a uma distância segura do navio (Figura 4), ou preferencialmente em submarinos que a suportava, atingia o alvo, causando danos ao inimigo e que pela semelhança ao efeito atordoante causado pelo peixe elétrico conhecido como *Torpid Fish* foi então nomeado pelo inventor como torpedo (RICCI, 2012).

Figura 4 – Torpedo Spar



Fonte: MARITIME PARK ASSOCIATION, 2013

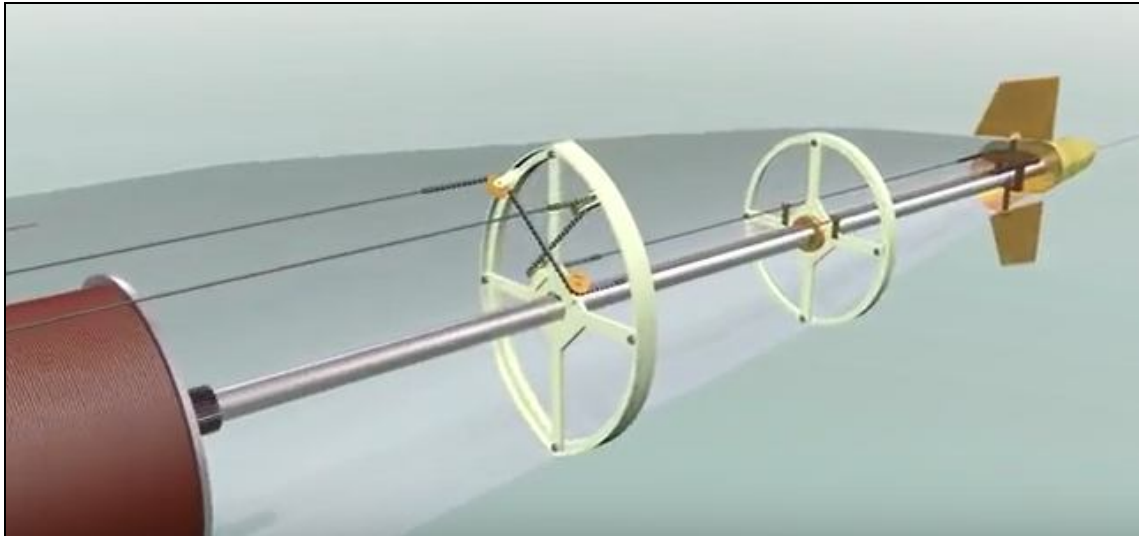
Esta adaptação transformou as minas então utilizadas para defesa em dispositivos de ataque, contudo com óbvias limitações devido à proximidade entre o dispositivo e o navio de ataque (MARITIME PARK ASSOCIATION, 2013).

Em 1866, Robert Whitehead desenvolveu um modelo de torpedo que não apenas era carregado, mas poderia ser lançado e possuía um dispositivo propulsor de ar comprimido que o impulsionava em trajetória retilínea em direção ao alvo (RIGBY, 2004).

Em 1877, Louis Brenann desenvolveu este torpedo adaptando lemes que ligados por cabos em um sistema de rodas localizado na base de lançamento permitiam

alterar a direção de percurso do torpedo após o seu lançamento (Figura 5) (SANDOW, 2018).

Figura 5 – Torpedo de Brennan



Fonte: SANDOW, 2018

Em 1886, Heinrich Rudolf Hertz demonstrou a produção das preditas ondas de Maxwell que possuía este nome em homenagem ao pesquisador James Clark Maxwell que demonstrou teoricamente a existência de ondas eletromagnéticas a partir da consolidação de teorias de Faraday, Lorentz, Gauss e Ampere (GERICKE, 20--?).

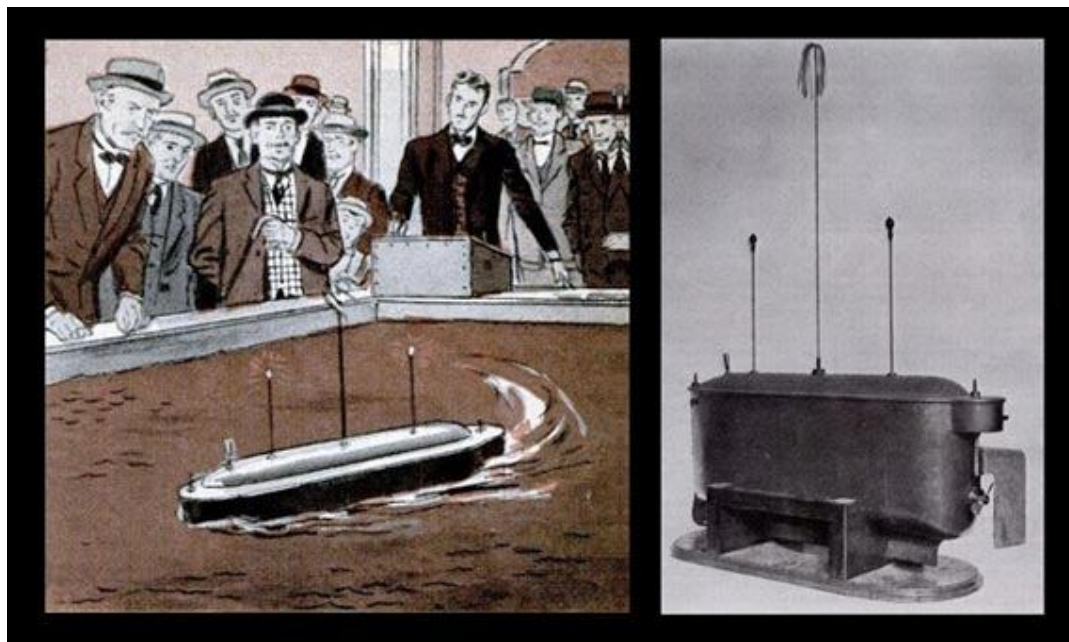
Hertz descobriu que a rápida oscilação dos elétrons em um cabo condutivo gera ondas eletromagnéticas que se espalham pelo ambiente e que também podem ser detectadas por outro dispositivo semelhante. Atualmente esses dispositivos são conhecidos como antenas e inicialmente esse fenômeno foi chamado de ondas de Hertz, sendo hoje em dia conhecidas como ondas de rádio. É em função desta descoberta que atualmente são medidas as oscilações por segundo, que são chamadas de frequência, em uma unidade denominada Hertz, cuja abreviação é Hz, e as frequências de rádio em múltiplos dessa unidade, como por exemplo mega-Hertz, giga-Hertz ou outros múltiplos ou submúltiplos (GERICKE, 20--?).

Considera-se que Aleksander Stepanovich Popov foi o primeiro pesquisador a fazer uso das antenas para efetuar uma transmissão de rádio, quando em janeiro de 1896 efetuou uma transmissão entre dois edifícios da universidade de São Petersburgo, tendo antes em 1895 apresentado os estudos deste invento.

Outros pesquisadores de diferentes países, onde destacam-se Guglielmo Marconi da Itália e também o Roberto Landell de Moura do Brasil, reivindicam a seus pesquisadores o início das transmissões de rádio cada qual indicando uma particularidade da transmissão, contudo o foco desta revisão bibliográfica volta-se para 8 novembro de 1898 quando então Nikola Tesla registrou a patente número 613,809 nos Estados Unidos da América, para utilizar as ondas de rádio frequência não para comunicação humana mas para o controle a distância, sem conexão aparente, de uma pequena embarcação em uma piscina de testes instalada nas dependências do hotel Madison Square Garden, localizado na cidade de Nova Iorque, durante a Feira de exibição de Elétrica – *Electrical Exhibition* (Figura 6).

A pequena embarcação chamada por Tesla de *teleautomaton*, tratava-se de um barco de comprimento aproximado de 1,2m (4 ft) o qual ele conseguia manobrar nas diferentes direções e acender e apagar suas luzes. Na época da demonstração deste invento estava em desenvolvimento a guerra civil hispano-americana e na exposição haviam outras invenções direcionadas para a área bélica e então esta invenção de Tesla primeiramente foi associada a uma evolução do eficiente torpedo guiado por cabos desenvolvido em 1877 pelo irlandês Louis Brennan. Outros autores como John Ericsson, John Louis Lay, and Victor von Scheliha também possuem inventos na área de torpedos em datas anteriores ao de Lois Brennan, porém menos eficientes. Contudo, em entrevista na referida feira, Nikola Tesla afirmou que este invento não se tratava de uma evolução do torpedo guiado por cabos, e entende-se pela frase descrita na epígrafe deste estudo que ele já vislumbrava outros usos além do militar (TURI, 2014).

Figura 6 – Teleautomaton



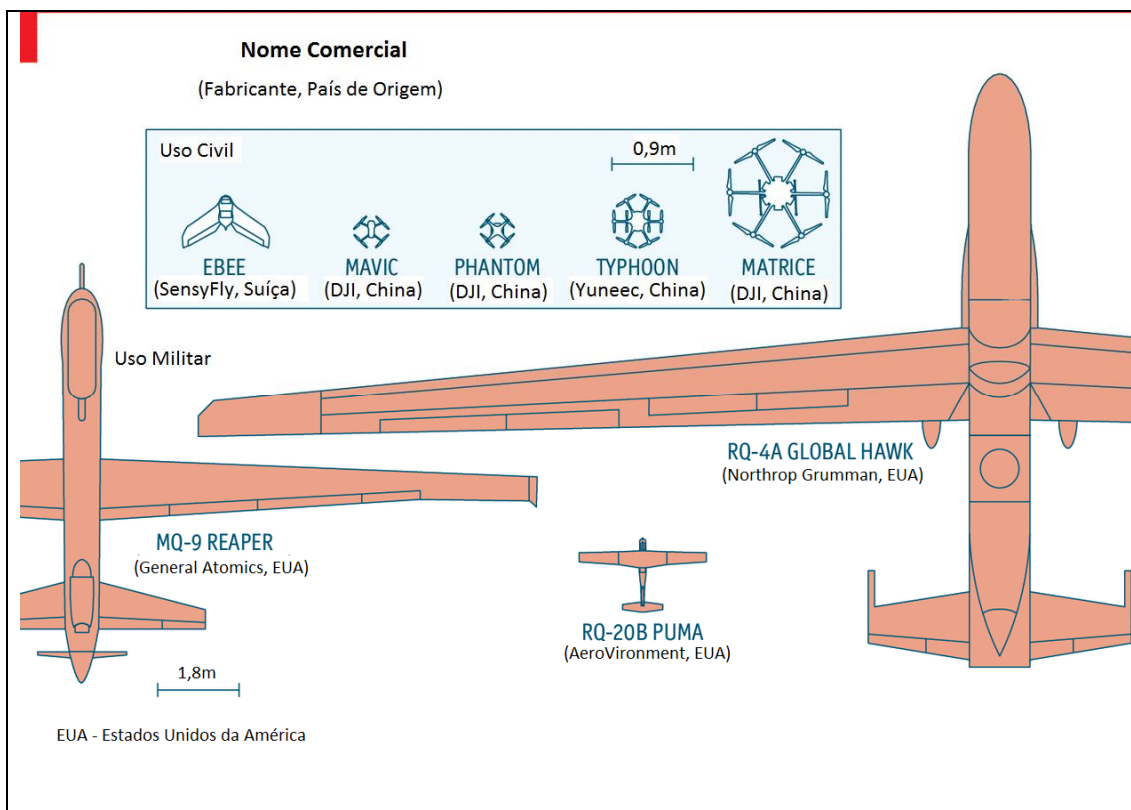
Fonte: TURI, 2014

Desde este primeiro uso as ondas de rádio para controle remoto de equipamentos seu uso foi difundido e ampliado em diversas áreas, incluindo os aeromodelos e os chamados Drones.

2.1.2 Legislação

Verifica-se que independentemente do tamanho do equipamento, que pode variar de algumas gramas a toneladas, esses equipamentos são internacionalmente classificados como aeronaves e no Brasil isto encontra amparo legal no texto do artigo 106 do Código Brasileiro de Aeronáutica, Lei nº 7.565/1986, que descreve “considera-se aeronave todo aparelho manobrável em voo, que possa sustentar-se e circular no espaço aéreo, mediante reações aerodinâmicas, apto a transportar pessoas ou coisas” (BRASIL, 1986). A Figura 7 mostra uma escala dos equipamentos atuais tanto no uso civil quanto no uso militar

Figura 7 – Comparação do tamanho de aeronaves



Fonte: Adaptado de THE ECONOMIST, 2017

Além da questão de segurança, é com este amparo legal que o comando da aeronáutica tem como obrigação regulamentar as atividades com aeromodelos e RPAS e também estes usuários necessitam estar cadastrados e seguir a regulamentação vigente que atualmente está descrita nos documentos emitidos pelo Departamento de Controle do Espaço Aéreo – DECEA, sendo eles:

- Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial número 94 – RBAC-E nº 94 (BRASIL, 2017b), cujo título é “Requisitos Gerais para Aeronaves não Tripuladas de uso Civil”, aprovada na resolução nº 419 de 2 maio de 2017, e também pela;
- Instrução Suplementar - IS nº E94-003, Revisão A (BRASIL, 2017c), que trata sobre “Procedimentos para elaboração e utilização de avaliação de risco operacional para operadores de aeronaves não tripuladas”, aprovada pela Portaria nº1.474/SPO também em 2 de maio de 2017.

Os considerados aeromodelos, ou seja, as aeronaves remotamente pilotadas para uso recreativo também devem seguir o descrito na Portaria DAC nº 207 (BRASIL, 1999), que estabelece as Regras para Operação do Aeromodelismo no Brasil, e, embora emitida antes dessa grande popularização dos chamados drones, possui regras que devem ser complementares aos outros documentos acima mencionados da ANAC e DECEA.

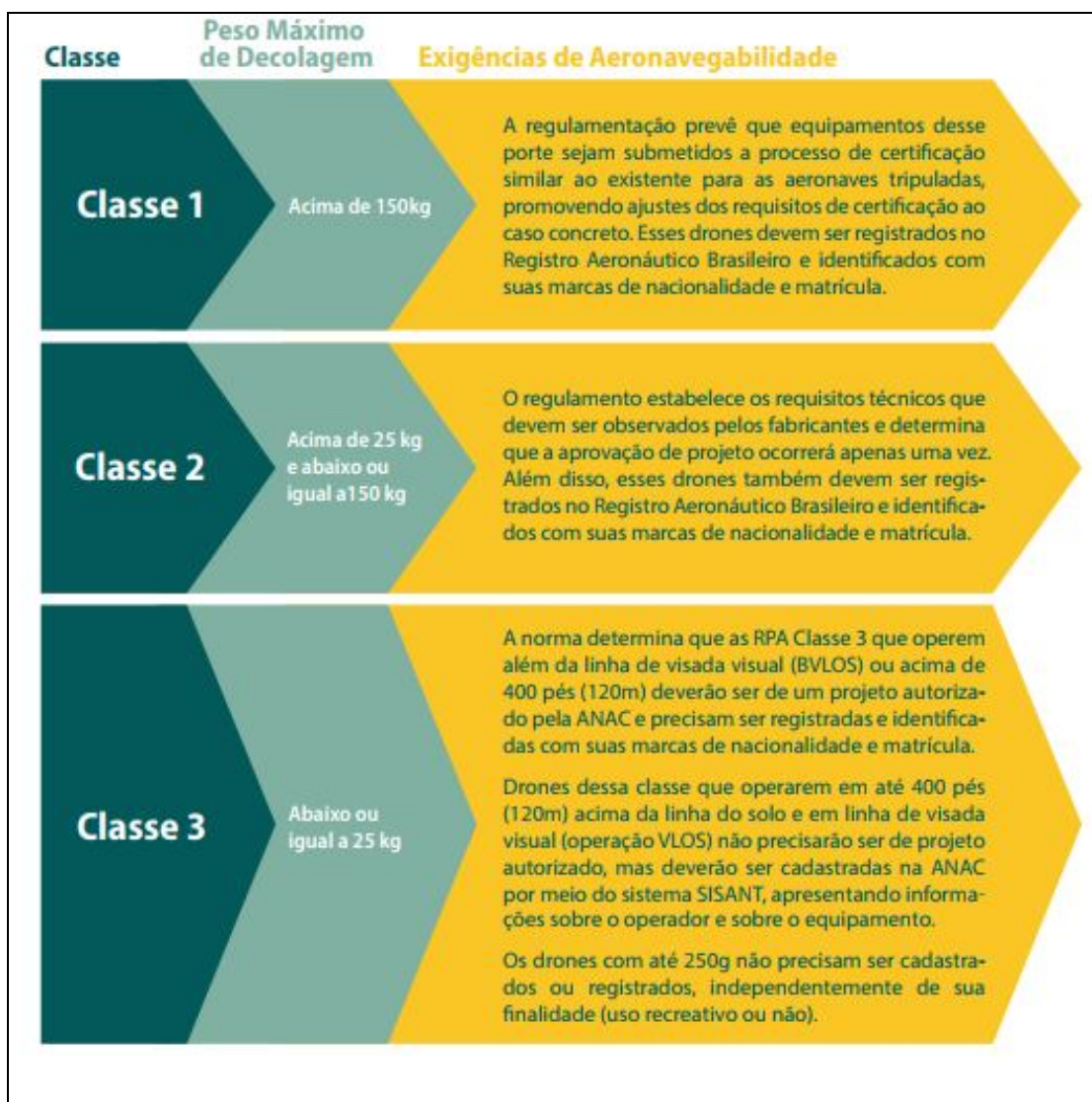
Em função da característica de pilotagem remota ser efetuada através de micro-ondas, é exigida também uma regulamentação pela Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL, de forma a ordenar as frequências dos RPAS e outros dispositivos de comunicação com a intenção de evitar interferências entre essas transmissões, como por exemplo entre os RPAS e os satélites de comunicações (BRASIL, 2017d).

- Classificação das aeronaves

A classificação das aeronaves remotamente pilotadas – RPA estão definidas no documento RBAC-E94 (BRASIL, 2017c) e baseadas na máxima massa em kilogramas de decolagem, a qual está ilustrada na Figura 8 e descrita a seguir:

- Classe 1: RPA com massa máxima de decolagem maior que 150kg;
- Classe 2: RPA com massa máxima de decolagem maior que 25kg e igual ou menor que 150kg;
- Classe 3: RPA com massa máxima de decolagem menor ou igual a 25kg.

Figura 8 – Classificação das aeronaves remotamente pilotadas – RPA



Fonte: BRASIL, 2017e

Dentre as regras estabelecidas pela ANAC, não há uma classificação especial para aeronaves com peso inferior a 250 g, porém em algumas partes do documento aeronaves com peso inferior a esse valor possuem regulamentações ou exceções a regras expressamente definidas.

- Principais pontos

Alguns pontos importantes do documento Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial número 94 – RBAC – E nº 94 de maio de 2017 (BRASIL, 2017c), cujo título é “Requisitos Gerais para Aeronaves não Tripuladas de uso Civil”, são:

- A operação de aeronaves não tripuladas deve manter distância mínima de 30 metros na direção horizontal de qualquer pessoa que não tenha expressamente autorizado a aproximação, excetuando-se as envolvidas na operação da aeronave, e somente se houver barreira física resistente o suficiente para evitar danos às pessoas em caso de algum acidente. Qualquer pessoa que não expressou a autorização de aproximação sem esta barreira é descrita no documento por pessoa não anuente;

- Linha de Visada Visual é um termo derivado do inglês *Visual Line of Sight* – de sigla VLOS, e é importante pois tanto a regulamentação brasileira quanto internacionais distinguem a operação das aeronaves remotamente pilotadas em operações dentro da linha de visada visual ou seja quando a aeronave já em voo permanece avistável pelo operador do equipamento sem o uso de recursos adicionais como lentes, exceto as corretivas, ou o auxílio de um observador adicional, e que desta maneira possa manobrar a aeronave mantendo sua operação dentro da norma de distanciamento de pessoas ou mesmo da capacidade de observar e efetuar manobras de distanciamento e desvio em relação a outras aeronaves ou obstáculos;

- Como dito anteriormente, além da operação dentro da linha de visada visual, existe também a operação além da linha de visada visual, que em seu termo inglês é conhecida pela sigla BVLOS – *Beyond Visual Line of Sight*, cuja tradução já descrita antes desse termo em inglês é interpretada como sendo aquela onde a aeronave encontra-se fora da visualização direta do operador do equipamento, e ressalta-se que o monitor por onde se visualiza a imagem da câmera do drone não é considerada linha de visada visual;

- EVLOS ou *Extended Visual Line of Sight*, que em português significa linha de Visada Visual Extendida, é caracterizada pela situação onde o operador de RPA não mantém contato visual com a aeronave, porém sempre há algum observador, ainda

que sem o uso de lentes, além das corretivas caso necessário pelo observador, esteja em contato visual com o RPA, passando as informações necessárias ao operador da aeronave, mesmo que por rádio de comunicação, de modo a manter a observância de todas as regras de condução do equipamento;

- Pilotos de RPA devem ser maiores de 18 anos, observação feita para os aeromodelos que não possuem limite de idade;

- Pilotos de RPA com peso acima de 25 kg inclusive devem possuir certificado médico aeronáutico válido;

- Para qualquer classe de RPA, ou seja, para qualquer peso de equipamento, quando a altura de voo ultrapassar 400 pés, e é nesta unidade que está definido no documento da ANAC, e cuja transformação para o Sistema Internacional de unidades (SI) seguindo as regras de arredondamento definidos pela ABNT 5891:2014 obter-se-ia o valor de 122 m, contudo em outro documento disponível no site da ANAC a agência declara que no Sistema Internacional de unidades ela considera como valor limite a altura máxima de 120 m, de acordo com as regras da ANAC (BRASIL, 2017e) e como descrito na Figura 8, necessita de autorização de voo emitida pela agência mediante solicitação prévia do operador.

- Algumas exceções são realizadas para aeronaves com peso inferior a 250g, como por exemplo ausência de necessidade de registro da aeronave na ANAC.

- Operações de RPA acima de 250 g, além de atenderem as regras descritas no documento RBAC – E nº 94, devem também ter disponível uma Avaliação de Risco E.94.103, item f subitem 2.

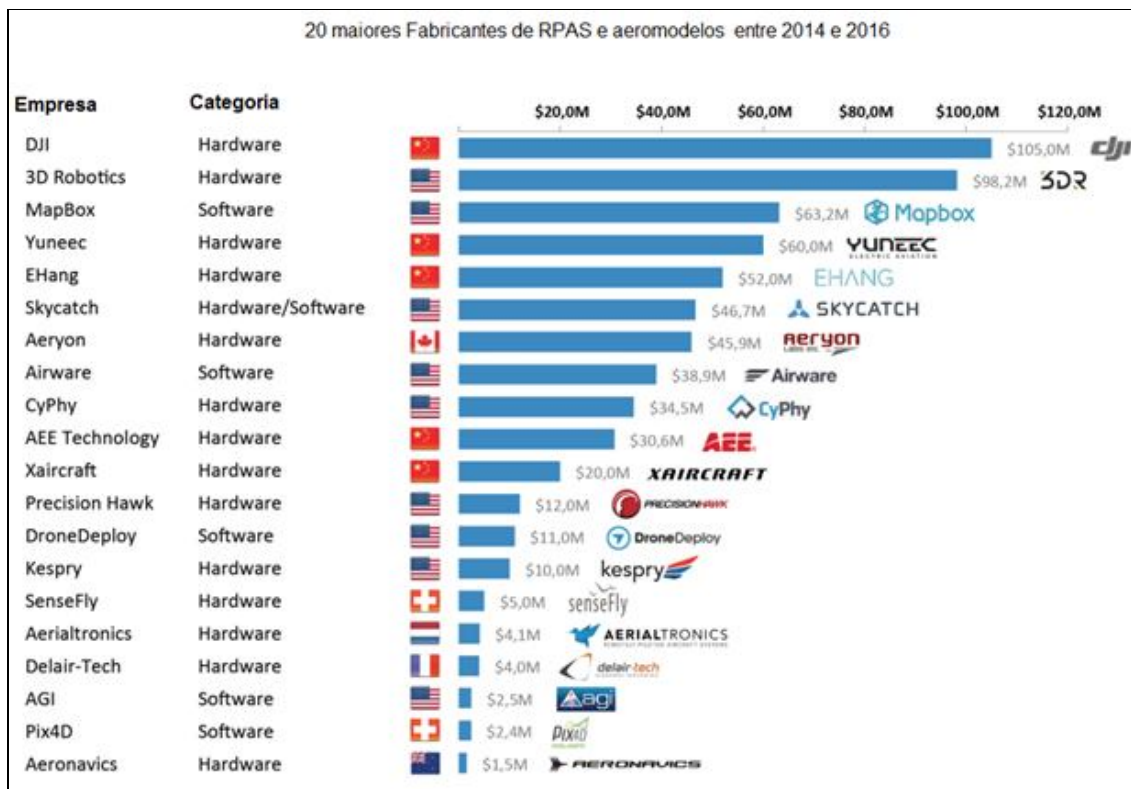
2.1.3 Modelos

Atualmente há uma grande variedade de aeronaves e muitos modelos estão chegando ao mercado brasileiro e também o desenvolvimento é contínuo nesta área. Na seção desta revisão o autor irá expor alguns dos principais fabricantes mundiais de RPA, seus principais modelos, suas funções principais de uso não profissional e também alguns voltados para o uso industrial, com o intuito de

familiarizar o leitor com as principais características de uma aeronave remotamente pilotada.

A Figura 9 traz uma relação dos principais competidores no mercado global de RPAS e aeromodelos.

Figura 9 – Fabricantes de RPAS e aeromodelos



Fonte: Adaptado de DRONE INDUSTRY INSIGHTS, 2016

A marca DJI - *Dajiang Innovation* aparece como líder de mercado, segundo relatório da Oppenheimer (2016) e tem sua série muito popular de quadricópteros *Phantom*. Este possui algumas categorias, como por exemplo a Pro, a SE, a Avançada e a STD. Na Figura 10 está ilustrado o Phantom 4 Pro.

Figura 10 – Quadricóptero Phantom 4 Pro



Fonte: DJI, 2017

De acordo com o fabricante (DJI, 2017), as características da aeronave Phantom 4 Pró são:

- Peso: 1388 g (com bateria e câmera);
- Dimensão: 350 mm (diagonal);
- Autonomia de voo aproximada: 30 minutos;
- Distância de transmissão: 7000 m;
- Altura máxima de operação: 6000 m (acima nível do mar);
- Velocidade máxima horizontal: 72 km/h;
- Velocidade máxima de subida: 6 m/s;
- Velocidade máxima de descida: 4 m/s;
- Resistência máxima ao vento: 10 m/s;
- Temperatura de operação: 0° a 40° Celsius;
- Resolução de fotografia: 20 megapixels;
- Resolução de vídeo: 4K;
- Sensor: CMOS;
- 05 Sensores, 1 inferior e 4 laterais;
- Sistema de posicionamento: GPS/GLONASS (Americano e Russo).

Outros quadricópteros da mesma empresa são o Mavic Pro (Figura 11) e o Inspire 1 Pro (Figura 12). De acordo com o fabricante, estes possuem as seguintes características:

Figura 11 – Quadricóptero Mavic Pro



Fonte: DJI, 2017

- Peso: 734 g (com bateria e câmera);
- Dimensão: 335 mm (diagonal);
- Dimensão dobrado: 83 x 83 x 198mm;
- Autonomia de voo aproximada: 27 minutos;
- Distância de transmissão: 4000 m;
- Altura máxima de operação: 5000 m (acima nível do mar);
- Velocidade máxima: 65 km/h;
- Velocidade máxima de subida: 5 m/s;
- Velocidade máxima de descida: 3 m/s;
- Resistência máxima ao vento: 10 m/s;
- Temperatura de operação: 0° a 40° Celsius;
- Resolução de fotografia: 12.7 megapixels;
- Resolução de vídeo: 4K;
- Sensor: CMOS;
- Sensor frontal;
- Sistema de posicionamento: GPS/GLONASS (Americano e Russo).

Figura 12 – Quadricóptero Inspire 1 Pro



Fonte: DJI, 2017

- Peso: 3400 g (com bateria e câmera);
- Dimensão: 559 mm (diagonal);
- Autonomia de voo aproximada: 15 minutos;
- Distância de transmissão: 5000 m;
- Altura máxima de operação: 4500 m (acima nível do mar);
- Velocidade máxima horizontal: 65 km/h;
- Velocidade máxima de subida: 5m/s;
- Velocidade máxima de descida: 4m/s;
- Resistência máxima ao vento: 10 m/s;
- Temperatura de operação: -10° a 40° celsius;
- Resolução de fotografia: 16 megapixels;
- Resolução vídeo: 4K;
- Sensor: CMOS 4/3;
- Bitrate: 60 MBPS;
- Dois controles para operação individual drone x câmera;
- Câmera 360 graus;
- Sensores inferiores para voos internos;
- Lentes intercambiáveis;
- Interface para câmera térmica;

Da empresa Chinesa Yuneec, o modelo hexacóptero H520 na Figura 13.

Figura 13 – Hexacóptero H520



Fonte: YUNEEC, 2018

- Peso: 1645 g (com bateria e câmera);
- Dimensão: 520 mm (diagonal);
- Autonomia de voo aproximada: 28 minutos;
- Distância de transmissão: 1600 m;
- Altura máxima de operação: 4500 m (acima nível do mar);
- Velocidade máxima horizontal: 61 km/h;
- Velocidade Máxima de subida: 4m/s;
- Velocidade Máxima de descida: 2,5m/s;
- Resistência máxima ao vento: 18 a 25 m/s;
- Temperatura de operação: -33° a 50° celsius;

Também é comum no mercado os modelos:

- Walkera GPS QR X800;
- Matrice 200 Series;
- Lockheed Indago 2;
- Parrot BeBop 2.0;
- Astech Falcon 8;
- 3D Robotics Solo.

2.1.4 Acessórios

Muitos são os acessórios capazes de serem acoplados aos RPAS, a maioria são câmeras, porém também há outros como radares, sensores, equipamentos de comunicação e outros. A seguir estão expostos alguns dos principais acessórios que podem ser utilizados para inspeções na indústria química.

- câmeras térmicas

A reconhecida marca industrial de câmeras térmicas FLIR possui também uma linha comercial de câmeras adaptáveis a alguns modelos de RPA e que permitem a inspeção, por exemplo, em unidades de transmissão de energia, chaminés e telhados, como se vê nas Figuras 14, 15 e 16.

Figura 14 – Imagem captada por câmera térmica em unidade de transmissão de energia



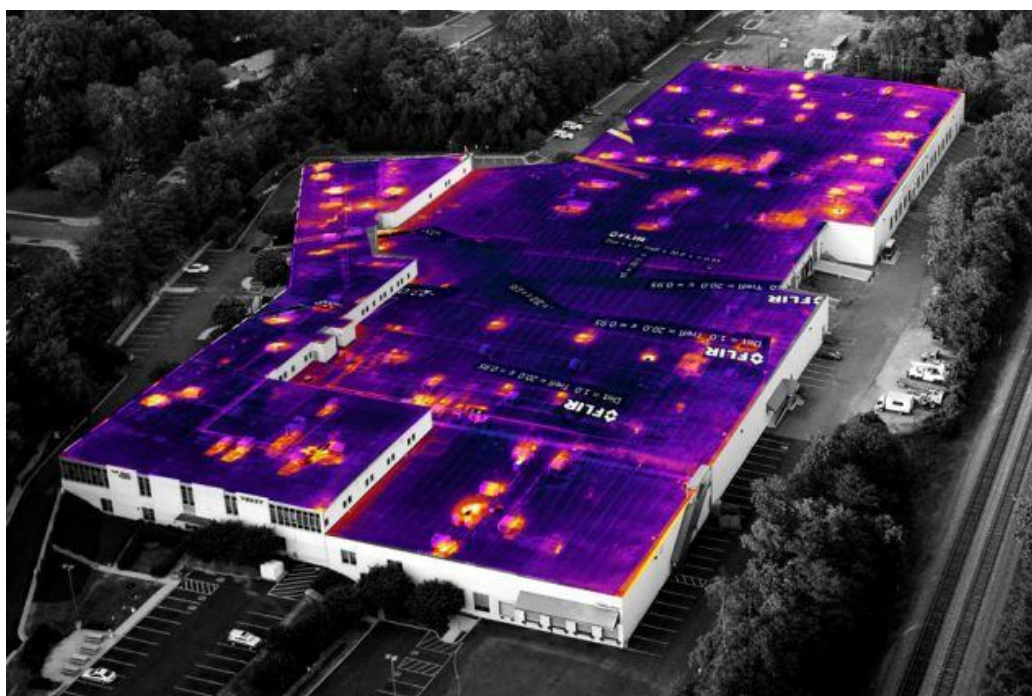
Fonte: PRO AERIAL SERVICES

Figura 15 - Imagem captada por câmera térmica em chaminés para identificação de regiões com superaquecimento



Fonte: PRO AERIAL SERVICES

Figura 16 - Inspeção em telhados



Fonte: COASTAL DRONE SERVICE

- câmeras com infravermelho

Estas câmeras detectam vazamentos de gases através de infravermelho, como se vê na Figura 17, e algumas vezes com recursos mais específicos para melhor identificação de cada gás que se queira visualizar. As tecnologias continuam em desenvolvimento nesta área específica como se vê pela competição efetuada pela Universidade de Stanford nos Estados Unidos da América para a busca de soluções de câmeras para serem instaladas por exemplo em RPA que façam a detecção e mensuração de vazamentos de gás metano, ou ainda por testes que estão sendo elaborados por outras instituições, como a agência espacial americana, conforme artigo de HURLEY (2017).

Câmeras de infravermelho são utilizadas para detecção de diversos gases como Óxido Nitroso (N_2O), Isocianato de Cloro (CCINO), Ceteno, Silanos (H_4Si), Arsina (AsH_3) e outros (FLIR, 2018).

Figura 17 – Imagem de vazamento gás captada por câmera com infravermelho



Fonte: FLIR, 2018

2.1.5 Usos divulgados

A partir do *European Drones Outlook Study Unlocking the value for Europe* (SESAR, 2016) verifica-se que muitos são os usos do drone. Dentro esses usos têm-se:

- Jornalismo, também chamado de dronalismo;
- Filmagem de eventos como casamentos ou festas;
- Eventos Esportivos; filmagens e acompanhamento de atletas
- Atendimento a emergências e desastres;
- Entregas;
- Órgãos governamentais em fiscalização ou policiamento;
- Mineração;
- Mapeamento de terreno; ou
- Agricultura de Precisão.

Maior detalhamento sobre o uso de aeronaves remotamente pilotadas para inspeções estão na sequência:

- Inspeções

Inspeções podem variar desde estruturais após desastres, até preventivas, baseadas em normas técnicas como por exemplo a NR-13 ou normas internacionais como a série de normas ASME.

- Desastres em áreas industriais

Em março de 2011 o tsunami que atingiu a cidade de Fukushima no Japão atingiu severamente a unidade de produção de energia nuclear Fukushima Dai-ichi. Drones foram utilizados logo após o desastre para acessar o local e transmitir imagens dos danos tornando mais eficaz a preparação dos reparos e, portanto, mais seguro para os trabalhadores que já tinham definido o que deveria ser feito uma vez que a inspeção foi feita de modo remoto, reduzindo drasticamente a exposição dos trabalhadores ao risco radioativo.

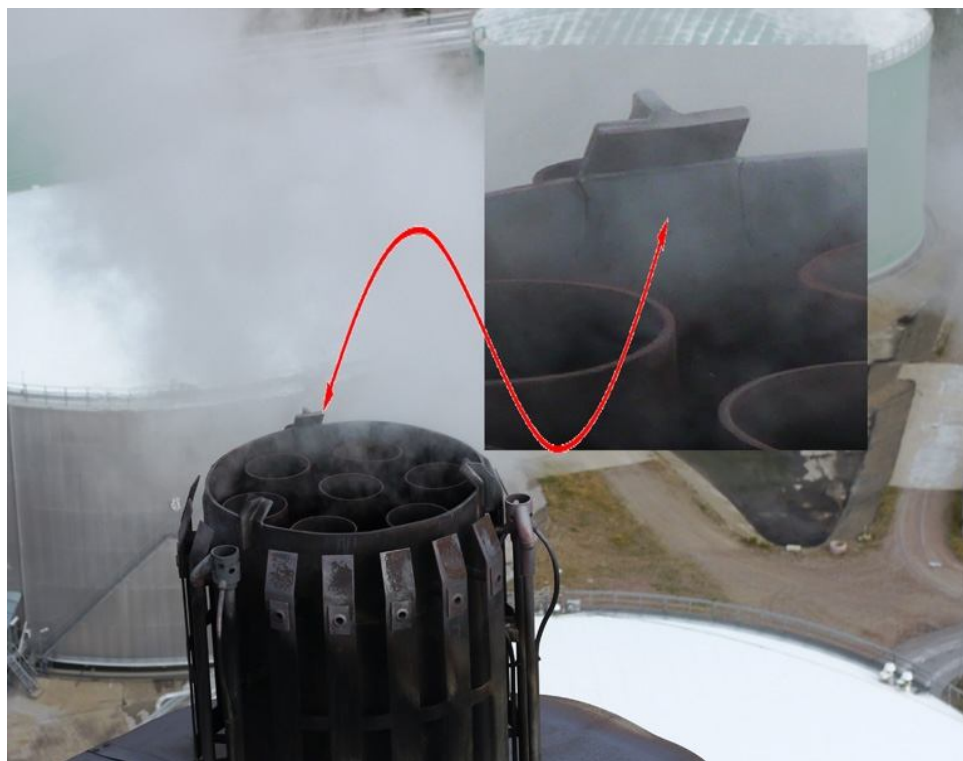
Ainda nos dias de hoje drones são utilizados para medir os níveis de radiação na área da usina nuclear (MADRIGAL, 2011).

No estado de São Paulo o primeiro uso de drones em situações de emergência foi em um simulado ocorrido nas proximidades do polo petroquímico do ABC em 2014 (MAUÁ, 2014).

- Preventivas

Inspeções em tubulações, principalmente em grandes extensões de tubulação são inspecionadas internamente durante grandes paradas com uso de técnicas apropriadas como videoscopia ou outras mas também já estão sendo inspecionadas com o uso de robôs que se deslocam no interno dessas tubulações, contudo ainda que ótima técnica estas dependem de parada de produção ou transporte externo para esta inspeção e são utilizadas quando não há condição de inspeção externa, porém esta inspeção externa é realizada de forma visual por deslocamento de pessoas a pé ou mesmo com veículos ao longo do trecho de tubulação, sendo contudo relatada como de baixa eficiência e alto custo no artigo de Shukla e Karki (2015). Neste mesmo artigo é mencionada a vantagem de uso do RPAS nestes dois aspectos quando ao utilizar uma câmera especial acoplada ao RPA pode-se obter avaliações mais precisas que as apenas visuais, como por exemplo com o uso de câmeras que detectam vazamento de gases, ou térmicas que podem indicar zonas de aquecimento ou baixa temperatura como as indicadas no item sobre acessórios. A Figura 18 mostra a imagem da inspeção de um *flare*, onde visualiza-se uma trinca.

Figura 18 – Flare sendo inspecionado remotamente



Fonte: SHT

- Rondas de segurança

Este é um uso que tem o potencial de trazer um bom resultado, pois deixa de expor os vigilantes durante as rondas seja de uma única casa, de um condomínio de casas ou mesmo de uma indústria, contudo ainda é necessário resolver questões sobre a necessidade de operação em linha de visada visual ou mesmo com o auxílio de observador de RPA.

2.1.6 Histórico de falhas

- Falhas de equipamento

Interessante observar que muitos são ocasionados por imperícia dos operadores, contudo segundo estudo de Kontis (2016), ao analisarem 150 incidentes de RPAS relatados em todo o mundo concluíram que a maioria é devido a falhas nos equipamentos.

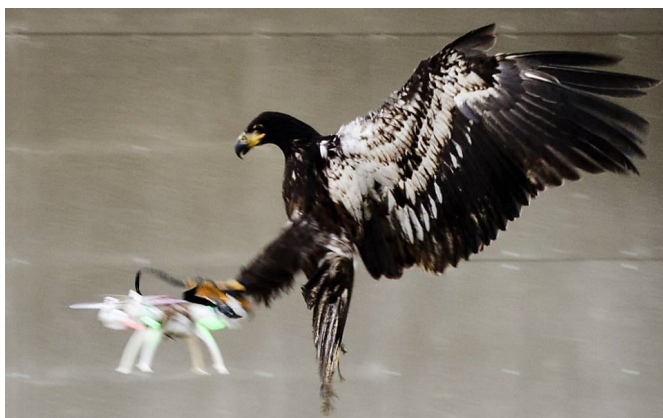
- Colisão contra aeronaves tripuladas

Em 11 de novembro de 2017 um aeromodelo colidiu com um Boeing 737 da Empresa Aerolíneas Argentina no aeroporto da cidade de Buenos Aires (UOL, 2017).

- Ataque de aves

Aves de rapina, como se vê na Figura 19, ou mesmo bando de aves incluindo pombos atacam drones, por sentirem ameaça ao seu território no caso das aves de rapina e segundo observações relatadas no artigo publicado pela Waypoint (2017).

Figura 19 – Drone sendo atacado por uma ave



Fonte: Folha de São Paulo, 2012

Mesmo a pintura diferenciada no drone não intimida as aves, que muitas vezes atacam mesmo algumas aeronaves pilotadas. Há também relatos de ataques de pássaros, ainda que de comportamento não normalmente ofensivo, a drones por ocasião de proteção de ninhos que não foram visualizados no planejamento de voo.

Alguns ataques são frontais e muitas vezes captados pelas câmeras dos RPA e aeromodelos, contudo muitos outros ataques aos drones provém de cima para baixo e o operador que não estiver atento a aeronave e seu entorno, portanto em sua linha de visada visual não saberá o que aconteceu que o equipamento caiu, e portanto é sempre recomendável que o operador não olhe apenas para a tela da imagem da câmera ou preferivelmente tenha um observador auxiliar para avaliar características espaciais durante a operação (DOMANICO, 2014).

- Colisão contra pessoas

Os danos ocorridos a pessoas devido a colisões com drones são objeto de estudos por instituições como por exemplo o Instituto Politécnico e Universidade Estadual da Virginia, localizada nos Estados Unidos da América, como demonstrado em um estudo da AOPA – *Aircraft Owners and Pilots Association* – ou seja a Associação de Pilotos e Proprietários de Aeronaves também nos Estados Unidos da América.

Ambos avaliam que a estrutura da aeronave absorve muito do impacto reduzindo os danos, contudo estes ainda assim existem e devido a cortes com hélices em alta rotação e mesmo o impacto devido a velocidade de impacto como lê-se em muitos artigos da internet por exemplo o que relata a imprensa francesa de cortes na face de uma pessoa atingida por um aeromodelo (LANDRY, 2016).

Também há uma reportagem sobre a queda de um RPA ocorrido a uma triatleta australiana em abril de 2014 (GRUBB, 2014).

Porém ambos os estudos avaliam apenas drones comerciais de pequeno porte, geralmente quadricópteros, enquanto que outros modelos com mais rotores que geralmente, são maiores não são objeto e, portanto, necessitam de maiores estudos nessa área.

- Perda de comunicação

Perda de comunicação entre o RPS e o RPA ou seja entre o equipamento em solo operado pelo piloto e a aeronave em voo é comumente chamada de perda *link* e retrata o momento em que o operador devido principalmente a interferências que podem ser de origem eletromagnéticas, como por exemplo de cabos de alta tensão, ou também de origem de outros sinais na mesma faixa de comunicação, ou seja que estão em frequência de operação semelhante, como por exemplo redes de internet *Wi-fi*, muitos equipamentos de micro-ondas, redes de transmissão de sinal de celular e muitas outras tem a comunicação interrompida

Existe também preocupação quanto a captura de drones por *hackers* mal-intencionados que assumem o controle em pleno voo e recolhem para si o equipamento, relato na reportagem da CNN por Sperry (2012).

- Colisão contra estruturas e construções

Relatos de colisões de aeronaves não tripuladas tem surgido na mídia como em alguns casos mais evidenciados a colisão de um aeromodelo no *Empire State Building*, em fevereiro de 2016 (STACK, 2016).

Atualmente no mercado dos Estados unidos da América há cursos disponíveis para pilotos de RPAS especificamente para inspeções em torres ou estruturas altas (TRS, 2016).

- Baterias

Dos problemas que as aeronaves remotamente pilotadas apresentam, um dos mais críticos e que demandam maior atenção está presente nas baterias utilizadas, sendo em sua grande maioria as do tipo *Lithium Polymer* – LiPo (Figura 20) e que são em português as baterias de Lítio Polímero e que representam um grande avanço na tecnologia de armazenamento de energia, pois são de tamanho reduzido e podem também ser montadas em camadas.

Figura 20 – Bateria de LiPo

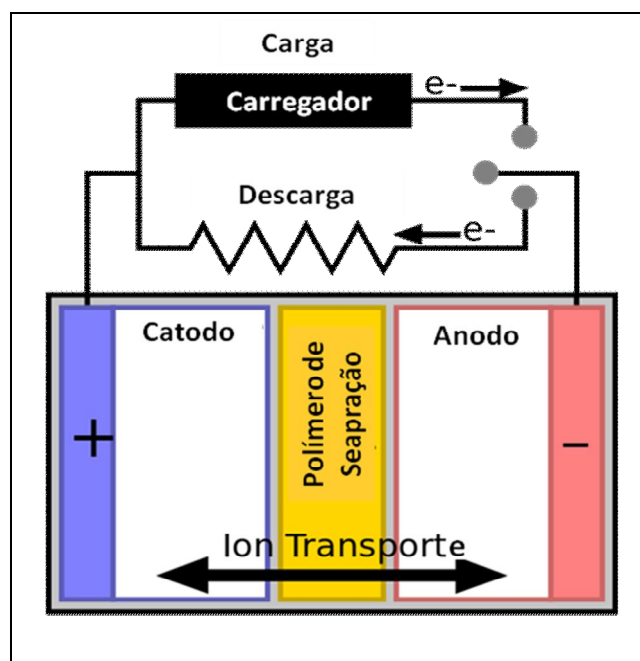


Fonte: ROGERS HOBBY CENTER

Há também baterias de íon-lítio como as que são utilizadas em muitos celulares e neste caso destaca-se o caso das baterias de uma marca de celular que causou muita repercussão na mídia devido a frequentes incêndios e até explosões, e que em análise de causa raiz foi verificado falha na fabricação dessas baterias onde a

camada de separação entre o ânodo e o catodo que quando fragilizada e exposto os lados apresentam uma reação térmica e levam a incêndio e explosões, um esquema dessas baterias pode ser verificado na Figura 21.

Figura 21 – Esquema de bateria LiPo



Fonte: Adaptado de PAYÃO, 2016

Novas baterias possuem maior controle de fabricação, contudo ainda que a probabilidade de erro tenha sido reduzida ainda há probabilidade de ocorrência e mesmo que estejam em boas condições danos ao aeromodelo como queda ou choques podem levar a danos a essas baterias e, portanto, exposição dos eletrodos levando a incêndios ou explosões ou principalmente se ocorrer algum dano mais grave como perfuração ocorrerá neste caso certamente um incêndio ou explosão.

O lítio é um material classificado como pirofórico, ou seja, possui a tendência de entrar em combustão espontânea quando em partículas finas for exposto a condição ambiente ou água. Incêndios gerados por materiais pirofóricos são de difícil supressão uma vez que a autocombustão sempre tende a manter o incêndio ativo. O método adequado de extinção e controle de um incêndio em material pirofórico é através do uso de um agente extintor de classe D, contudo esta classe envolve

extintores com agente extintor de cloreto de sódio e extintores com agente extintor cobre e é importante diferenciar pois os de cloreto de sódio pioram a condição do incêndio em baterias de lítio, enquanto que o adequado é o de alto teor de cobre (PROTEGE, 2006).

Também podem ser utilizados alternativamente os extintores CO₂, pó químico seco – ABC – grafite em pó, cobre em pó ou carbonato de sódio (BATTERY UNIVERSITY, 2018).

- Interferência por eletromagnetismo

Neste espaço da revisão cabe comentar sobre dois aspectos importantes um deles é a interferência não prevista e a outra a interferência proposital.

- Comunicação

Um fato bastante interessante e que demanda maior aprofundamento do assunto é relativo a frequência de operação de alguns equipamentos de processo e que são muito comuns de serem utilizados em unidades mais novas que são os equipamentos de transmissão de sinal por radio frequência onde por exemplo o nível de um tanque que encontra-se distante da sala de controle envia o sinal com a leitura do nível para a sala de controle sem a necessidade de uma infraestrutura de cabos, contudo vê-se no estudo de Lugli e Sobrinho [20-?] que alguns desses protocolos de comunicação como por exemplo o ISA 100 e o protocolo HART também trabalham na faixa de 2.4GHz que a mesma da maioria das aeronaves não tripuladas, assim como também a frequência da maioria das redes de internet *Wi-fi* ou o bluetooth dos celulares e outros equipamentos. A Figura 22 apresenta um resumo comparativo dessas tecnologias para uso na indústria.

Figura 22 – Comparativo Tecnologias *Wireless* na indústria

Norma IEEE (Nome de Mercado)	802.15.1 (Bluetooth)	802.11b (Wi-Fi)	802.15.4 (ZigBee)	802.15.4 (Wireless Hart)	802.15.1 (WISA)
Aplicação Principal	Eliminar a fiação atual,	Ethernet industrial	Controle e Monitoração	Medições de Processo e Controle	Interface Sensores e Atuadores
Frequência de operação	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz
Taxa de comunicação (Kbps)	1000-3000	11000	20-250	11000	1000
Distâncias alcançadas com visada direta (m)	30 (Classe 2) 100+(Classe 1)	100 + (Antenas direcionais)	30-70, 100+ (Com amplificador externo)	100, até 2000 com repetidor	5 m (ambiente industrial; tipicamente 10 m)
Número de Dispositivos	7	32	2*64	250	120
Autonomia da bateria (dias)	1 a 7	0,5 a 5	100 - 1000+	3,5 anos: taxa de trans. de 30 min.	3 a 4 anos
Consumo na Transmissão	45mA (Classe 2) <150mA (Classe 1)	300mA	30mA	150-300mA	100mA
Conveniência para Controle e Supervisão, aplicações	Baixa (Boa média, mas conexão inicial lenta)	Baixa (Taxa alta, mas conexão inicial lenta)	Baixa (Bom compromisso entre taxa e custo de	Alto (Bom compromisso entre taxa e custo de	Alto (Boa taxa e custo de conexão)

Fonte: LUGLI E SOBRINHO [20-?]

Contudo esses equipamentos apesar da mesma faixa de frequência possuem baixa probabilidade de interferência entre si e entre estes os RPA pois além da faixa de comunicação utilizam o protocolo IP entre comunicador e receptor, o mesmo que ocorre com os RPA.

Na interferência proposital existem atualmente os bloqueadores de aeronaves remotamente pilotadas e que em inglês são conhecidas por *Jammers* ou embaralhador de sinal que é exatamente a função desses equipamento onde ao embaralhar o sinal recebido pelo RPA este emite um alerta ao controlador de sinal defeituoso e assim este opta por retornar ou correr o risco de perda de sinal e provável perda de controle do equipamento conhecido em inglês por *fly away* ou menos grave como o retorno ao ponto de origem automático do RPA.

Estes equipamentos bloqueadores emitem um forte sinal na mesma frequência de rádio de operação do RPA e assim o mesmo perde o *link*, O mesmo sistema é utilizado nos bloqueadores de celular, ambos, celular e a maioria dos RPA, possuem

sistema que detecta o baixo sinal e melhora a amplificação, sendo portanto que os bloqueadores necessitam detectar essa variação e aumentar na mesma intensidade até o bloqueio completo. Outros dispositivos embaralham o sinal de tal modo que o equipamento simplesmente perde controle ocorre a queda do mesmo (ALL JAMMER, 2018).

2.1.7 Futuros desenvolvimentos de RPA comerciais

Um dos grandes problemas dos RPA é a questão de duração da bateria. Pesquisas estão avançadas para drones equipados com recarga de bateria em pleno voo através de captação de energia solar, o que estenderia revolucionariamente o tempo de permanência em voo dessas aeronaves (UOL NOTÍCIAS, 2017).

Há também projetos para drones sem hélices onde a sustentação é feita através do deslocamento de ar como conhecemos nos ventiladores que também não possuem hélices, como se vê protótipo na Figura 23.

Figura 23 – Projeto de drone sem hélice



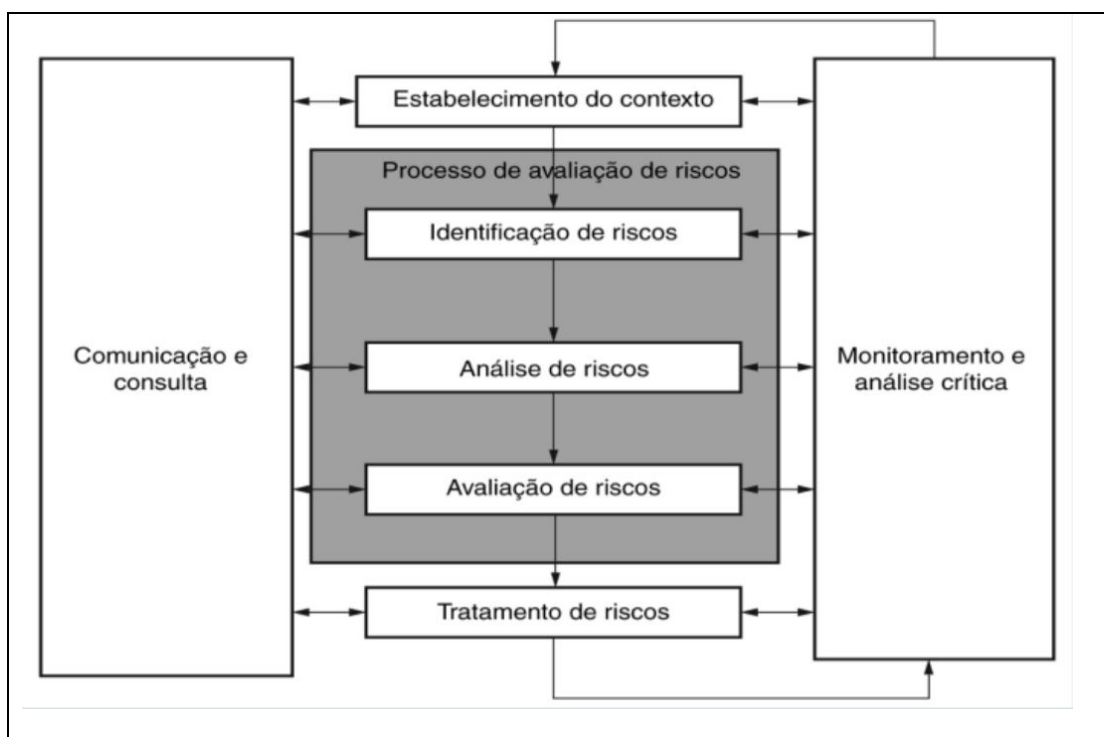
Fonte: RED DOT

Também estudos que visam reduzir o ruído das aeronaves tornando-as mais aceitáveis para eventos esportivos ou mesmo filmagens em geral (HAMBLING, 2015).

2.2 TÉCNICAS DE ANÁLISES DE RISCO

Atualmente está publicada a norma de referência internacional do organismo de padronização global de normas – ISO – *International Standardization Organization*, NBR ISO 31000:2009 (Gestão de riscos - Princípios e diretrizes), que faz uma compilação sobre a visão do gerenciamento de riscos, onde nota-se na Figura 24 o fluxo por eles determinado.

Figura 24 – Fluxograma para gerenciamento de riscos



Fonte: adaptado de NBR ISO 31000:2009

2.2.1 Análise Preliminar de Perigos - APP

Outra técnica que pode ser utilizada é a Análise Preliminar de Perigos, desenvolvida inicialmente pela área militar para avaliar a produção de novos sistemas de mísseis (SELLA, 2014).

Torna-se necessário a definição de alguns termos antes da continuidade sobre a análise de risco:

- Condição Perigosa

Condição com potencial de gerar um dano ou uma perda. Seu correspondente na língua inglesa é *Hazard* (ESTON; IRAMINA; MARTINS, 2015).

- Perigo

É a exposição à condição perigosa, seu correspondente em inglês é a palavra *Danger* (ESTON; IRAMINA; MARTINS, 2015).

- Risco

É o resultado de uma avaliação entre a probabilidade de ocorrência do dano e a gravidade deste dano (ESTON; IRAMINA; MARTINS, 2015).

- Matriz de Risco

É na verdade uma tabela onde em um sentido de direção estão dispostas as graduações das consequências, ou seja, os níveis de severidade do dano e em outro sentido de direção as probabilidades de ocorrência deste dano. Em cada um desses cruzamentos é definido um risco e que a empresa deve definir previamente a qualquer análise de risco (SÃO PAULO, 2016).

A Instrução Suplementar (IS) da Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), registrada com o número E94-003 (2017c) apresenta um modelo de matriz de risco a ser utilizado durante as avaliações de risco operacional para o uso de aeronaves não tripuladas. Esta matriz é uma sugestão do órgão federal e permite adaptações, contudo que estas alterações devem ser coerentes ao longo da análise.

A técnica APP consiste do preenchimento de uma tabela, sendo que existem diversos modelos disponíveis contudo onde de maneira geral estão descritos em colunas diferentes quais são as condições perigosas a serem estudadas, os perigos, ou seja como ocorre a exposição a essa condição perigosa, o que existe para evitar que ocorra o dano e após a classificação segundo uma matriz de risco decidir por novas medidas de controle ou não (SÃO PAULO, 2016).

Apesar das diferenças entre as tabelas é importante que alguns passos sejam seguidos para um bom resultado, sendo eles:

– Levantamento de informações técnicas sobre a tarefa a ser analisada;

- Reunião de uma equipe multidisciplinar para levantamento das condições perigosas e avaliação dos perigos;
- Estimativa do risco conforme tabela de aceitação – matriz de risco;
- Indicação de ações de melhoria.

2.3 ÁREAS CLASSIFICADAS

A indústria química armazena e manipula grandes quantidades de produtos inflamáveis e combustíveis, em seus mais diferentes estados e condições de operação e desta maneira é importante ressaltar que a manutenção da integridade dos trabalhadores dessas unidades de produção necessita de atenção aos detalhes (OLIVEIRA, 2008).

Segundo o Setor Elétrico (2009), neste aspecto uma área que necessita de especial atenção são os equipamentos elétricos e eletrônicos que além do perigo ao trabalhador dessa área de atuação também é um perigo aos demais na unidade pois representam fontes de ignição para os vapores de inflamáveis ou combustíveis presentes na indústria química.

Uma vez identificado esta ameaça de ignição a norma regulamentadora 10 (NR 10) que dispõe sobre a segurança em instalações e serviços em eletricidade define o termo área classificada como sendo o local com potencialidade de ocorrência de atmosfera explosiva (BRASIL, 2016a).

Para determinar esse potencial, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) na Norma Brasileira (NBR) - ABNT NBR-IEC 60079-10-1:2009 e ABNT NBR-IEC 60079-10-2:2009 definem a classificação com relação às áreas potencialmente explosivas.

Conforme a ABNT NBR IEC 60079-10-1:2009, para líquidos tem-se a classificação de áreas:

- Zona Zero: Área onde a ocorrência de mistura inflamável/Explosiva é contínua;

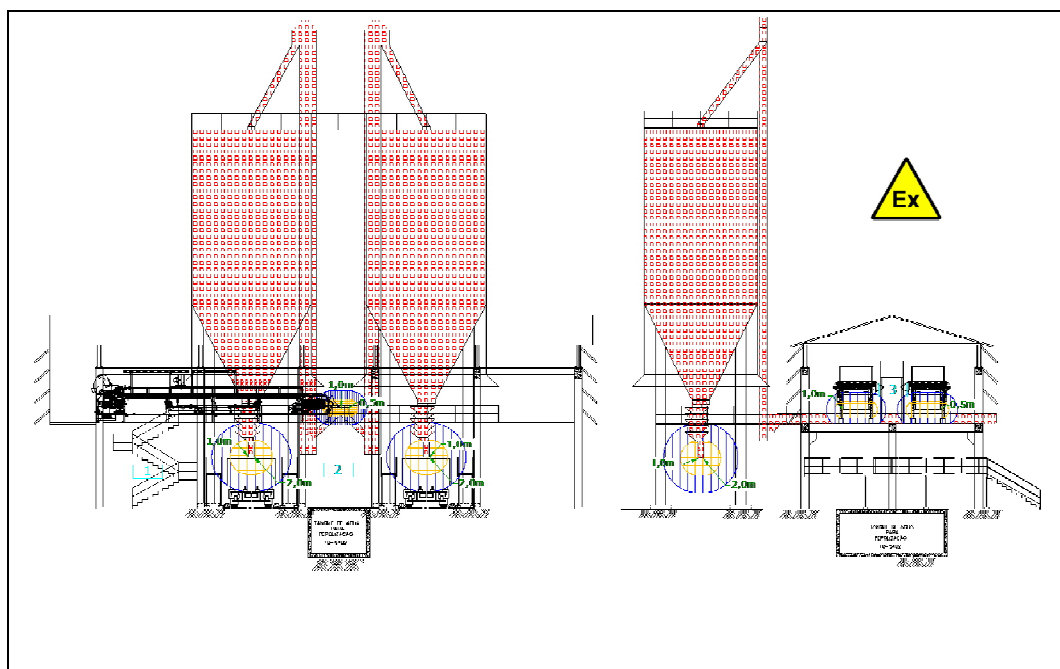
- Zona 1: Área onde a ocorrência de mistura inflamável / explosiva é provável de acontecer em condições normais de operação do equipamento de processo;
- Zona 2: Área onde a ocorrência de mistura inflamável / explosiva é pouco provável de acontecer, e se acontecer, é por curtos períodos, e está associada à operação anormal dos equipamentos de processo.

Conforme a ABNT NBR IEC 60079-10-2:2009, para poeiras explosivas têm-se:

- Zona 20: Um local na qual uma atmosfera explosiva, na forma de nuvem de poeira combustível, está presente no ar continuamente, por longos períodos de tempo ou frequentemente;
- Zona 21: Um local na qual uma atmosfera explosiva, na forma de nuvem de poeira combustível no ar, é esperada ocorrer eventualmente em condições normais de operação;
- Zona 22: Um local na qual uma atmosfera explosiva, na forma de nuvem de poeira combustível no ar, não é esperada de ocorrer em operação normal, mas se ocorrer, permanecer apenas por um breve período de tempo;

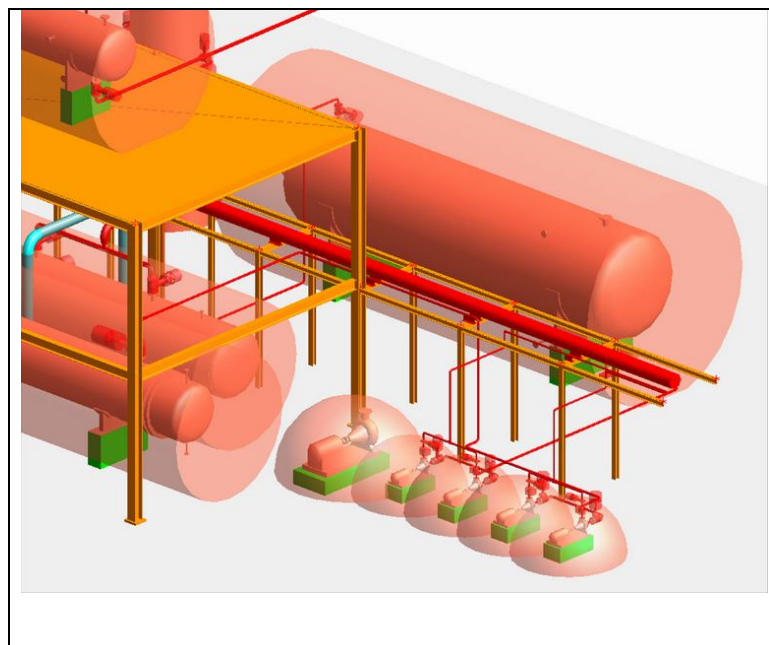
Estas áreas são então avaliadas dentro da instalação e mapeadas em um estudo de classificação de áreas onde são hachuradas as diferentes zonas para que sejam ali instalados equipamentos compatíveis, como podemos ver nos exemplos das Figuras 25 e 26.

Figura 25 – Exemplo de representação em duas dimensões das classificações



Fonte: COBEI SC 31

Figura 26 – Exemplo de representação em três dimensões das áreas



Fonte: COBEI SC 31

2.4 MÉTODOS TRADICIONAIS DE INSPEÇÃO

É tradicional a aplicação de três técnicas básicas de inspeção e manutenção em grandes equipamentos como chaminés por exemplo, cada qual devem atender normas e legislações de modo a proteger o trabalhador que em todas estas técnicas estão expostos a condição perigosa representada pela força da gravidade quando o trabalho necessita ser realizado em altura que segundo a norma regulamentadora número 35 (NR 35) é qualquer atividade que seja realizada acima de 2m do solo (BRASIL, 2016b).

Na sequência faremos uma compilação entre a técnica de trabalho adotada e a legislação pertinente.

- Andaimés

Técnica tradicional de acesso a locais em altura onde o acesso do trabalhador aos pontos de inspeção é realizado através da montagem de estruturas, geralmente metálicas, de caráter provisórias seu uso é enquadrado na norma regulamentadora 18 (BRASIL, 2015b) que entre outras descrições informa a necessidade de Anotação de responsabilidade técnica antes do uso de qualquer andaime, características sobre as condições do piso da instalação, dos travamentos contra desencaixes acidental e exigência de uso de tipo específico equipamento de proteção individual descrito em detalhe na norma. Os componentes de um andaime estão representados na Figura 27.

Figura 27 – Elementos de um Andaime



Fonte: DICAS DE SSM, 2015

Deve-se também atentar para o disposto na NBR 6494 que discorre sobre a segurança nos andaimes.

- Alpinismo Industrial

Técnica adotada por empresas especializadas onde profissionais com treinamento específico em técnicas de alpinismo efetuam o acesso aos locais de inspeção através de acesso por cordas e efetuam a aproximação do local de interesse, registram fotos e enviam a especialistas ou em alguns casos os alpinistas são treinados para realizarem a inspeção e posteriormente emitirem o laudo.

É divulgado pelas empresas o ganho de tempo de inspeção em comparação ao método utilizado por andaimes, como se vê pelas Figuras 28 e 29.

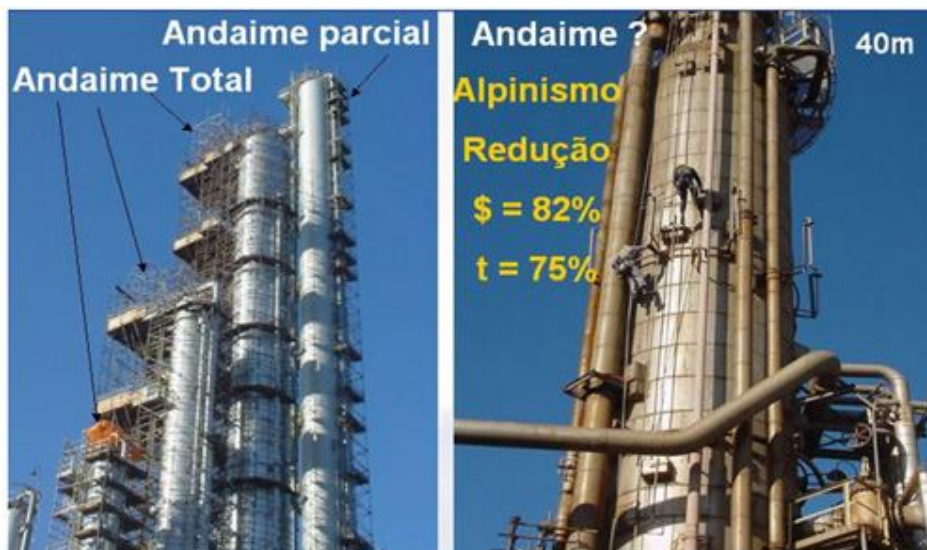
Figura 28 – Investimento Andaime x Alpinismo industrial

Altura da Torre (m)	Quantidade de Dias				Economia pelo Alpinismo (%)	
	ANDAIME			ALPINISMO	Custo	Tempo
	Montar	Inspeção	Total			
100	15	4	19	4	86	79
90	14	4	18	4	84	77
80	12	4	16	4	82	75
70	11	4	15	4	78	72
60	9	3	12	3	82	75
50	8	3	11	3	78	71
40	6	2	8	2	82	75
30	5	2	7	2	82	69
20	3	1	4	1	80	75
15	2	1	3	1	73	69
10	2	1	3	1	59	60

Fonte: PORTAL METÁLICA, 2018

E conseqüentemente ao ganho de tempo também fazem comparação de investimentos.

Figura 29 – Imagem comparativa Andaime x Alpinismo Industrial



Fonte: PORTAL METÁLICA, 2018

Este serviço é regulamentado pela Norma Brasileira – NBR-15475 – Acesso por corda – Qualificação e certificação de pessoas que versa sobre as características necessárias para os trabalhadores neste ramo de atividade.

Também é necessário o atendimento à NR 35 e seu anexo sobre acesso por cordas (BRASIL, 2016b).

- Plataformas elevatórias

O uso de plataformas elevatórias é um outro tipo de tecnologia para acesso a trabalhos em altura e que nem sempre é concorrente com os andaimes, pois a principal diferença é o tempo em que o trabalho será executado, por exemplo trabalhos de inspeção que sejam rápidos e pontuais as plataformas elevatórias são mais indicadas enquanto que os andaimes são indicados para trabalhos de maior tempo de duração ou em locais inacessíveis as plataformas (ROHR, 20--?).

O uso de plataformas elevatórias está sujeito a aplicação das normas NR-18 em seu item 18.15 mais especificamente bem como na NR-35 por se tratar de um trabalho em altura.

A Figura 30 contém, de forma resumida, as normas necessárias para cada método de acesso para inspeção, com o intuito de agregar em uma só visualização esse conjunto de legislação nacional.

Figura 30 – Normas aplicáveis aos métodos de acesso para inspeção

Normas Aplicáveis	Métodos de acesso para Inspeção			
	Andaimes	Alpinismo Industrial	Plataforma Elevatória	RPAS
NR-35	X	X	X	
NR-18	X		X	
NR-11			X	
NBR - 6494	X			
NBR - 15475		X		
ANAC				X

Fonte: Arquivo pessoal, 2018

2.5 HIERARQUIA DE CONTROLES

Identificar a condição perigosa, avaliar a exposição do trabalhador e calcular o risco são procedimentos fundamentais, porém não são autossuficientes e representam apenas a fase inicial de planejamento para a garantir a efetiva segurança do trabalhador.

Para garantir essa proteção existem diferentes alternativas, as quais algumas são mais dependentes de intervenção humana, outras mais dependentes de investimento financeiro inicial e de modo a priorizar essas alternativas é prática comum organizá-las através de uma classificação de efetividade que pode ser encontrada em documento do órgão de saúde ocupacional dos Estados Unidos - *NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health* (2016) e corroborado por outras instituições e pesquisas. Na ótica desse documento, o controle mais efetivo é a Eliminação da condição perigosa e a menos efetiva é a utilização de Equipamento de Proteção Individual (EPI), conforme verifica-se na Figura 31.

Figura 31 – Hierarquia de Controles



Fonte: Adaptado de NIOSH, 2016

2.5.1 Eliminação e Substituição

Já em 1978, Trevor Kletz afirmou que o que não se tem não pode vazar, esta frase reflete de forma inequívoca o conceito mais fundamental de eliminação, porém envolve uma mudança do conceito de produção, mudança do conceito do trabalho ou da forma de realizar o trabalho, é, portanto, a mais eficiente, pois não permite que ocorra equívoco ou falta de cumprimento de alguma regra ou norma. Contudo, a Eliminação é o controle mais difícil de ser implementado, haja vista as dificuldades muitas vezes relacionadas à tecnologia disponível ou mesmo a propriedades de substâncias em uso, ainda assim, é sempre o método de controle que se deve buscar em primeira instância e avançar para outros apenas após exaurir todas as alternativas possíveis neste quesito (SÃO PAULO, 2016).

O controle Substituição é semelhante ao controle Eliminação, pois promovendo a substituição de equipamento ou substância torna a exposição menor ou reduz o potencial da condição perigosa (NIOSH, 2016).

2.5.2 Controles de Engenharia

Os controles de engenharia englobam também os controles de eliminação e substituição, descritos no item anterior, uma vez que necessitam de estudos de engenharia para sua implementação, mas são separados de forma didática de modo a abranger nesta categoria um grande volume de medidas de controle bastante eficazes que necessitam de investimentos de engenharia, porém não alteram o conceito do processo ou da atividade e aplicam meios de proteção coletivos ou mesmo individuais que são independentes de ação humana. Exemplos destes controles são o enclausuramento de máquinas para controle de exposição ao ruído e a atuação de intertravamento em um equipamento desligando uma bomba de alimentação de um tanque em condição de nível alto (SÃO PAULO, 2016).

2.5.3 Controles Administrativos

De forma semelhante aos controles de engenharia, os controles administrativos visam implementar controles de proteção, porém dependentes exclusivamente da intervenção humana, placas indicativas de ações a serem evitadas, como por exemplo a frase “não abra essa máquina quando energizada”, ou “desligue a bomba quando soar o alarme de nível alto do tanque”. Esses controles possuem baixa efetividade e devem ser considerados apenas após análise dos itens anteriores. É importante considerar ainda o que a experiência tem demonstrado sobre o investimento nesses controles, pois deve-se considerar que necessitam de constantes atualizações, treinamentos e atividades para manter ativo na percepção do trabalhador o que deve ser feito e suas razões (SÃO PAULO, 2016).

2.5.4 Equipamento de Proteção Individual - EPI

Como última alternativa a ser utilizada para a proteção do trabalhador busca-se o recurso do equipamento de proteção individual. O uso destes equipamentos denota a não existência de nenhuma alternativa mais eficaz dentro das categorias citadas

nos itens anteriores sobre a hierarquia de controles. Contudo, é ainda uma barreira de grande importância e que viabiliza a execução segura de diversas atividades laborais. Do mesmo modo que os controles administrativos, este tipo de controle necessita de constantes investimentos em treinamentos dos trabalhadores para conscientização em relação à necessidade do uso e à forma correta de aplicação, e também em manutenção ou substituição desses equipamentos, como capacete de proteção, protetor auditivo, cinto de segurança para trabalho em altura, ou equipamentos de proteção respiratória são bons exemplos de equipamentos de proteção individual comumente encontrados na indústria química (SÃO PAULO, 2016).

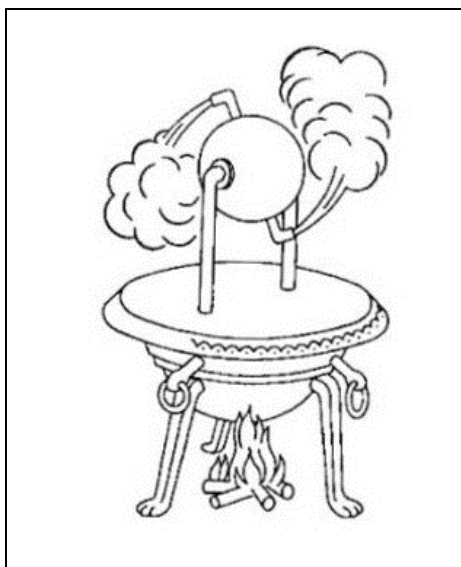
Importante ressaltar que quando se diz que os equipamentos de proteção individual estão em uma categoria de menor efetividade não significa que os equipamentos sejam de tecnologia ruim ou que não ofereçam a proteção necessária ao trabalhador, pelo contrário, estes atualmente são muito eficientes, porém sempre são dependentes da conscientização do trabalhador em utilizá-lo e não raramente oferecem desconforto em seu uso (SÃO PAULO, 2016).

2.6 INDÚSTRIA 4.0

Ao longo da história são identificados alguns marcos importantes no desenvolvimento da humanidade, épocas na qual invenções trouxeram grande impulso para a indústria e para as relações comerciais. Pelo impacto de transformação que geraram na sociedade são também chamadas de revoluções e onde identificam-se claramente três períodos importantes como se vê a seguir:

- 1ª Revolução Industrial: atribuída sua ocorrência ao final do século XVIII, é caracterizada pela transição da produção artesanal para a produção mecanizada, impulsionada principalmente pelo uso de máquinas a vapor. Estas máquinas possuem seu primeiro relato de invenção ainda no século I por Herão de Alexandria, que construiu uma máquina para demonstrar a teoria da pressão do ar sobre os corpos e que por ele foi chamada de eolípila, ou máquina de Heron (DIAS, 1993), conforme ilustração da Figura 32.

Figura 32 – Eolípila (Máquina de Heron)



Fonte: USHER, 1973

Já, no final do século XVII Denis Papin e Thomas Savery desenvolveram os primeiros motores a vapor e em 1712 Thomas Newcomen aperfeiçoou o sistema, criando o que ficou conhecido como a máquina de Newcomen ou como a máquina atmosférica. Porém, o impulso para a primeira revolução industrial ocorreu após melhorias nesse sistema efetuado pelo mecânico escocês James Watt em 1769 (SUPRINYAK, 2009).

- 2ª Revolução Industrial: historicamente aceita como ocorrida ao final do século XIX, caracteriza-se pelo uso da eletricidade, produção em massa e especialização do trabalho. Nesta época da revolução impulsionou-se o uso de combustíveis fósseis, como o petróleo através de seu processamento e geração de diversos segmentos do ramo químico, bem como a manipulação de diversos outros produtos químicos. O automóvel à combustão e a especialização criada pelo modelo de produção de Henry Ford são características desta fase da história industrial.
- 3ª Revolução Industrial: fixada como marco histórico no final do século XX para a adoção desta nova revolução há divergências sobre seu mais importante símbolo de mudança de característica industrial, há quem aceite que iniciou-se quando ocorreu a descoberta de meios para utilização da energia nuclear, outros relatam que está ligada ao uso de robótica em linhas de montagem de automóveis e

o uso de técnicas de trabalho mais modernas como por exemplo o toyotismo, enquanto há quem associe esta etapa da história ao uso da tecnologia da informação com a difusão de computadores pessoais e a criação da *internet* e por isso a chamam de revolução informacional, devido ao acesso à informação. Na prática, todos esses avanços constituem a revolução industrial de terceira geração e que pelo aumento da complexidade e do desenvolvimento simultâneo de tecnologias torna inclusive mais difícil reconhecer o limiar da transformação.

- 4ª Revolução Industrial, ou revolução tecnológica: atualmente chamada de Indústria 4.0, vem sendo assim denominada desde uma feira para o público industrial ocorrida em Hannover na Alemanha em 2011. Este é o termo mais utilizado atualmente, porém encontra-se outras denominações, como fábrica inteligente ou manufatura integrada (BÖHME, 2015).

Esta nova etapa, assim como a 3ª revolução industrial, não está focada em uma única, ou de sobremaneira marcante, distinção de um segmento ou invenção, mas sim por múltiplos desenvolvimentos que integrados levam a indústria e, por sua vez, as relações da humanidade a um outro patamar. De maneira geral vem sendo denominada como a era da fusão entre o mundo físico e o mundo virtual ou também chamados de sistemas ciberfísicos em fusão das palavras cibernéticos e físicos.

Os pilares que são considerados nessa nova revolução estão nos campos de fabricação em 3D, análise de grandes volumes de dados, chamados de *big data*, simulações computacionais, sistemas de integração de redes neurais em computação, realidade aumentada, computação em nuvem, *internet* industrial, segurança cibernética e a robótica.

Esses avanços levam ao que já se desenha em muitas áreas como inteligência artificial, onde por exemplo um computador chamado de *Concept4* obteve em teste de QI nota superior à média de crianças com 4 anos, sendo que um ano antes não alcançava a média de crianças de 1 ano. Neste ritmo de evolução, em 2025 já estará em mesmo nível do processamento do cérebro humano e espera-se que comecem a surgir as primeiras máquinas a fazerem parte de conselhos de administração (SCHWAB, 2016).

A análise de grandes volumes de dados, chamado de *big data*, projetam tendências, comportamentos e auxiliam em decisões e meios de ação, tanto na sociedade como na indústria. Em pesquisa realizada pelo fórum econômico mundial em 2015 os entrevistados dizem acreditar que até o ano de 2025 algum governo substitua o censo por fontes de *big data* (SCHWAB, 2016).

Na área da Robótica o mundo conta hoje com 1,1 milhões de robôs em funcionamento e as máquinas dão conta de 80% na fabricação de um carro.

Neste contexto da robótica incluem-se as Aeronaves Remotamente Pilotadas (conhecidas como Drones), em sua atuação na indústria, auxiliando o desenvolvimento de tarefas e integrando dados para a rede de análise de dados da indústria em que está sendo aplicada. O uso das aeronaves remotamente pilotadas na logística e inspeção está diretamente ligado à 4ª revolução industrial. Nesta fase de transição, os controles existem para que em um futuro estes equipamentos possam vir a ser autônomos como já ocorre a exemplo de carros autônomos que circulam em teste nas ruas durante fase avançada de aperfeiçoamento de renomadas empresas de veículos e também de novas e revolucionárias empresas de tecnologia (SCHWAB, 2016).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

A instalação alvo deste estudo foi uma indústria química no segmento de derivados de petróleo, cuja instalação possui muitos equipamentos em diferentes níveis de elevação do solo, onde o foco deste estudo foram as chaminés do secador as quais cada uma possui quarenta e sete metros (47m) de altura e aproximadamente 60 polegadas (1,5m) de diâmetro. Estas chaminés enfrentam temperaturas em torno de 500°C e são constituídas de metal, emitindo, portanto, grande energia em forma de radiação térmica para o seu entorno. Devido à altura, nestas estruturas também há bastante incidência de ventos.

As chaminés, objeto da pretendida inspeção, estão localizadas muito próximas entre si e para realizar a inspeção ou manutenção em uma delas é necessário parar a operação em ambas, devido ao risco de exposição do trabalhador à radiação térmica durante a realização dessas atividades, ou então realizar a remoção total de uma delas para realizar tais atividades em outro local enquanto a outra continua em operação.

Ambas as atividades envolvem também perigos relacionados a trabalho em altura, além de custos adicionais de manutenção.

Estas chaminés estão localizadas em uma empresa do ramo petroquímico que possui aproximadamente 300 trabalhadores em seu efetivo funcional.

3.2 METODOLOGIA

Foi utilizada a metodologia conhecida por Análise Preliminar de Perigos – APP, denominada em inglês como *Workplace Risk Assessment and Control*, por se tratar de ferramenta bastante útil para análise de tarefas, sejam rotineiras ou não, e que é coerente com a tarefa de inspeção de equipamento.

Para a elaboração da Análise Preliminar de Perigos (APP) foi utilizada uma planilha eletrônica construída em um *software* de uso bastante difundido e conhecido pelo nome comercial de *excel*.

3.2.1 Matriz de Risco

De modo a manter a matriz de risco com um número menor de possibilidades de classificação, tornando assim na visão do autor um resultado de classificação que fornece uma classificação mais assertiva para a condição de priorização de ações, foram realizadas as seguintes alterações na matriz de risco sugerida pela Instrução Suplementar E94-003 da ANAC (2017c):

- a condição de Risco Muito Baixo foi substituída por Baixo Risco;
- a condição de Alto Risco foi substituída por Risco Extremo;
- também foi feita a inversão do lado de impacto da matriz, de maneira que os riscos inaceitáveis estejam localizados no quadrante superior direito.

A matriz resultante dessas alterações está apresentada na Figura 33.

Figura 33 – Matriz de risco

			P - Probabilidade				
			Muito Improvável	Improvável	Remoto	Ocasional	Frequente
			1	2	3	4	5
S - Severidade	Catastrófico	A	Moderado	Moderado	Extremo	Extremo	Extremo
	Crítico	B	Moderado	Moderado	Moderado	Extremo	Extremo
	Significativo	C	Baixo	Baixo	Moderado	Moderado	Extremo
	Pequeno	D	Baixo	Baixo	Baixo	Moderado	Moderado
	Insignificante	E	Baixo	Baixo	Baixo	Baixo	Moderado

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2017c

- Aplicação da matriz

Adotou-se o mesmo texto da Instrução Suplementar nº E-94-003 – ANAC (2017c) para as classificações dos índices de severidade, conforme descritos a seguir:

- Extremo: maior nível de risco representado pela cor Vermelha, nesta faixa a operação não deve ocorrer e, caso esteja ocorrendo, deve cessar imediatamente, enquanto persistir a condição ou até que as medidas mitigadoras suficientes reduzam o risco para um nível aceitável pelo operador.
- Moderado: nível intermediário de risco representado pela cor Azul, nesta faixa a operação pode ocorrer com controles preventivos para mitigação dos riscos estabelecidos e devem estar em vigor conforme necessários.
- Baixo: menor nível de risco representado pela cor Verde, nesta faixa a operação pode ocorrer e controles preventivos para mitigação e risco são opcionais.

Após o levantamento dos perigos e suas consequências, obtidos tanto pelo ambiente de operação onde ocorrerá a inspeção assim como também pelas características da aeronave remotamente pilotada, foi aplicada a matriz de risco, obtendo-se a classificação de risco, e a partir de então foram avaliadas as salvaguardas existentes e novamente aplicou-se a matriz para avaliar o risco residual ou seja aquele e persiste após a aplicação dos meios de controle disponíveis para então propor uma lista de recomendações, compondo assim a planilha correspondente à APP desta pesquisa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na APP, apresentada no Apêndice, observam-se diversos perigos e que estão divididos em duas grandes esferas, onde uma delas é a esfera de confiabilidade do equipamento em que se observa possíveis problemas em rotores, problemas com a bateria das aeronaves, problemas no sistema de comunicação entre a aeronave e o operador em solo dentre outros enquanto não menos importante há um outro grupo de falhas que envolve a imperícia do operador, ou seja a falta de habilidade do mesmo em manejar o equipamento ou no conhecimento de suas funções, sejam elas funções de comando, como por exemplo durante o voo acionar o comando de desligamento dos rotores, descrito na APP pela sigla *CSC - Combination Stick Command*, ou comando combinado do controle, ou ainda na falta de conhecimento de uma ação pré-programada do equipamento, como por exemplo a elevação da aeronave 30 metros acima de sua posição para efetuar o retorno à origem em caso de perda de comunicação entre o RPA - *Remotely Piloted Aircraft* - (aeronave) e o Operador, e que em uma situação de inspeção de equipamento pode levar a queda da aeronave quando esta estiver abaixo de alguma estrutura, mas que facilmente seria evitado ao se configurar uma ação diferente na ocorrência de perda de sinal de comunicação. Ainda discutindo sobre o operador do RPA, além da questão de habilidade e conhecimento para operação, foram abordadas questões sobre imprevistos, como no caso de um operador de RPA ter complicações médicas durante o controle do voo ou mesmo sofrer algum tipo de acidente que o incapacite momentaneamente de terminar a pilotagem e, portanto, a necessidade de algum outro piloto habilitado recolher de volta à origem o equipamento.

Ainda, na APP observa-se agora duas grandes consequências, uma delas é a queda do drone, que pode gerar danos físicos a um trabalhador, um incêndio ou explosão devido a danos a sua bateria ou apenas danos ao equipamento, e outra grande é a perda do equipamento devido à perda de comunicação e combinado a fatores que que levam a aeronave a prosseguir voando sem rumo, identificado como *fly away*.

Todas essas consequências foram analisadas de modo a avaliar se representariam um risco maior ou menor ao trabalhador quando comparado com as técnicas tradicionais de análise.

Assim como o relatado na revisão deste estudo, nas atividades tradicionais de inspeção, o uso de RPAS também possui riscos para sua implementação, contudo na planilha da APP estão demonstradas salvaguardas específicas e de menor dificuldade de aplicação que das técnicas tradicionais e remove completamente o operador da exposição ao trabalho em altura na atividade de inspeção.

Como resultado adicional a esse estudo, verificou-se durante o levantamento de dados sobre equipamentos que há RPAS mais atuais, como por exemplo o disponível pela *Flyability*, que são dotados de carcaça que permite a aeronave se chocar contra equipamentos ou estruturas sem danificar o RPA. Aliado a um transmissor de sinal mais eficiente permite que esta inovadora aeronave seja conduzida pelo interior de espaços confinados, onde o operador não mais necessitará se expor à condição perigosa. Isso é um novo e grande avanço na utilização de RPA, ficando aqui a indicação para futuros trabalhos nesta área de RPAS.

Desta maneira, pode-se dizer que o contínuo avanço da tecnologia e sua implementação segura na indústria está completamente associado ao conceito recentemente divulgado, chamado indústria 4.0, que visa revolucionar algumas atividades hoje exercidas de modo a torná-las mais eficientes e mais seguras.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que os resultados apresentados neste trabalho proveem uma fonte adicional de consulta acerca dos perigos envolvidos no uso de aeronaves remotamente pilotadas dentro do ambiente da indústria química, quando demonstra na Análise Preliminar de Perigos (APP) as condições perigosas da operação destes equipamentos e clarifica maneiras de controle desta exposição, que se corretamente adotadas resulta em condição de uso dentro da faixa de aceitabilidade do risco, e permitindo assim o atingimento do objetivo de avaliar as condições necessárias para a redução e/ou eliminação dos riscos associados às inspeções em equipamentos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 31000:2009. **Gestão de riscos - Princípios e diretrizes**. ISBN 978-85-07-01838-4. 24 páginas. Rio de Janeiro, 2009.

BATTERY UNIVERSITY. **BU-304a: Safety Concerns with Li-ion**. 2018. Disponível em: <http://batteryuniversity.com/learn/article/safety_concerns_with_li_ion>. Acessado em: 04 de janeiro de 2018.

BÖHME, H. **Feira de Hannover dá largada à corrida da Indústria 4.0**. Deutsche Welle. 2015. Disponível em: <<http://www.dw.com/pt-br/feira-de-hannover-dá-largada-à-corrída-da-indústria-40/a-18383758>>. Acessado em 14 de abril de 2018.

BRASIL. **Portaria MTb n.º 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços Em Eletricidade**. Última atualização: 2016a. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR10.pdf>>. Acessado em: 18 de dezembro de 2017.

_____. **Portaria GM n.º 3.214, de 08 de junho de 1978. NR 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria Da Construção**. Última atualização: 2015b. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR18/NR18atualizada2015.pdf>>. Acessado em: 11 de janeiro de 2018.

_____. **Portaria SIT n.º 313, de 23 de março de 2012. NR 35 – Trabalho em altura**. Última atualização: 2016b. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR35/NR-35-2016.pdf>>. Acessado em: 11 de janeiro de 2018.

_____. **Lei nº 7.565 de 19 de dezembro de 1986. Dispõe sobre o Código Brasileiro de Aeronáutica**. DOU S/1, p.19567, 23/12/1986. Disponível em: <<http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/leis/lei-no-7-565-de-19-12-1986>>. Acessado em: 05 de novembro de 2017.

_____. ANAC. Departamento de Aviação Civil. **Portaria DAC nº 207. Estabelece as Regras para Operação do Aeromodelismo no Brasil**. BRASIL, 1999. Disponível em: http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/portarias/portarias-1999/portaria-no-207-ste-de-07-04-1999/@_@display-file/arquivo_norma/port207STE.pdf. Acessado em: 19 de novembro de 2017

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Manual de auxílio na interpretação e aplicação do anexo "acesso por corda" da norma regulamentadora 35 - trabalho em altura**. Brasília – DF, 2014. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR35-MANUAL.pdf>>. Acessado em: 11 de janeiro de 2018.

_____. Relatório - **Estudo Sobre a Indústria Brasileira e Europeia de Veículos Aéreos não Tripulados. Diálogo Setorial União Europeia-Brasil**. 2017a. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/images/publicacao_DRONES-20161130-20012017-web.pdf>. Acessado em: 18 de outubro de 2017.

_____. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). **Resolução nº 419 de 2 maio de 2017. Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial – RBAC-E nº 94. Requisitos Gerais para Aeronaves não Tripuladas de uso Civil**. BRASIL, 2017b. Disponível em: http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac/rbac-e-94-emd-00/@@display-file/arquivo_norma/RBACE94EMD00.pdf. Acessado em: 19 de novembro de 2017.

_____. **Portaria nº1.474/SPO 2 de maio de 2017. Instrução Suplementar - IS nº E94-003 - Revisão A. Procedimentos para elaboração e utilização de avaliação de risco operacional para operadores de aeronaves não tripuladas**. BRASIL, 2017c. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is/is-e94-003a/@@display-file/arquivo_norma/ISE94-003A.pdf>. Acessado em: 19 de novembro de 2017.

_____. Portal Brasil. **Anatel exige registro para operação de drones**. 2017d. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/defesa-e-seguranca/2017/01/anatel-exige-registro-para-operacao-de-drones>>. Acessado em: 19 de novembro de 2017.

_____. ANAC. Ministério da Aviação Civil. **Regras da ANAC entram em vigor – Norma cria condições para operações mais seguras**. 2017e. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/noticias/2017/regras-da-anac-para-uso-de-drones-entram-em-vigor/release_drone.pdf>. Acessado em: 19 de novembro de 2017.

_____. Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC), Quantidade de Cadastros. 2018. Disponível em: <>. Acessado em: 19 de novembro de 2017.

_____. Empresa Brasil de Comunicação (EBC). **Drones, Vants ou RPAs? Entenda mais sobre essas aeronaves não tripuladas**. 2015a. Disponível em: <<http://www.ebc.com.br/tecnologia/2015/02/drones-vants-ou-rpas-entenda-mais-sobre-essas-aeronaves-nao-tripuladas>>. Acessado em: 07 de outubro de 2017.

BRASIL. **Portaria SIT n.º 333, de 23 de março de 2012. NR 35 – Trabalho em Altura.** Última atualização: 2016a. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR35.pdf>>. Acessado em: 11 de janeiro de 2018.

DIAS, P. M. C., et al. **Um presente de grego: a máquina de Hero de Alexandria,** Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 10, n. 2: p. 148-156, ago. 1993.

DOMANICO, A. **Hawk attacks drone in a battle of claw versus machine.** 2014. Disponível em: <<https://www.cnet.com/news/this-hawk-has-no-love-for-your-drone/>>. Acessado em: 06 de janeiro de 2018.

DRONE INDUSTRY INSIGHTS. **Top 20 Drone Company Ranking Q3 2016.** 2016. Disponível em: <<https://www.droneii.com/top20-drone-company-ranking-q3-2016>>. Acessado em: 07 de janeiro de 2018.

DJI. **Phantom 4 Pro. Specs.** 2017. Disponível em: <<https://www.dji.com/phantom-4-pro/info>>. Acessado em: 07 de janeiro de 2018.

ERICKSON, A. S.; GOLDSTEIN, L. J.; MURRAY, W. S. **China maritime studies institute U.S. Naval war college Newport, Rhode Island.** Chinese Mine Warfare. 2019. Disponível em: <>. Acessado em: 14 de outubro 2017.

ESTON, S. M.; IRAMINA, W.S.; MARTINS, A. I. S. **Revista Proteção. Quanto antes for iniciada a avaliação de risco, melhor será o resultado e menor será o investimento nos controles.** 2015. Disponível em: <<http://www.protecao.com.br/site/inc/structure/printNoticia.php?id=AcyJJyhg>>. Acessado em: 27 de janeiro de 2018.

EXPRESS. **Terror of the Doodlebugs: Sinister V-1 flying bomb that menaced Britain 70 years ago.** 2014. Disponível em: <<https://www.express.co.uk/news/uk/479386/Terror-of-the-Doodlebugs-Sinister-V-1-flying-bomb-that-menaced-Britain-70-years-ago>>. Acessado em: 14 de outubro 2017.

FLIR. GAS DETECTION SYSTEMS. **Câmeras de infravermelho FLIR GF346. Câmeras de infravermelho para a detecção de CO e inspeções elétricas.** 2018. Disponível em: <<http://www.flir.com.br/ogi/display/?id=51857>>. Acessado em: 19 de dezembro de 2017.

GERICKE, G. **1888: Hertz demonstra existência das ondas eletromagnéticas.** [20--??]. Disponível em: <<http://www.dw.com/pt-br/1888-hertz-demonstra-existencia-das-ondas-eletromagneticas/a-678473>>. Acessado em: 18 de novembro 2017.

HAMBLING, D. **New Scientist. Silence of the drones: How to quiet that annoying aerial buzz.** Disponível em: <<https://www.newscientist.com/article/dn27696-silence-of-the-drones-how-to-quiet-that-annoying-aerial-buzz/>>. 2015. Acessado em: 13 de janeiro de 2018.

HOLMAN, B. **The first air bomb: Venice, 15 July 1849.** Air-minded research blog of Dr Brett Holman, historian at the University of New England, Armidale, Australia. 2009. Disponível em: <<https://airminded.org/2009/08/22/the-first-air-bomb-venice-15-july-1849/>>. Acessado em: 14 de outubro 2017.

HURLEY, B. **Tech Briefs. Report from SPIE 2017: Drones Spot Gas Leaks from the Sky.** 2017. Disponível em: <https://www.techbriefs.com/templates/tb_cmo_2017/images/tb-logo_tag.png>. Acessado em: 19 de dezembro de 2017.

ICAO. International Civil Aviation Organization. **Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS).** Doc 10019 AN/507. 2015. Disponível em: <http://servicos.decea.gov.br/arquivos/drone/Doc_10019_Manual_on_RPAS__English_.pdf>. Acessado em: 14 de outubro 2017.

IMPREMEDIA. **Quadcopter Motor Configuration.** Última atualização: 2018. Disponível em: <<https://impremedia.net/quadcopter-motor-configuration/>>. Acessado em 10 de janeiro de 2018.

KONTIS, K. **Exploring Civil Drone Accidents and Incidents to Help Prevent Potential Air Disasters.** MDPI. 2016. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/2226-4310/3/3/22>>. Acessado em: 19 de novembro de 2017.

YUNEEC. **H520. Technical specifications.** 2018. Disponível em: <https://www.yuneeec.com/en_GB/camera-drones/h520/specs.html>. Acessado em: 07 de janeiro de 2018.

LANDRY, M. **Une dame blessée à la tête par un drone à Beloeil.** 2016. Disponível em: <<http://www.tvanouvelles.ca/2016/06/22/une-dame-blessee-par-un-drone-a-beloeil>>. Acessado em: 08 de janeiro de 2017.

LEININGER, B. **CNN Launches CNN Air**. 2016. Disponível em: <<http://cnnpressroom.blogs.cnn.com/2016/08/18/cnn-launches-cnn-air/>>. Acessado em: 08 de janeiro de 2017.

LUGLI, A.B; SOBRINHO, D.G. **Tecnologias WIRELESS para automação industrial: WIRELESS_HART, BLUETOOTH, WISA, WI-FI, ZIGBEE e SP-100**. [20-?]. Disponível em: <www.inatel.br/.../6088-tecnologias-wireless-para-automacao-industrial-wireless-hart>. Acessado em: 17 de janeiro de 2018.

MADRIGAL, A.C. **The Atlantic. Inside the Drone Missions to Fukushima**. 2011. Disponível em: <<https://www.theatlantic.com/technology/archive/2011/04/inside-the-drone-missions-to-fukushima/237981/>>. Acessado em: 08 de janeiro de 2018.

MARITIME PARK ASSOCIATION. **History of early torpedoes (1800-1870)**. Part 1 - historical background, 2013. Disponível em: <<http://maritime.org/doc/jolie/part1.htm>>. Acessado em: 08 de janeiro de 2018.

MAUÁ. Assessoria de Imprensa da Prefeitura de Mauá. **Equipes de Mauá participam de simulado com múltiplas vítimas**. 2014. Disponível em: <<http://www.maua.sp.gov.br/Not.aspx?NoticialD=2993>>. Acessado em: 08 de janeiro de 2018.

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH). **Hierarchy of Controls**. Última atualização: 2016. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/NIOSH/>>. Acessado em 14 de abril de 2018.

MCDALD, H.; OLIVER, D. **The Top Secret History of the Pilotless Plane. Robot Warriors**. Orion Media, 1997. Disponível em: <http://www.ctie.monash.edu.au/hargrave/rpav_home.html#Beginnings>. Acessado em: 08 de janeiro de 2018.

O SETOR ELÉTRICO. **Instalações elétricas e de instrumentação para áreas classificadas**. 2009. Disponível em: <http://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2010/04/fasc_instalacoes_eletricas_e_de_instrumentacao_para_areas_classificadas_cap7.pdf>. Acessado em: 17 de janeiro de 2018.

OLIVEIRA, P. **Revista Petroquímica. Hazloc, o “Ex” da questão**. 2008. Disponível em: <http://www.petroquimica.com.br/edicoes/ed_302/302.html>. Acessado em: 20 de janeiro de 2018.

OPPENHEIMER. **Equity Research Industry Update. Drone Industry Report "I"s In The Sky**. Technology/Emerging Technologies and Services. 2016. Disponível em: <<https://opco2.bluematrix.com/docs/pdf/f575f437-34af-450a-82a3-41d922fae1be.pdf>>. Acessado em: 05 de janeiro de 2018.

PAYÃO, F. Tecmundo. **Finalmente! Samsung responde por que as baterias do Galaxy Note 7 explodem**. 2016. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/samsung/109366-finalmente-samsung-responde-baterias-galaxy-note-7-explodem.htm>>. Acessado em: 04 de janeiro de 2018.

PROTEGE. **Boletim Informativo. Extintor de incêndio para metais pirofóricos**. 20-?. Disponível em: <<http://www.protege.ind.br/download/Ficha%20tecnica%20Classe%20D.pdf>>. Acessado em: 04 de janeiro de 2018.

RICCI, T. **Robert Fulton – BIOGRAFY**. 2012. Disponível em: <<https://www.asme.org/engineering-topics/articles/transportation/robert-fulton>>. Acessado em: 07 de outubro de 2017.

RIGBY, R. **19th Century Torpedoes. An annotated bibliography. Whitehead, Robert (1823 - 1905)**. 2004. Disponível em: <http://www.torp.esrc.unimelb.edu.au/biogs/E000002b.htm>. Acessado em: 07 de outubro de 2017.

ROHR. **Entenda a diferença do uso de plataformas de acesso e andaimes em uma obra**. [200-?]. Disponível em: <<http://www.rohr.com.br/sem-categoria/entenda-a-diferenca-do-uso-de-plataformas-de-acesso-e-andaimes-em-uma-obra/>>. Acessado em: 20 de janeiro de 2018.

SANDOW, M. **'Brennan, Louis (1852–1932)'**. Australian Dictionary of Biography, National Centre of Biography, Australian National University. 2018. Disponível em: <http://adb.anu.edu.au/biography/brennan-louis-3048/text4483>. Acessado em: 07 de outubro de 2017.

SÃO PAULO. **STR 701 – Gerenciamento de Riscos. Apostila do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança no Trabalho**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – Programa de Educação Continuada em Engenharia, 2016.

SCHWAB, K. A quarta revolução industrial. São Paulo: Edipro, 2016.

SELLA, B.C. **Comparativo entre as técnicas de análise de riscos APR e HAZOP.** Monografia de Especialização apresentada ao Departamento Acadêmico de Construção Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho, do campus Curitiba. 2014. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3521/1/CT_CEEEST_XXVIII_2014_06.pdf>. Acessado em: 13 de janeiro de 2018.

SEJAR. **European Drones Outlook Study - Unlocking the value for Europe.** 2016. Disponível em: <https://www.sesarju.eu/sites/default/files/documents/reports/European_Drones_Outlook_Study_2016.pdf>. Acessado em: 20 de dezembro de 2017.

SHUKLA, A.; KARKI, H. **Application of robotics in onshore oil and gas industry - A review Part I.** 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921889015002006>>. Acessado em: 20 de dezembro de 2017.

SPERRY, T. **Aerial drones vulnerable to being hacked, Congress told.** 2012. Disponível em: <<http://edition.cnn.com/2012/07/19/us/house-drones-hacking-risk/index.html>>. Acessado em: 10 de janeiro de 2018.

STACK, L. New York Times. **New Jersey Man Is Arrested After Drone Hits Empire State Building.** 2016. Disponível em: <<https://www.nytimes.com/2016/02/05/nyregion/new-jersey-man-is-arrested-after-drone-hits-empire-state-building.html>>. Acessado em: 10 de janeiro de 2018.

SUPRINYAK, C. E. **Torricelli, energia a vapor e o sentido tecnológico da Revolução Científica.** Revista de economia política. 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rep/v29n2/08.pdf>>. Acessado em: 14 de abril de 2018.

THE ECONOMIST. **Drone technology has made huge strides.** Editado em 2017. Disponível em: <<https://www.economist.com/news/technology-quarterly/21723001-originally-military-technology-drones-are-now-benefiting-rapid-advances>>. Acessado em: 09 de janeiro de 2018.

TURI, J. **Tesla's toy boat: A drone before its time.** 2014. Disponível em: <<https://www.engadget.com/2014/01/19/nikola-teslas-remote-control-boat/>>. Acessado em: 07 de outubro de 2017.

UOL ECONOMIA. **Drone bateu em avião na Argentina; EUA registram 100 casos de risco por mês.** 2017. Disponível em:

<<http://todosabordo.blogosfera.uol.com.br/2017/11/13/drone-bateu-em-aviao-na-argentina-eua-registram-100-casos-de-risco-por-mes/>>. Acessado em: 09 de janeiro de 2018.

USHER, A. P. **História das invenções mecânicas**. Edições Cosmos. 2 volumes. Lisboa, 1973.

UOL NOTÍCIAS. **Itália lança um dos primeiros drones à base de energia solar**. 2017. Disponível em: <<https://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/ansa/2017/02/21/italia-lanca-um-dos-primeiros-drones-a-base-de-energia-solar.htm>. 2017>. Acessado em: 09 de janeiro de 2018.

WAYPOINT. **When Birds Attack! - Experienced Drone Operators Discuss This (Surprisingly Common) Mission Threat**. 2017. Disponível em: <<https://waypoint.sensefly.com/bird-drone-attacks-avoid-threat/>>. Acessado em: 06 de janeiro de 2018.

APÊNDICE – PLANILHA APP

No.: 1		Descrição: Montagem Incorreta do RPAS							
Item	Condição Perigosa	Perigo	Consequências	P	S	Risco	Salvaguardas	Risco Residual	Recomendações
1.1	Ajuste das peças	1. Falta de ajuste adequado nas peças, especialmente e hélices	1. Durante o voo o movimento de rotação das hélices aliado a turbulência do ambiente e vento levam a perda de ajuste e as hélices se soltam levando a perda de estabilidade e consequente perda de sustentação da aeronave no ar ocasionando a queda do equipamento.	4 - Ocasional	E - Insignificante	D	1. Uso de torque adequado na montagem das hélices conforme manual do fabricante	D	
			2. Durante o voo o movimento de rotação das hélices aliado a turbulência do ambiente e vento levam a perda de ajuste e as hélices se soltam levando a perda de estabilidade e consequente perda de sustentação da aeronave no ar ocasionando a queda do equipamento que atinge uma pessoa ocasionando danos leves	4 - Ocasional	C - Significativo	B	2. Observar a instalação correta das travas da hélice que devem ser em sentido inverso ao de giro da hélice. Observar também que as travas geralmente possuem cores diferentes para os diferentes sentidos de rotação e alguns modelos possuem setas que devem ser posicionadas em mesmo sentido que as desenhadas no corpo do RPA		

							3. Check-list de partida contendo as informações desta salvaguarda		
							4. Isolamento da área abaixo do local onde será realizada a inspeção da chaminé de modo que mitigue fortemente qualquer dano em caso de queda do equipamento		
1.2	Disposição incorreta das hélices	1. Montagem incorreta do sentido de rotação das hélices	1. Um dos principais fatores de estabilização dos RPA são os sentidos de rotação das hélices que devem obedecer a uma configuração ótima de modo a equilibrar as forças sobre o RPA e o ar em torno para que o mesmo se mantenha estável. O posicionamento errado das hélices durante a montagem leva a perda de estabilidade do equipamento, dificuldades de decolagem e queda ao solo em baixa altura, sem danos as pessoas presentes na operação ou no local, apenas danos aos equipamentos.	5 - Frequente	E - Insignificante	C	1. Observar as indicações de sentido de rotação gravadas nas hélices dos equipamentos e monta-las nos rotores indicados no manual do equipamento	D	
							2. Em caso de não existência de indicação, efetuar o giro dos rotores com as mãos para avaliar o sentido de giro do rotor e montar a hélice com a parte mais alta para fora no sentido de rotação do rotor.		

1.3	Acessórios	1. Trava do Gimbal	1. Gimbal é a peça acoplada ao drone e que possui sistema motorizado de equalização das câmeras embarcadas de modo a manter a direção e o foco mesmo com o movimento do RPA. A falta de destravamento do Gimbal leva danos aos motores do gimbal por restrição dos movimentos do motor que estará acionado, levando a superaquecimento e quebra do sistema de estabilização do sistema de imagens. Danos ao equipamento e atraso na inspeção.	5 - Frequente	E - Insignificante	C	1. Sempre remover a trava do Gimbal antes de efetuar o voo	D	
		2. Protetor da câmera	2. A manutenção do protetor da câmera tem implicações positivas no sentido de proteger a lente de poeira e pequenos impactos, contudo cria um ambiente aquecido pois na região da câmera onde estão localizadas algumas das saídas de ar de refrigeração e estando cobertas deixam de funcionar reduzindo a vida útil do equipamento, além de comprometer a imagem durante a inspeção.	4 - Ocasional	E - Insignificante	D		D	

1.4	Balanceamento das hélices	1. Danos as pontas das hélices	1. Danos a uma das extremidades da hélice provoca diferença de massa entre os lados da hélice e levam ao desbalanceamento da mesma. O RPA operando com as hélices desbalanceadas leva a vibração do rotor e danos a este provocando sua quebra e perda de função gerando a desestabilização e queda da aeronave.	5 - Frequente	E - Insignificante	C	1. Check-list de partida - Verificação dimensional das hélices antes de iniciar o voo	D	
			2. Danos a uma das extremidades da hélice provoca diferença de massa entre os lados da hélice e levam ao desbalanceamento da mesma. O RPA operando com as hélices desbalanceadas leva a vibração do rotor e danos a este provocando sua quebra e perda de função gerando a desestabilização e queda da aeronave que atinge uma pessoa com lesões sérias	5 - Frequente	C - Significativo	B		D	
		2. Danos a curvatura das hélices	1. Danos a curvatura da hélice provoca diferença de deslocamento de ar na hélice e trepidação devido	5 - Frequente	E - Insignificante	C	1. Check-list de partida - Verificação dimensional das hélices antes de iniciar o voo	D	

			ao desbalanceamento da mesma transmitidas ao rotor e danos a este provocando sua quebra e perda de função gerando a desestabilização e queda da aeronave.				2. Isolamento da área abaixo do local onde será realizada a inspeção da chaminé de modo que mitigue fortemente qualquer dano em caso de queda do equipamento	
			2. Danos a curvatura da hélice provoca diferença de deslocamento de ar na hélice e trepidação devido ao desbalanceamento da mesma transmitidas ao rotor e danos a este provocando sua quebra e perda de função gerando a desestabilização e queda da aeronave que atinge uma pessoa com lesões sérias	5 - Frequente	C - Significativo	B		
		3. Hélices diferentes no mesmo RPA	1. Montar hélices de diferentes tamanhos em um mesmo RPA por confusão entre modelos disponíveis pelo operador leva a instabilidade de voo desde a decolagem e queda do equipamento e queda de baixa altura sem danos aos presentes na operação ou nas proximidades	4 - Ocasional	E - Insignificante	D	1. Check-list de partida - Verificação dimensional das hélices antes de iniciar o voo	D

No.: 2		Descrição: Operação do RPAS							
Item	Condição Perigosa	Perigo	Consequências	P	S	Risco	Salvaguardas	Risco Residual	Recomendações
2.1	Condições Climáticas	1. Chuva	1. A maioria dos RPA não estão equipados de modo a evitar de forma aceitável o contato de água de chuva em seus componentes eletrônicos e no caso desta ocorrência a aeronave perde o controle e ocorre a queda do equipamento. Danos ao equipamento	4 - Ocasional	E - Insignificante	D	1. Avaliar previsão do tempo antes do início da inspeção e recolhimento do equipamento em caso de mudança inesperada da condição climática	D	
			2. A maioria dos RPA não estão equipados de modo a evitar de forma aceitável o contato de água de chuva em seus componentes eletrônicos e no caso desta ocorrência a aeronave perde o controle e ocorre a queda do equipamento atingindo uma pessoa no solo provocando lesões sérias	4 - Ocasional	C - Significativo	B		D	
			3. A maioria dos RPA não estão equipados de modo a evitar de forma aceitável o contato de água de chuva em seus componentes eletrônicos e no caso desta	4 - Ocasional	D - Pequeno	C		D	

			ocorrência a aeronave perde o controle e ocorre a queda do equipamento atingindo uma pessoa no solo provocando danos a bateria que se incendeia pouco tempo depois.					
		2. Tempestades solares	1. Tempestades solares influenciam a comunicação dos satélites e, portanto, irão interferir no comando e posicionamento do RPA, levando em caso extremo a perda de controle do equipamento que poderá não mais responder aos comandos do operador e se mover indefinidamente até cair em algum ponto distante quando esgotar-se a bateria. Fenômeno conhecido como fly away. Danos ao equipamento.	3 - Remoto	E - Insignificante	D	1. Avaliação do índice K ou Kp antes da decolagem preferindo a operação em valores inferiores a 5 (escala de 0 a 9) - http://www.swpc.noaa.gov/products/planetary-k-index ou http://www.apolo11.com/atividade_solar.php 2. Avaliar estabilidade do equipamento logo após o voo, caso tenha movimentos oscilatórios é um indicativo de condição ruim de voo	D
			2. Tempestades solares influenciam a comunicação dos satélites e, portanto, irão interferir no comando e posicionamento do RPA, levando em caso extremo a perda de controle do equipamento que poderá não mais responder aos comandos do operador e se	3 - Remoto	D - Pequeno	D		D

			<p>mover indefinidamente até cair em algum ponto distante quando esgotar-se a bateria. Fenômeno conhecido como fly away. Ocorrendo danos a bateria do RPA que leva a um princípio de incêndio e a queda tendo ocorrido em região de vegetação haverá danos a vegetação e o incêndio da bateria será alastrado para a essa vegetação.</p>						
		3. Vento / Vortex	<p>1. Os modelos comerciais de RPA disponíveis para a inspeções possuem em geral a função de retorno a origem quando atinge 10% de bateria contudo antes desse valor é necessário avaliar se a distância ou o tempo de voo entre o local de partida e a posição do RPA é suficiente para o retorno e o consumo de metade da bateria para se afastar do ponto de partida pode ser bastante o suficiente para faltar energia para o retorno caso</p>	3 - Remoto	E - Insignificante	D	<p>1. Decolar contra o vento e efetuar o retorno a favor do vento auxiliam a economia de bateria</p>	D	<p>1. Avaliar o conjunto distâncias versus velocidades de vento e limite de carga de vento suportada pela aeronave para que ocorra a queda do equipamento em uso</p>

			os ventos estejam em sentido contrário ao deslocamento de regresso ao ponto de decolagem levando a aeronave a realizar o pouso em local não previsto e independente de comando do operador.				2. Avaliar o deslocamento da aeronave, tempo e consumo de bateria antes de iniciar a inspeção para decidir a percentagem de carga necessária de retorno antes da inspeção ocorrer		2. Realizar cálculo para avaliar qual a velocidade de vento necessária para atingir a máxima suportada por RPA comerciais em diferentes espaçamentos de estruturas
			2. Nas proximidade de estruturas os ventos sofrem interferências que variam de mudança de direção horizontal para ascendente quando o RPA posicionado na parte frontal da edificação e mesmo sentido do vento ou por uma força de sucção quando localizado atrás da estrutura no sentido do vento.	3 -	E -	D			
				Remo	Insign		3. Isolamento da área abaixo do local onde será realizada a inspeção da chaminé de modo que mitigue fortemente qualquer dano em caso de queda do equipamento		
				to	ificant				
					e				

			Estas mudanças de direção geram turbulências que levam a desestabilização do RPA e choques contra a estrutura ocasionando a queda da aeronave. Danos ao equipamento					
			3. Estruturas próximas aceleram o ar que passa entre elas e a manobra para inspeção com RPA nessa condição ao ser atingida a velocidade máxima suportada pelo equipamento leva a desestabilização e queda do equipamento ou mesmo choque contra a estrutura e queda da aeronave. Danos ao equipamento	3 - Remoto	E - Insignificante	D		D
			4. Nas proximidades de estruturas os ventos sofrem interferências que variam de mudança de direção horizontal para ascendente quando o RPA posicionado na parte frontal da edificação e mesmo sentido do vento ou por uma força de sucção quando localizado atrás da estrutura no sentido do vento. Estas mudanças de direção geram	3 - Remoto	C - Significativo	C		D

			turbulências que levam a desestabilização do RPA e choques contra a estrutura ocasionando a queda da aeronave que atinge uma pessoa em solo ocasionando lesões sérias					
			5. Estruturas próximas aceleram o ar que passa entre elas e a manobra para inspeção com RPA nessa condição ao ser atingida a velocidade máxima suportada pelo equipamento leva a desestabilização e queda do equipamento ou mesmo choque contra a estrutura e queda da aeronave que atinge uma pessoa em solo ocasionando lesões sérias	3 - Remoto	C - Significativo	C		D
			6. Estruturas próximas aceleram o ar que passa entre elas e a manobra para inspeção com RPA nessa condição ao ser atingida a velocidade máxima suportada pelo equipamento leva a desestabilização e queda do equipamento ou mesmo choque contra a estrutura e queda da	3 - Remoto	D - Pequeno	D		D

			aeronave que danifica a bateria gerando um princípio de incêndio						
2.2	Comunicação	1. Perda de link de comunicação	1. Perda do link de comunicação entre o o RPA e o operador leva o equipamento a efetuar a manobra de retorno a origem, que por configuração inicial é elevar o RPA a 30 m acima de onde está e efetuar o retorno a origem em linha reta. <u>Ver Perigos relatados na seção 3 - Imperícia</u>				1. A maioria dos modelos possuem 3 configurações de ação quando ocorre a perda do link, a que geralmente está pré configurada é o retorno a origem, mas também é possível configurar para que a aeronave aterrisse verticalmente na posição em que está ou ainda que se mantenha parada em voo até o retorno do link. Cada uma dessas ações possui uma ação de contenção específica a ser adotada. ver avaliação relatada em imperícia		
		2. Interferência com transmissores de processo wireless	1. Os RPA comerciais operam na faixa de 2.4 GHz enquanto que a maioria dos equipamentos de transmissão de sinais em campo que operam com protocolos Wireless HART ou ISA100, como por exemplo um indicador de nível de um tanque que envia a situação do nível para a sala de controle também por rádio frequência	3 - Remoto	C - Significativo	C	1. Acompanhar as indicações de equipamentos wireless durante a operação de RPAS e decidir pela desativação temporária de intertravamentos ou acionamentos de válvulas durante o uso do RPA nas proximidades 2. Operador de RPA o mais próximo possível da operação aumenta o sinal entre o transmissor e o receptor no RPA	D	1. Aprofundar o estudo sobre a possível interferência entre as aeronaves remotamente pilotadas e os equipamentos wireless de

			operam também nessa faixa de 2.4GHz o que leva a interferência e instabilidade do sinal enviado a sala de controle e ocorre uma alteração de parâmetro de processo que caso ligado a um intertravamento provoca a parada do processo ou atuação de algum sistema de contenção ou emergência. Instabilidade no processo de produção. Danos a produção				e reduz a interferência no RPA de outros transmissores próximos.		medição de variáveis de processo
							3. Protocolos HART e ISA 100 possuem codificação IP e é pouco provável que ocorra interferência em outros sinais		
							4. Comunicação entre o RPA e o RPS (sistema de controle em poder do operador do RPA) é efetuada através de endereçamento similar ao protocolo IP reduzindo assim a probabilidade de interferência		
		3. Bloqueadores de sinal de RPA	1. Operar RPA próximo a locais com bloqueadores leva a perda de sinal com o equipamento e o mesmo efetua a função designada sendo retorno ao ponto de origem ou outra pré configurada, impedindo a execução da inspeção	1 - Muito Improvável	D - Pequeno	D	11. Realizar voo de reconhecimento para avaliar essa interferência	D	
		4. Rádios de comunicação pessoal - rádios HT	1. Os rádios portáteis de comunicação conhecidos como rádios HT utilizados no local do estudo operam na faixa de 136 a 470MHz e, portanto, não causam e nem sofrem interferência pela operação do RPA que opera na faixa de 2.4GHz. Sem						

			conseqüências negativas						
		5. Redes Wi-fi	1. Redes Wi-Fi de Internet tipicamente utilizam a faixa de 2.4GHz portanto realizar inspeção em local próximo a transmissor ou repetidor de um sinal de rede <i>wi-fi</i> causa interferência nos comandos da aeronave e constantes quedas de comunicação entre a aeronave e o operador, nesta situação o RPA irá efetuar preferencialmente a operação de retorno ao ponto de partida a menos que tenha sido configurada outra ação e é importante <u>avaliar esses cenários que estão descritos no item Imperícia</u> relativos as opções de retorno a origem				1. Avaliar a existência de sinais ou transmissores em áreas abertas. Os existentes internamente a edificações da unidade fabril possuem baixa probabilidade de afetar a comunicação com o RPA 2. Caso existem pessoas na operação que estejam, portanto, o telefone celular ou equipamentos como tablets solicitar desligar a função Bluetooth 3. Redes Wi-fi possuem codificação IP e é pouco provável que ocorra interferência em outros sinais		
		6. Interferências por equipamentos que emitam micro-ondas	1. Equipamentos industriais podem emitir micro-ondas para efetuar algum trabalho e é necessário avaliar a frequência uma vez que o controle do RPA também é efetuado por micro-ondas. Embora contidas no equipamento podem ocorrer escapes e estes influenciarem as aeronaves.	1 - Muito Improvável	D - Pequeno	D	1. Conhecer as características dos equipamentos no entorno para verificação de emissão de micro-ondas 2. Isolamento da área abaixo do local onde será realizada a inspeção da chaminé de modo que mitigue fortemente qualquer dano em caso de queda do equipamento	D	

			Microondas modernos de uso residencial também utilizam a faixa de 2.4GHz como exemplo.					
		7. Interferência eletromagnética	1. Voar em proximidade de alta emissão eletromagnética causa interferência na bússola do equipamento e o mesmo fica sem referência, portanto em uma situação de retorno a origem o RPA não retorna ao local desejado e muitas vezes sem referência se distancia e continua a voar até acabar a bateria, chamado fenômeno <i>fly away</i> .	4 - Ocasional	D - Pequeno	C	1. Isolamento da área abaixo do local onde será realizada a inspeção da chaminé de modo que mitigue fortemente qualquer dano em caso de queda do equipamento	D
			2. Voar em proximidade de alta emissão eletromagnética causa interferência na bússola do equipamento e o mesmo na tentativa de correção e perde a estabilidade de voo ficando operando em movimentos circulares na tentativa de se adaptar a interferência e nessa situação ocorre o choque do equipamento a estruturas levando a queda do equipamento e atingindo uma pessoa em solo	4 - Ocasional	C - Significativo	B		D

			causando lesões sérias					
			3. Voar em proximidade de alta emissão eletromagnética causa interferência na bússola do equipamento e o mesmo na tentativa de correção e perde a estabilidade de voo ficando operando em movimentos circulares na tentativa de se adaptar a interferência e nessa situação ocorre o choque do equipamento a estruturas levando a queda do equipamento que danifica a bateria e inicia-se um princípio de incêndio no local	4 - Ocasional	D - Pequeno	C		D
2.3	Configuração	1. Falta de calibração do IMU (<i>Inercial Measurement Unit</i>)	1. Composto por quatro elementos, sendo eles o Acelerômetro, barômetro, giroscópio e termômetro é responsável pela estabilidade do drone. Falta de calibração do IMU leva o drone a não parar imediatamente ao comando do operador de RPA ocasionando colisões quando estiver em voo, queda e lesões sérias a pessoas em solo	4 - Ocasional	C - Significativo	B	1. Calibração do IMU efetuada com o equipamento frio e em superfície estável ideal antes da primeira decolagem do RPA	D

			2. Composto por quatro elementos, sendo eles o Acelerômetro, barômetro, giroscópio e termômetro é responsável pela estabilidade do drone. Falta de calibração do IMU leva o drone a não parar imediatamente ao comando do operador de RPA ocasionando colisões quando estiver em voo queda e danos a bateria que inicia um princípio de incêndio no local	4 - Ocasional	D - Pequeno	C		D	
		2. Calibração do IMU em local quente	1. Calibração do IMU em local onde a temperatura for elevada, como por exemplo em alguns locais da unidade de produção leva o RPA a arquivar aquela temperatura como normal do ambiente e em um próximo uso antes de estar pronto para decolagem o equipamento irá se aquecer até a temperatura da calibragem anterior, levando a atraso na decolagem e também desgaste do equipamento por operar em temperatura elevada sem necessidade.	3 - Remoto	D - Pequeno	D	1. Calibração do IMU efetuada com o equipamento frio e em superfície estável ideal antes da primeira decolagem do RPA	D	

		3. Calibraçã o fora do eixo do RPA	1. Calibração do RPA fora do eixo do equipamento, por exemplo ao segurar e girar o corpo ao invés de girar apenas o RPA leva a perda de estabilidade da aeronave quando parada em voo. Essa perda de estabilidade leva a maior necessidade de atuação do gimbal para estabilização da câmera e operação das hélices da aeronave para compensar a desestabilização consumindo bateria e reduzindo o tempo de voo e também a maior desgaste do equipamento por estar constantemente buscando estabilização.	3 - Remo to	D - Pequ eno	D	Calibrar o RPA girando-o em torno de seu eixo	D	
			2. Calibração do RPA fora do eixo do equipamento, por exemplo ao segurar e girar o corpo ao invés de girar apenas o RPA leva a perda de estabilidade da aeronave quando parada em voo. Essa perda de estabilidade faz com que o RPA faça movimentos oscilatórios durante o voo e em grandes aproximações durante a	3 - Remo to	C - Signifi cativo	C		D	

			inspeção leva a choque do equipamento com a estrutura e queda da aeronave atingindo pessoas no solo gerando lesões sérias					
			3. Calibração do RPA fora do eixo do equipamento, por exemplo ao segurar e girar o corpo ao invés de girar apenas o RPA leva a perda de estabilidade da aeronave quando parada em voo. Essa perda de estabilidade faz com que o RPA faça movimentos oscilatórios durante o voo e em grandes aproximações durante a inspeção leva a choque do equipamento com a estrutura e queda da aeronave dano a bateria e princípio de incêndio no local	3 - Remoto	D - Pequeno	D		D
		4. Falta de calibração	1. A falta de calibração na decolagem do drone leva a engano quando acionada a opção de retorno ao ponto de partida - <i>Return to home</i> , e o RPA aterrissa em posição não desejada. Danos	3 - Remoto	E - Insignificante	D		D

			ao equipamento.					
			2. Falta de calibração da bussola causa baixa orientação do RPA quando acionada a função de retorno ao ponto de partida levando o RPA a pousar em local inadequado ou mesmo continuar o voo até esgotar a bateria. Danos ao equipamento	3 - Remoto	D - Pequeno	D		D
		5. Não configuração do retorno ao ponto de partida	1. Não configurando o ponto de retorno no momento da decolagem do RPA em uma ocorrência de perda do link de comunicação o RPA irá efetuar a programação de retorno escolhida, em sendo a de retorno ao ponto de partida uma vez que este não foi configurado o RPA irá pousar em local não desejado ou mesmo perder a referência e voar sem controle até finalizar a bateria ou chocar-se contra um objeto. Danos ao equipamento	4 - Ocasional	D - Pequeno	C	Na avaliação de condições para o voo incluir a configuração do ponto de partida e ação que se deseja na perda do link	D

		6. Interferência por massa magnética	2. Durante a calibração de decolagem é importante realizar a calibração de massa magnética que influencia na desestabilização da aeronave. Contudo não avaliando a massa metálica do local da inspeção a calibração pode não ser suficiente ao aproximar-se da região da desejada e ocorre a desestabilização e queda da aeronave atingindo uma pessoa em solo e causando lesões sérias	4 - Ocasional	C - Significativo	B	2. Avaliação da massa magnética durante a calibração o mais próximo possível do local da inspeção. Caso a configuração seja possível apenas muito distante é importante efetuar voo de teste para avaliar a magnitude dessa interferência ao se aproximar do equipamento antes da inspeção.	D	
			3. Durante a calibração de decolagem é importante realizar a calibração de massa magnética que influencia na desestabilização da aeronave. Contudo não avaliando a massa metálica do local da inspeção a calibração pode não ser suficiente ao aproximar-se da região da inspeção ocorre a desestabilização e queda da aeronave danificando a bateria e iniciando-se um princípio de incêndio no local	4 - Ocasional	D - Pequeno	C		D	

2.4	Imperícia	1. Desligam ento do Rotor - CSC - <i>Combina tion Stick Command</i>	1. Posicionando os comandos de direção do RPA na posição ambos para baixo e para o centro ou ambas para baixo e para fora do centro e mantendo em uma destas posições por 3 segundos ou mais o sistema desliga os motores da aeronave e leva a perda de sustentação do equipamento e conseqüente queda. Esta posição é chamada de CSC - <i>Combination Stick Command</i> . Na queda gera lesões sérias a pessoas no entorno do equipamento	4 - Ocasional	C - Significativo	B	11. Leitura do manual e treinamento para operação do RPA	D	
			2. Posicionando os comandos de direção do RPA na posição ambos para baixo e para o centro ou ambas para baixo e para fora do centro e mantendo em uma destas posições por 3 segundos ou mais o sistema desliga os motores da aeronave e leva a perda de sustentação do equipamento e conseqüente queda. Esta posição é chamada de CSC - <i>Combination Stick Command</i> . Na queda ocorre danos a bateria que inicia um	4 - Ocasional	D - Pequeno	C		D	

			princípio de incêndio no local					
		2. Posição do RPA	1. Os comandos do RPS são sempre relacionados ao sentido de orientação do RPA, ou seja, movimentação para a direita da alavanca leva a aeronave para a direita desde que o RPA esteja direcionado para a frente. A rotação no ar do RPA em seu eixo X faz com que os comandos no RPS sejam invertidos, ou seja caso o RPA esteja direcionado para tras, ou seja tenha sido rotacionado em 180°, o comando de deslocamento para a direita leva o equipamento para a esquerda e muitas vezes é difícil identificar a partir do solo qual a posição do RPA e a falta de habilidade do operador leva a colisão e queda da aeronave com lesões sérias a pessoas em solo	3 - Remo to	C - Signifi cativo	C	1. Identificação prévia por exemplo por cores, em hélices ou mesmo nas luzes de LED de qual é a região frontal e qual a traseira para que do solo o operador identifique e evite o engano de direção. 2. Manter ativo a opção conhecida como <i>Headless</i> que é quando o RPA usa a posição do operador como sendo a posição do RPA, ou seja, independente da posição atual de voo - frente ou trás - o mesmo irá sempre obedecer ao comando do controle na mesma direção do movimento da alavanca, para isso no momento da decolagem a frontal do RPA deve estar no mesmo sentido da frontal do operador de RPA	D

		3. Vortex	1. Descida em velocidade acelerada faz com que a aeronave perca estabilidade por entrar na zona de turbulência criada pelo deslocamento de ar nas hélices do próprio RPA e com isso ocorre a queda da aeronave. Esse deslocamento de ar é conhecido como downwash e o efeito gerado por vortex ring state. Esta queda em baixas alturas leva a incidentes menores	3 - Remoto	D - Pequeno	D	3. Efetuar a descida do RPA em baixa velocidade	D	
		4. Função Retorno a origem sob estruturas	1. Ao efetuar inspeções muitas vezes ocorre a aproximação do RPA ao ponto de observação e para isso a aeronave fica posicionada abaixo de estruturas, como por exemplo plataformas de acesso a pessoas localizada na chaminé, nesta condição ao ocorrer a perda de comunicação, chamada de perda de link, a aeronave por segurança está pré configurada para efetuar o retorno a origem (return to home) e com isso a mesma se eleva 30 m de onde está e inicia o retorno, neste	4 - Ocasional	E - Insignificante	D	1. Desabilitar a função <i>Return to Home</i> - retorno ao ponto de partida em situações de inspeção abaixo de estruturas. - Nesta situação se ocorrer a perda de sinal o RPA irá proceder ou a aterrissagem onde estiver e, portanto, deve-se preparar essa superfície para o pouso ou manter-se-á voando no mesmo local até recuperar o sinal. A opção deseja de ação deve ser configurada no momento do planejamento do voo 2. Isolamento da área abaixo do local onde será realizada a inspeção da chaminé de modo que mitigue fortemente qualquer dano em caso de queda do	D	

			momento da elevação ocorre o choque do RPA com a estrutura acima e a aeronave perde sustentação e ocorre a queda do equipamento. Danos ao equipamento				equipamento		
			2. Ao efetuar inspeções muitas vezes ocorre a aproximação do RPA ao ponto de observação e para isso a aeronave fica posicionada abaixo de estruturas, como por exemplo plataformas de acesso a pessoas localizada na chaminé, nesta condição ao ocorrer a perda de comunicação, chamada de perda de link, a aeronave por segurança está pré configurada para efetuar o retorno a origem (<i>return to home</i>) e com isso a mesma se eleva 30 m de onde está e inicia o retorno, neste momento da elevação ocorre o choque do RPA com a estrutura acima e a aeronave perde sustentação e ocorre a queda do equipamento ocasionando lesões sérias a pessoas no entorno.	4 - Ocasional	C - Significativo	B		D	

			<p>3. Ao efetuar inspeções muitas vezes ocorre a aproximação do RPA ao ponto de observação e para isso a aeronave fica posicionada abaixo de estruturas, como por exemplo plataformas de acesso a pessoas localizada na chaminé, nesta condição ao ocorrer a perda de comunicação, chamada de perda de link, a aeronave por segurança está pré configurada para efetuar o retorno a origem (<i>return to home</i>) e com isso a mesma se eleva 30 m de onde está e inicia o retorno, neste momento da elevação ocorre o choque do RPA com a estrutura acima e a aeronave perde sustentação e ocorre a queda do equipamento que danifica a bateria e inicia-se uma reação térmica que gera o princípio de incêndio no equipamento</p>	4 - Ocasional	D - Pequeno	C		D	
--	--	--	--	---------------	-------------	---	--	---	--

		5. Função de retorno com baixa altitude	1. Em caso de perda de sinal do RPA o mesmo efetua sem comando do operador a atividade de retorno a posição de partida e nesta situação caso não tenha sido ajustada a altura para a elevação de retorno o mesmo irá se elevar 30 metros de onde estiver e retornar em linha reta, colidindo com algum obstáculo ou gases e vapores de equipamentos. levando a queda da aeronave e danos sérios a pessoas em solo	3 - Remoto	C - Significativo	C	1. Planejamento de voo deve incluir a calibração altura necessária para o retorno a origem em emergências	D	
			2. Em caso de perda de sinal do RPA o mesmo efetua sem comando do operador a atividade de retorno a posição de partida e nesta situação caso não tenha sido ajustada a altura para a elevação de retorno o mesmo irá se elevar 30 metros de onde estiver e retornar em linha reta, colidindo com algum obstáculo ou gases e vapores de equipamentos. levando a queda da aeronave e princípio de incêndio devido danos na bateria	3 - Remoto	D - Pequeno	D		D	

		6. Proximidade de equipamentos quentes	1. Radiação térmica incidindo sobre o RPA leva a superaquecimento da bateria e início de incêndio ou explosão da mesma em voo, ocasionando a queda da aeronave e danos sérios a pessoas em solo.	4 - Ocasional	C - Significativo	B	1. Isolamento da área abaixo do local onde será realizada a inspeção da chaminé de modo que mitigue fortemente qualquer dano em caso de queda do equipamento 2. Avaliar a radiação térmica no local para decidir a distância mínima do equipamento de modo a não ultrapassar o limite descrito no manual de operações	D	Aprofundar estudos sobre a influência da temperatura ambiente próxima de equipamentos aquecidos que pode desencadear uma reação térmica da bateria - estudo de radiação térmica e suas distâncias
			2. Radiação térmica incidindo sobre o RPA leva a deformação das hélices ou outros conjuntos do RPA que geram a instabilidade do equipamento e queda ocasionando lesões sérias a pessoas em solo	4 - Ocasional	C - Significativo	B		D	
			3. Radiação térmica incidindo sobre o RPA leva a deformação das hélices ou outros conjuntos do RPA que geram a instabilidade do equipamento e queda com danos a	4 - Ocasional	C - Significativo	B		D	

			bateria e princípio de incêndio no local					
		7. Velocidade de operação	1. Ainda que ocorra o comando de parada do RPA há uma inércia de movimento e o mesmo se desloca por mais algum trecho do espaço que pode ser décimos de metros ou alguns metros dependendo da velocidade e a não previsão deste movimento leva a colisão do equipamento contra estruturas e a consequente queda da aeronave e danos a pessoas em solo com lesões sérias	4 - Ocasional	C - Significativo	B	1. Uso do RPA sempre em baixa velocidade para atingir o ponto de inspeção ou mesmo durante a ronda de segurança com a aeronave	D
			2. Ainda que ocorra o comando de parada do RPA há uma inércia de movimento e o mesmo se desloca por mais algum trecho do espaço que pode ser décimos de metros ou alguns metros dependendo da velocidade e a não previsão deste movimento leva a colisão do equipamento contra estruturas e a consequente queda da aeronave com princípio de incêndio no local	3 - Remoto	D - Pequeno	D		D

		8. Voo sobre líquidos em altura inferior a 3m de distância da superfície e (alguns modelos inferior a 10m)	16. O VPS trabalha por reconhecimento de padrões de imagem captadas por um câmera fixa na parte inferior do equipamento e utilizada exclusivamente pela aeronave e também com o auxílio de sonares utilizando frequências de ultrassom para avaliar o posicionamento da aeronave quando há pouca confiabilidade no sinal de posicionamento global ou quando há reduzido números de satélites que o auxiliam, ocorre que quando em deslocamento sobre líquidos de grande dimensão ou por muito tempo esse sistema pode interpretar algum reflexo ou mesmo alguma movimentação como um sinal de instabilidade e o equipamento tenta corrigir algo que não está ocorrendo e finalmente leva a perda total de controle e ocorre a queda que cai dentro do líquido.	3 - Remoto	D - Pequeno	D	1. Desligar o VPS - Vision Positioning System - Sistema de Posicionamento Visual em voos sobre tanques abertos, grandes lagoas ou superfícies refletoras quando dentro da altura de atuação do sistema o que ocorre frequentemente em inspeções 2. Avaliar no manual da aeronave a altura de operação do sistema VPS e manter distância vertical acima desta altura para sobrevoar líquidos, superfícies refletoras ou inclinadas	D	
--	--	--	--	------------	-------------	---	--	---	--

		9. Voo sobre superfícies inclinadas a 3m de distância vertical (alguns modelos inferior a 10m)	1. O Sistema de posicionamento Visual - VPS - trabalha com uma câmera e com sonar, para reconhecimento de mudança de parâmetros visuais ou de distância que informam para o equipamento que ele está se movimentando mesmo tendo o comando de ficar parado e a partir destas informações efetua a estabilidade do RPA. Esta funcionalidade está ativa com o RPA a no máximo três metros de distância vertical, ou até dez metros para alguns modelos, contudo se a superfície abaixo do RPA for inclinada as ondas sonoras emitidas pelo sonar não retornarão ao equipamento e o mesmo não irá interpretar corretamente os sinais e perderá estabilidade levando a queda do equipamento de 10m e lesões sérias a uma pessoa em solo.	3 - Remoto	C - Significativo	C	1. Avaliar no manual da aeronave a altura de operação do sistema VPS e manter distância vertical acima desta altura para sobrevoar líquidos, superfícies refletoras ou inclinadas	D	
--	--	--	--	------------	-------------------	---	---	---	--

			<p>2. O Sistema de posicionamento Visual - VPS - trabalha com uma câmera e com sonar, para reconhecimento de mudança de parâmetros visuais ou de distância que informam para o equipamento que ele está se movimentando mesmo tendo o comando de ficar parado e a partir destas informações efetua a estabilidade do RPA. Esta funcionalidade está ativa com o RPA a no máximo três metros de distância vertical, ou até dez metros para alguns modelos, contudo se a superfície abaixo do RPA for inclinada as ondas sonoras emitidas pelo sonar não retornarão ao equipamento e o mesmo não irá interpretar corretamente os sinais e perderá estabilidade levando a queda do equipamento de 10m e danos a bateria com princípio de incêndio no local</p>	3 - Remoto	D - Pequeno	D		D	
--	--	--	--	------------	-------------	---	--	---	--

		10. Distrações durante a inspeção.	1. Conversas paralelas ou muitas pessoas se comunicando com o operador levam a distração e confusão de comandos que levam a perda de controle ou algum comando errado e danos ao equipamento ou mesmo queda da aeronave com lesão séria a pessoas em solo	4 - Ocasional	C - Significativo	B	1. Manter apenas uma pessoa se comunicando com o operador de RPA e o ambiente o mais favorável a que este esteja concentrado na tarefa.	D	
			2. Conversas paralelas ou muitas pessoas se comunicando com o operador levam a distração e confusão de comandos que levam a perda de controle ou algum comando errado e danos ao equipamento ou mesmo queda da aeronave com princípio de incêndio por danos a bateria no choque com o solo	3 - Remoto	D - Pequeno	D		D	
2.5	Proximidade de animais	1. Uso de Sonar	1. O RPA possui o sistema de posicionamento chamado VPS - <i>Visual Positioning System</i> - Sistema de posicionamento visual - que além da câmera de reconhecimento de padrões possui um sonar para avaliação da altura, as ondas emitidas pelo sonar não	4 - Ocasional	C - Significativo	B	1. Desligar o sistema VPS quando estiver em zona onde há presença de animais	D	

			são perceptíveis para os humanos porém muitos animais as percebem e portanto o voo de um RPA próximo os incomoda e leva ao ataque do equipamento e queda do equipamento gerando lesões sérias					
			2. O RPA possui o sistema de posicionamento chamado VPS - <i>Visual Positioning System</i> - Sistema de posicionamento visual - que além da câmera de reconhecimento de padrões possui um sonar para avaliação da altura, as ondas emitidas pelo sonar não são perceptíveis para os humanos porém muitos animais as percebem e portanto o voo de um RPA próximo os incomoda e leva ao ataque do equipamento e queda do equipamento gerando princípio de incêndio por danos a bateria	3 - Remoto	D - Pequeno	D		D
		2. Território	1. Muitos animais principalmente aves de rapina atacam para proteger o espaço de domínio dessas aves e na maioria das	5 - Frequente	C - Significativo	B	1. Desligar o sistema VPS quando estiver em zona onde há presença de animais 2. Avaliar a existência de aves de rapina	D

			intervenções causam a queda do RPA que atingem pessoas no solo e geram lesões sérias				nas proximidades do uso do RPA		
			2. Muitos animais principalmente aves de rapina atacam para proteger o espaço de domínio dessas aves e na maioria das intervenções causam a queda do RPA que danificam a bateria e geram um princípio de incêndio no local	3 - Remoto	D - Pequeno	D	3. Avaliar a existência de ninho de pássaros na área de atuação do RPA	D	
							Abortar o voo em caso da existência de ninhos no local		
2.6	Bateria	1. Carregamento e energia armazenada	1. As baterias da maioria dos RPA comerciais são do tipo LiPo - Lítio Polímero e armazenam grande quantidade de energia em um pequeno compartimento. RPA de maior robustez possuem mais de um compartimento. A sobrecarga da bateria leva a aquecimento e reação térmica que faz com que a bateria se incendeie ou ocorra a explosão da mesma.	4 - Ocasional	A - Catastrófico	A	1. Uso de carregadores que possuem a função de corte de energia quando totalmente carregado. 2. Uso de carregadores com balanceamento de energia para cada compartimento quando uso de RPA maiores 3. Utilizar saco de segurança LiPo durante o carregamento e armazenamento 4. Mantenha um extintor de incêndio classe D (apenas o que contem Cobre) próximo ao local de carregamento da bateria especialmente devido o Lítio presente na bateria ou extintor ABC	D	4. Aprofundar estudos sobre a influência da temperatura ambiente próxima de equipamentos aquecidos que pode desencadear uma reação térmica da bateria - estudo de radiação térmica e suas

							5. Não recarregar baterias que acabaram de ser utilizadas e ainda estão aquecidas		distâncias
							6. Manter-se presente durante o carregamento da bateria para avaliar qualquer anormalidade estrutural e interromper o carregamento ou mesmo iniciar o procedimento de combate com um extintor classe D (apenas o que contem Cobre)		
							7. Local de carregamento da bateria de LiPo é importante que seja aberto ventilado e sem material combustível próximo de modo a evitar propagação no caso de incêndio durante o carregamento		
			2. Efetuar o carregamento da bateria em local mal ventilado ou próximo a materiais combustíveis leva a aumento do incêndio em caso de problemas na bateria durante a carga	4 - Ocasional	A - Catatráfico	A	Efetuar o carregamento das baterias em local bem ventilado e ausente de materiais combustíveis que possam aumentar a carga de incêndio	D	
			3. Inserção no carregador de uma bateria que acabou de sair de uso e ainda está aquecida elevará a temperatura da mesma durante o carregamento e haverá reação térmica ocorrendo incêndio ou	4 - Ocasional	A - Catatráfico	A	Aguardar o resfriamento total da bateria para efetuar nova carga	D	

			explosão da bateria						
		2. Falta de Bateria para retorno	9. Ver consequências descritas no item 2.1.3						
		3. Proximidade de ambientes quentes	1. As baterias da maioria dos RPA comerciais são do tipo LiPo - Lítio Polímero e armazenam grande quantidade de energia em um pequeno compartimento. RPA de maior robustez possuem mais de um compartimento. A Sobrecarga da bateria leva a aquecimento e reação térmica que faz com que a bateria se incendeie ou ocorra a explosão da mesma.	4 - Ocasional	A - Catástrofe	A	1. Manter o RPA afastado de equipamentos muito aquecidos que podem também levar a reação de incêndio ou explosão da bateria.	D	4. Aprofundar estudos sobre a influência da temperatura ambiente próxima de equipamentos aquecidos que pode desencadear uma reação térmica da bateria - estudo de radiação térmica e suas distâncias

		4. Choques e perfurações	1. Baterias de LiPo quando submetidas a choques violentos ou perfurações levam a desencadeamento de reação térmica que culmina em incêndio ou explosão da mesma e danos as pessoas próximas	3 - Remoto	A - Catatráfico	A	1. Mantenha um extintor de incêndio classe D (apenas o que contem Cobre) próximo durante o uso do RPA para caso de queda e necessidade de extinção de incêndio, alternativamente use extintor ABC	D	
		5. Armazenamento	1. Armazenamento da bateria do RPA com a carga completa por períodos de três dias ou mais leva a problemas de estabilidade química e desencadeamento de reação térmica caso a mesma já esteja com algum dano inicial, resultando em incêndio ou explosão da bateria	4 - Ocasional	C - Significativo	B	1. Utilizar saco de segurança LiPo durante o carregamento e armazenamento 2. Não armazenar mais de uma bateria em um mesmo local, pois caso uma delas entre em reação térmica e inicie um incêndio este se propagará para as demais e o incêndio terá maiores proporções 3. Em períodos superiores a três dias deve-se reduzir a carga da bateria para valores entre 3.6 e 3.8 V, evitando possibilidade de reação térmica da bateria por instabilidade quando completamente carregada	D	
		6. Baixas temperaturas	1. Inspeção em locais de temperatura abaixo de -10°C levam a redução da atividade química da bateria de LiPo levando a falhas no fornecimento de	1 - Muito Improvável	C - Significativo	D		D	

			energia e queda da aeronave com danos sérios a e pessoas em solo. Muito improvável para a região de análise sendo a Chaminé da indústria em avaliação					
		7. Bateria abaixo de 3 Volts	1. Carga muito baixa na bateria expõe as camadas internas e a bateria entra em curto e durante o carregamento e ocorre reação térmica e incêndio nas baterias. Danos a instalação e a pessoas no entorno da bateria	4 - Ocasional	C - Significativo	B	1. Uso de carregadores com balanceamento de energia para cada compartimento quando uso de RPA maiores 2. Utilizar como boa prática que nunca seja descarregada baixo de 3.5V	D
2.7	Áreas Classificadas	1. Zona 0 ou 20	1. Zona 0 quando exposição a gases ou vapores ou 20 quando exposto a concentrações de poeira explosivas são condições onde a presença de atmosfera explosiva ocorre durante todo o tempo ou por longos períodos e portanto a inclusão de uma fonte de ignição, como o RPA, neste ambiente leva imediatamente ao desencadeamento da reação gerando um incêndio ou explosão.	4 - Ocasional	A - Catastrófico	A	1. Não operar RPA em Zona 0 ou 20 2. Ter disponível o mapeamento de classificação de áreas para o planejamento do voo - Check-list de partida	D
		2. Zona 1	1. Zona 1 quando exposição a gases são condições onde a presença de atmosfera explosiva é	3 - Remoto	A - Catastrófico	A	1. Ter disponível o mapeamento de classificação de áreas para o planejamento do voo - Check-list de	D

			provável de ocorrer em condições normais de operação. A inserção do RPA nesta área aumenta a dispersão devido as hélices, mas ainda assim expõe uma fonte de ignição no ambiente leva ao desencadeamento da reação gerando um incêndio ou explosão.				partida		
							2. Avaliação das condições de processo necessárias para a não formação de zona 1 em caso de externa necessidade de uso do RPA, porém preferir não operar a aeronave nessas condições		
			2. Uso e flash durante as fotos é uma fonte ignição e desencadeia uma reação tanto em área contendo gases inflamáveis ou em áreas com poeira dispersa ou pó depositado na região do flash da câmera.	4 - Ocasional	B - Crítico	A	3. Não utilizar o flash durante as imagens fotográficas dentro dessa área	D	
		3. Zona 2	1. A zona 2 de área classificada é definida onde a concentração explosiva pode ocorrer em condições anormais de processo e por curtos períodos, o que reduz consideravelmente a probabilidade de ocorrência de uma ignição nesta área, e por isso esta foi classificada como improvável, portanto foi considerada aceitável esse risco	2- Improvável	B - Crítico	C	1. Avaliar juntamente com a sala de controle as condições de processo para verificar a normalidade da situação operacional antes de adentrar nessa área	D	
							2. Quando possível realizar a inspeção fora da área classificada zona 2 utilizando-se do zoom da câmera		

		4. Zona 21	1. Zona 21 semelhante a zona 1 porém para poeiras, significa uma área onde a dispersão de poeira explosiva nas condições necessárias a uma reação podem ocorrer em condições normais de operação, e portanto a inserção de um RPA como fonte de ignição neste ambiente fornece o um elemento adicional ao pentagono do fogo necessário para iniciar um incêndio ou explosão de poeiras.	3 - Remoto	A - Catatráfico	A	1. Não operar RPA em zonas classificadas como 21	D	
			2. Uso e flash durante as fotos é uma fonte ignição e desencadeia uma reação tanto em área contendo gases inflamáveis ou em áreas com poeira dispersa ou pó depositado na região do flash da câmera.	4 - Ocasional	B - Crítico	A	2. Não utilizar o flash durante as imagens fotográficas dentro dessa área	D	
		5. Zona 22	1. Zona classificada como 22 é uma área onde a presença de poeira explosiva nas condições de operação não é esperada, contudo deve-se observar que pode haver pó depositado sobre estruturas ou equipamentos e a presença do RPA com a ação das hélices	3 - Remoto	A - Catatráfico	A	1. Manter o local livre de pó 2. Avaliar a deposição de pó e a FISPQ do material antes de utilizar o RPA nessa área	D	

			ocasiona o a suspensão do pó e então proporciona a concentração de dispersão da poeira dentro da faixa necessária para a ignição e iniciar um incêndio ou explosão.					
			2. Uso e flash durante as fotos é uma fonte ignição e desencadeia uma reação tanto em área contendo gases inflamáveis ou em áreas com poeira dispersa ou pó depositado na região do flash da câmera.	4 - Ocasional	B - Crítico	A	3. Não utilizar o flash durante as imagens fotográficas dentro dessa área	D
2.8	Confiabilidade	1. Número de rotores	1. Quadricópteros necessitam dos quatro rotores em perfeito funcionamento para garantir a estabilidade da aeronave. Na ocorrência de falha em um deles ocorre a desestabilização do voo e queda da aeronave que atinge uma pessoa em solo causando lesões sérias	4 - Ocasional	C - Significativo	B	1. Hexacópteros ou multirotores com número acima de seis possuem redundância de estabilidade e, portanto, a falha de um rotor individual apesar de afetar a estabilidade não afeta fortemente a navegabilidade e o equipamento pode ser recolhido com segurança para o ponto de decolagem. Preferir RPA com número de rotores maiores ou igual a 6 para realizar inspeções	D

			2. Quadricópteros necessitam dos quatro rotores em perfeito funcionamento para garantir a estabilidade da aeronave. Na ocorrência de falha em um deles ocorre a desestabilização do voo e queda da aeronave causando princípio de incêndio devido a danos a bateria.	4 - Ocasional	C - Significativo	B		D	
		2. Número de operadores de RPA	1. Considerando que durante uma inspeção onde a ação de retorno a origem está desabilitada devido a razões de posicionamento do equipamento e durante a operação de inspeção ocorre alguma intercorrência de saúde com o operador, por exemplo um desmaio, ter sido atingido por algo, ou outra situação médica que impeça o operador de continuar com o controle da aeronave a mesma irá permanecer no ar até a bateria estar em situação crítica e efetuar o retorno a origem independente da seleção anterior o equipamento não terá bateria suficiente para efetuar o retorno	3 - Remoto	C - Significativo	C	1. Avaliação médica do operador antes do uso do equipamento, sendo procedimentos básicos como por exemplo medição de pressão arterial um bom indicio. 23. Entrevista com o operador para avaliar situações que possam levar a mal súbito como uso de remédios, cansaço ou outros fatores. 3. Prever um segundo operador que possa retornar o equipamento para local seguro enquanto é realizado o atendimento ao piloto principal.	D	

			completo e irá pousar em local inadequado ou ocorrer a queda do equipamento atingindo pessoa no solo e causando lesões sérias					
			2. Considerando que durante uma inspeção onde a ação de retorno a origem está desabilitada devido a razões de posicionamento do equipamento e durante a operação de inspeção ocorre alguma intercorrência de saúde com o o operador, por exemplo um desmaio, ter sido atingido por algo, ou outra situação médica que impeça o operador de continuar com o controle da aeronave a mesma irá permanecer no ar até a bateria estar em situação crítica e efetuar o retorno a origem independente da seleção anterior o equipamento não terá bateria suficiente para efetuar o retorno completo e irá pousar em local inadequado ou ocorrer a queda do equipamento iniciando um princípio de incêndio por danos a bateria	4 - Ocasional	D - Pequeno	C		D

