



Gestão & Gerenciamento

TECNOLOGIA E EFICIÊNCIA NA SIDERURGIA: COMO OS DRONES PODEM CONTRIBUIR PARA OTIMIZAÇÃO NO GERENCIAMENTO DOS RECURSOS E AUMENTO DA PRODUTIVIDADE.

TECHNOLOGY AND EFFICIENCY IN THE STEEL INDUSTRY: HOW DRONES CAN CONTRIBUTE TO RESOURCE MANAGEMENT OPTIMIZATION AND INCREASED PRODUCTIVITY

Felipe Alves de Oliveira

Pós-graduando em Gestão e Gerenciamento de Projetos; Escola Politécnica Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

felipecivilalves@gmail.com

Pedro Henrique Braz da Cunha

Mestre em Administração de Empresas, Université D'Angers, França.

pedrohbcunha@gmail.com

Resumo

A integração entre siderurgia e tecnologia é essencial para o avanço e a sustentabilidade da indústria moderna. Como um dos pilares da economia global, a siderurgia enfrenta desafios significativos em termos de eficiência, sustentabilidade e segurança. A integração de tecnologias avançadas, como drones, está remodelando o setor com novas possibilidades de aplicação. Este trabalho visa, por meio de uma revisão bibliográfica, ampliar o conhecimento sobre as aplicações de drones na otimização de recursos e no aumento da produtividade. A proposta destaca a importância da tecnologia no controle e monitoramento dos processos industriais, na agilidade na coleta de dados e informações e, principalmente, na segurança e bem-estar das pessoas, ao reduzir a exposição humana a riscos em atividades críticas. A metodologia de pesquisa baseia-se em uma fundamentação teórica que abrange desde o desenvolvimento histórico da tecnologia até suas aplicações atuais, incluindo o uso de drones com inteligência embarcada para o gerenciamento e otimização de recursos, com ênfase na gestão de projetos complexos.

Palavras-chaves: Drones; Gerenciamento dos recursos; Siderurgia; Tecnologia.

Abstract

The integration of steel industry and technology is essential for the advancement and sustainability of the modern industry. As a cornerstone of the global economy, steel industry faces significant challenges in terms of efficiency, sustainability, and safety. The incorporation of advanced technologies, such as drones, is reshaping the sector with new application possibilities. This study aims, through a bibliographic review, to expand knowledge on the applications of drones for resource optimization and productivity enhancement. The study highlights the importance of technology in controlling and monitoring industrial processes, speeding up data and information collection, and, most importantly, ensuring safety and well-being by reducing human exposure to risks in critical activities. The research methodology is based on a theoretical framework that covers the historical development of the technology and its current applications, including the use of drones with embedded intelligence for resource management and optimization, with an emphasis on managing complex projects.

Palavras-chaves: Drones; Resource management; Steel industry; Technology.

1 Introdução

A indústria siderúrgica desempenha um papel fundamental na cadeia logística e na economia global ao produzir e fornecer matérias-primas essenciais para setores como infraestrutura, construção civil, agricultura, mercado automotivo e outros que demandam produtos manufaturados. Entretanto, alinhar o crescimento eficiente do setor com práticas sustentáveis representa um desafio significativo. Investimentos em iniciativas tecnológicas são essenciais para aumentar a eficiência operacional, o gerenciamento dos recursos e promover a competitividade de mercado em um nível estratégico.

Entre 2022 e 2026, o segmento siderúrgico no Brasil deverá receber investimentos da ordem de R\$ 52,5 bilhões, destinados ao alinhamento das empresas com as metas de mudanças climáticas e ao desenvolvimento tecnológico (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2022). Uma tecnologia que vem remodelando a indústria com operações em larga escala é o Veículo Aéreo Não Tripulado, amplamente conhecido como drone. No Brasil, a utilização de drones é regulamentada pela Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC). Em 2023, o Departamento

de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) registrou um aumento de 23% nas solicitações de voos em comparação ao ano anterior, evidenciando a crescente adoção dessa tecnologia em aplicações comerciais e recreativas (DECEA,2024).

Historicamente os drones foram desenvolvidos por órgãos de estado para fins militares (LONGHITANO, 2010). No entanto, as oportunidades de utilização são numerosas e têm despertado interesse que transcende os limites das repartições públicas. No setor privado, os drones emergem como uma alternativa eficaz para otimizar processos em diversas áreas como siderurgia, mineração, construção civil e agricultura (BRADESCO, 2023; DR1, 2023; REUTERS, 2024).

Neste contexto, com diversas oportunidades de aplicação, o uso de drones é destaque para atividades que não exigem contato físico ou presença humana, sendo fundamentais para estudos de monitoramentos (TRANCHE, 2022; SENEVIRATNE et al.,2021), gestão de ativos (PARRACHO et al.,2020; PINHEIRO, 2020) e inspeções tanto mecânicas quanto ambientais (VIANA,2024; MONDON, 2021; DR1,2021). No setor siderúrgico, eles são inovadores no transporte seguro e eficiente de amostras do campo ao laboratório (THYSSENKRUPP,2020), gestão de estoques de matérias primas (SILVIA et al., 2017; MARTINS; LOPES, 2016) e redução da exposição humana em atividades críticas. Além disso, os drones têm mostrado valor significativo em operações de resgate durante desastres naturais, como inundações e deslizamentos (SCHULZ, 2024).

O presente trabalho objetiva avaliar as aplicações dos drones na literatura, explorando suas possibilidades em plantas siderúrgicas para contribuir com o gerenciamento sustentável dos recursos. Este estudo é relevante por construir novas correlações sobre o uso de drones em projetos para aumentar a produtividade, reduzir custos e melhorar a segurança no ambiente de trabalho. Ao explorar essas possibilidades, abre-se perspectivas para a inovação tecnológica na indústria siderúrgica, promovendo avanços significativos na eficiência operacional, sustentabilidade e otimização de recursos.

2 Desenvolvimento e transformação da tecnologia

Os registros da literatura variam quanto ao primeiro desenvolvimento da tecnologia de drones. Em 17 de março de 1849, o jornal Scientific American (1849) publicou a primeira menção a veículos aéreos não tripulados, relatando que, em 22 de agosto de 1849, a cidade de Veneza seria alvo de um bombardeio realizado pelas forças austríacas, utilizando cinco balões carregados com cinco bombas cada, interligados por um fio de cobre (ALFARO, 2015). Por outro lado, (NONAMI, 2007) relata que o primeiro drone foi construído em 1916, sendo equipado com um sistema de autopilotagem. Esse desenvolvimento marcou o surgimento da primeira aeronave com piloto automático.

O fato é que, ao longo do século XX, a tecnologia dos veículos aéreos não tripulados foi analisada de maneira cada vez mais aprofundada, e seu uso para fins bélicos ganhou ainda mais relevância.

Em 1917, o Exército dos Estados Unidos realizou testes com um balão não tripulado controlado por rádio. Em 1964, o primeiro drone de reconhecimento, o MQ-01 Predator, foi desenvolvido, destacando-se como uma inovação significativa na tecnologia militar. Na década de 1970, a França desenvolveu o primeiro drone de combate, o Matra MILAN. Em

1982, durante a Guerra do Líbano, Israel utilizou drones pela primeira vez em operações de combate (DJI, 2024).

Em contraste com sua aplicação militar, o desenvolvimento de drones voltados para o uso civil começou a ganhar impulso no final do século XX. Nesse período, a NASA conduziu estudos sobre o potencial uso civil dessa tecnologia (NONAMI, 2007). No Brasil, no início do século XXI, foi observado um crescimento significativo no número de projetos que empregam drones como uma ferramenta que impulsiona a produtividade (LONGHITANO, 2010).

Diferentes instituições e pesquisadores têm categorizado drones com base em diversos fatores como: peso, envergadura e altitude de operação. A ANAC classifica os drones de uso comercial, corporativo ou experimental (RPA) de acordo com o peso máximo de decolagem do equipamento, conforme a Tabela 1. Enquanto que, a (DJI, 2024) define três categorias para o uso de drones comerciais associadas ao número de rotores, com destaque para as vantagens e desvantagens por classe, conforme a Tabela 2.

Tabela 1 - Classificação de drones – ANAC

Classe	Peso máximo de decolagem	Exigências de aeronavegabilidade
Classe 1	Peso \geq 150 kg	O equipamento deve ser certificado e identificado com registro, marca e nacionalidade no registro Aeronáutico Brasileiro.
Classe 2	Peso > 25 kg Peso \leq 150 kg	O regulamento estabelece os requisitos técnicos que devem ser observados pelos fabricantes e determina que a aprovação de projeto ocorrerá apenas uma vez. Além disso, atender as exigências da Classe 1.
Classe 3	Peso \leq 25 kg	A norma determina que as RPA Classe 3 que operem além da linha de visada visual (BVLOS) ou acima de 400 pés (120m) deverão ser de um projeto autorizado pela ANAC e precisam ser registradas e identificadas com suas marcas de nacionalidade e matrícula. Drones dessa classe que operarem em até 400 pés (120m) acima da linha do solo e em linha de visada visual (operação VLOS) não precisarão ser de projeto autorizado, mas deverão ser cadastradas na ANAC por meio do sistema SISANT, apresentando informações sobre o operador e sobre o equipamento. Os drones com até 250g não precisam ser cadastrados ou registrados, independentemente de sua nacionalidade (uso recreativo ou não).

Fonte: Adaptado de ANAC (2017)

Tabela 2 - Classificação de drones – DJI

Classificação	Descrição	Vantagem	Desvantagem
Drones de rotor único	Utilizados para varreduras áreas a laser LIDAR, que são usadas para criar mapas 3D de áreas.	Apresentam um menor número de componentes móveis São capazes de realizar voos de maior duração e em altitudes	Menor estabilidade em comparação aos drones multirrotores

		mais elevadas, devido à menor demanda energética. Propulsão forte e elevada capacidade de carga	Elevado custo de aquisição.
Drones de multirrotores	São os modelos mais comuns no mercado, sendo utilizados para fotografia aérea, filmagem, vigilância e entretenimento.	Elevada estabilidade e controle na pilotagem Melhor custo benefício Estrutura mais compacta Pouso facilitado em locais críticos	Baixa autonomia de voo
Drones de asa fixa	São utilizados principalmente para mapeamento aéreo e inspeções	Elevada autonomia de voo Capazes de mapear áreas extensas	Exige espaço amplo e aberto para pouso e decolagem Não possuem a capacidade de pairar Elevado custo de aquisição

Fonte: Adaptado de DJI (2024)

3 Fundamentação teórica

A partir de um estudo aprofundado na literatura, é possível encontrar trabalhos científicos que relatam a utilização de drones para diferentes fins. Na indústria siderúrgica brasileira, o grupo (ARCELLORMITTAL, 2017) emprega a tecnologia para inspeções em telhados, monitoramento de ocorrência ambiental, chaminés, rede de gases, segurança patrimonial, estruturas metálicas e máquinas energizadas. A empresa destaca que cerca de 500 mil m² de telhados são periodicamente inspecionados com o auxílio de drones. Os resultados mostram que em um ano, aproximadamente 300 mil m² de telhados foram inspecionados, o que equivale a 190 dias de trabalho em altura realizados por um colaborador.

Essa inovação não apenas eliminou os riscos associados ao trabalho em altura, mas também resultou em uma redução significativa de custos e na melhoria da qualidade das inspeções. Pedro Paulo Zattoni, gerente de Área de Lubrificação e Fiscalização de Serviços de Manutenção. (ARCELLORMITTAL, 2017).

No contexto de operações em espaços confinados com presença de gases, a (ARCELLORMITTAL, 2017) destaca que a utilização de drones para a captura de vídeos e imagens durante a reforma dos altos-fornos contribui para a mitigação substancial dos riscos associados à força de trabalho. Ademais, essa tecnologia viabiliza a elaboração de materiais

de gestão e treinamento com elevada definição do ambiente de trabalho, fator de grande relevância para atividades que apresentam baixa recorrência.

(STROUD et al., 2020) propõem em seus estudos o uso de tecnologias de redes neurais com drones, com o objetivo de aumentar a produtividade e otimizar a força de trabalho na inspeção de telhados. O estudo implementou uma abordagem na qual drones sobrevoam os telhados, capturam múltiplas imagens e as combinam em uma ortofoto. Posteriormente, uma rede neural é empregada para analisar essas imagens, estabelecendo um padrão para a superfície do telhado e identificando possíveis anomalias, como defeitos, áreas intactas, bordas do telhado e ausência de telhas. Os resultados revelam que embora a inspeção pudesse ser realizada presencialmente ou por meio da análise manual de cada imagem, o tempo e o esforço envolvidos seriam consideravelmente maiores. O modelo proposto alcançou uma precisão de 98% na classificação correta, demonstrando resultados altamente satisfatórios.

Em seu desenvolvimento, (STROUD et al., 2020) entrevistou um grupo de colaboradores para avaliar como o uso de drones pode afetar os fatores humanos da equipe envolvida direta e indiretamente. O foco do trabalho foram as atividades de inspeção e monitoramento de telhados e chaminés na usina italiana (SteelCo.IT) e a inspeção e monitoramento de gasodutos na usina alemã (SteelCo.DE). A capacidade dos drones de voar sobre estruturas perigosamente altas, operar em temperaturas relativamente elevadas, ambientes tóxicos e em ambiente escuro foi destacada pela maioria dos trabalhadores entrevistados como o maior benefício do uso dessa ferramenta.

Se é um trabalho perigoso e desconfortável, então uma pessoa fica mais feliz em ser substituída por uma máquina. No telhado no inverno é frio, no verão é quente. É também muito alto. Galvanização, Engenheiro de Manutenção, Líder de Seção, SteelCo.IT. (STROUD et al., 2020).

O estudo também demonstrou que a equipe envolvida reconhece que os drones não substituirão o trabalho humano em diversas frentes de serviço. No entanto, com o avanço da tecnologia, reforça-se a importância do aprendizado contínuo e da qualificação da força de trabalho para que esta possa assumir novos desafios, mais estratégicos e menos operacionais.

O monitoramento da poluição industrial é um desafio crítico e que pode colocar em risco a vida de colaboradores durante atividades de rotina em seus postos de trabalho, especialmente em áreas de difícil acesso. O estudo desenvolvido por (CHENG, 2022) constatou que a utilização de drones equipados com amostradores de armadilha de microagulha (NTS) representa um avanço significativo, permitindo a coleta ágil, eficiente e precisa de compostos orgânicos voláteis (VOCs) em ambientes industriais. Dessa forma, é possível mapear áreas de risco de maneira prévia, antes da entrada ou circulação de trabalhadores no local.

O trabalho desenvolvido por (STROUD et al., 2020) apresenta a utilização de drones com sensor para identificação de monóxido de carbono (CO), instalado em laboratório de modo que a corrente de ar gerada pelas hélices não interfere na captação do gás pelo dispositivo. O exercício mostrou que, com o uso de drones, é possível cobrir grandes áreas da usina, distribuídas em diferentes níveis devido à presença de estruturas, curvas e outros obstáculos, proporcionando reconhecimento visual e rastreamento das tubulações com

maior produtividade e percepção da presença de CO livre no ambiente. Com fator de segurança, o sensor permanece ativo e sinaliza aos operadores caso o valor limite de CO seja excedido.

Já a (JFESTEEL, 2024) anunciou o desenvolvimento e a implantação de um detector de vazamentos de gás montado em drones, denominado Drone-mounted Gas/Air Leak Viewer, em colaboração com a empresa afiliada JFE Advantech. O detector visa melhorar a segurança durante a inspeção de gasodutos elevados de alta pressão, reduzir a carga de trabalho associada a necessidade de colaboradores sobre andaimes e estabilizar as operações de inspeção. O resultado foi validado e o dispositivo está atualmente em operação em todas as siderúrgicas da JFE Steel.

Os drones estão ganhando espaço rapidamente sobre os métodos tradicionais de vigilância terrestre, pois reduzem significativamente o trabalho e o tempo necessários para produzir leituras precisas. (STROUD et al., 2020) avaliou o uso de drones equipados com câmeras termográficas em uma usina siderúrgica para detectar a presença de pessoas não autorizadas em áreas específicas. A pesquisa concluiu que essa atividade pode ser realizada por meio de voos semiautônomos com rotas pré-configuradas. Quando o drone identifica a presença de um padrão humano, ele captura imagens térmicas e as envia à equipe de segurança para a devida tomada de decisão.

Para a gestão de ativos (PINOTTI, 2016) utilizou a técnica de aerofotogrametria digital com o uso de drones, simulando o percurso de voo necessário para a gestão de estoque no cálculo do volume de sucata. Os resultados indicam que esse método é mais produtivo, pois pode ser realizado em algumas horas sem a necessidade de desvio de sucata. Além disso, a técnica demonstrou ser segura e eficiente, exigindo um menor número de operadores em comparação com a topografia terrestre.

Já Souza, (2022) propõe uma abordagem com o uso de drones para captura de imagens da fragmentação de rochas de minério de ferro por explosivos, demonstrando um método eficiente para aferição e otimização dos dados do processo de redução granulométrica. Os drones permitiram a realização de sobrevoos sem interromper a operação de escavadeiras, possibilitaram a detecção remota de pilhas de material a partir de ângulos vantajosos e o mapeamento extensivo para fotogrametria. A tecnologia resultou no aumento da disponibilidade de dados para mapeamento digital e possibilitou a análise de áreas anteriormente inacessíveis.

O uso de drones na indústria elétricas tem atraído grande interesse devido ao seu potencial para aumentar a eficiência, a segurança e o custo-benefício das operações de monitoramento e manutenção, (LANGÅKER et al., 2021) desenvolveram um protótipo com um drone destinado a missões de inspeção, tanto autônomas quanto operadas remotamente, com robusta capacidade de operação em condições climáticas severas. O estudo evidenciou que é possível capturar informações dos ativos com a intervenção humana limitada à seleção e lançamento do drone a partir de uma localização remota. No entanto, é crucial considerar como os sistemas de segurança serão gerenciados, pois um retorno direto ou um pouso imediato pode gerar consequências catastróficas. Problemas críticos incluem áreas limitadas de operação segura dentro da subestação e a necessidade de programar rotas seguras de pouso em caso de falhas.

Flammini *et al.* (2016) abordam em seus trabalhos uma análise sobre o uso de drones como ferramenta de monitoramento de infraestrutura ferroviária, destaque para o foco na gestão do ativo e continuidade operacional da infraestrutura, além da investigação de desastres naturais e identificação de ameaças à segurança das operações com maior agilidade.

4 Gerenciamento dos recursos

O gerenciamento dos recursos do projeto inclui os processos para identificar, adquirir e gerenciar os recursos necessários para a conclusão bem-sucedida do projeto. (PMI, 2017).

Considera-se o termo recursos, tanto os insumos que um projeto necessita para ser concluído como também a equipe de desenvolvimento.

O gerenciamento eficaz dos recursos é crucial para minimizar impactos durante o desenvolvimento e execução de um projeto. Esse processo reduz a dependência excessiva de recursos críticos, promove previsibilidade e transparência nas operações e fornece uma rede de segurança que garante a conclusão das tarefas de maneira mais estruturada e sustentável.

Na siderurgia, os projetos demandam investimentos substanciais e alocam significativos volumes de recursos em cronogramas desafiadores. Conforme destacado pela (DETRONIC, 2012), o projeto de grande reforma do alto-forno 1 da Arcellormittal Tubarão, foi orçado em US\$ 170 milhões, com um prazo de execução de apenas 90 dias. Ter ferramentas que proporcionem a gestão ágil na tomada de decisão é fundamental para entregar grandes projetos conforme o cronograma meta previamente definido.

De acordo com (TKÁC *et al.*, 2021), o uso de drones como recurso no planejamento de projetos complexos é eficaz devido à sua capacidade de capturar grandes quantidades de dados e construir um modelo digital da região para análise do cenário, a baixo custo e em um tempo relativamente curto. O estudo mostrou que o uso de mapas topográficos pode abrir margem para erros ou não representar a realidade da área no momento de uso e ocupação em projetos civis. Por outro lado, as imagens capturadas por drones oferecem alta definição e precisão geográfica sem variabilidades.

No dimensionamento de recursos logísticos e da força de trabalho, os drones assumem um papel essencial ao longo do ciclo de vida dos projetos como uma ferramenta estratégica, emitindo menos CO₂ por quilômetro e promovendo ganhos significativos em produtividade e segurança. Em 2020, a (THYSSENKRUPP, 2020) apresentou uma inovação para a indústria siderúrgica ao implementar o transporte aéreo regular de amostras provenientes de diferentes áreas da planta até seu o laboratório interno.

O drone de transporte voando de forma confiável e automática sobre nosso canteiro de obras é um exemplo concreto e visível de digitalização na vida industrial cotidiana. Este projeto torna o transporte não apenas moderno e digital, mas também sustentável, mais eficiente e mais seguro, diz Bernhard Osburg, CEO da thyssenkrupp Steel Europe AG. (THYSSENKRUPP, 2020).

Se o robô voador automatizado agora for bem-sucedido no transporte de amostras de laboratório, ele também poderá ser usado em outras áreas da logística interna no futuro. O drone pode ser chamado individualmente por

meio de um aplicativo. As entregas urgentes em nossa fábrica em Duisburg agora podem ser totalmente automatizadas e digitalizadas.", diz Thomas Lostak, gerente de projeto. (THYSSENKRUPP, 2020).

No controle dos recursos, a Nippon steel corporation implementou a solução de levantamento fotográfico com drone "Aerobo Survey 2.0", com o objetivo de aprimorar a eficiência no processo de inventário dos pátios de matérias-primas. O estudo demonstrou que a siderúrgica opera um vasto pátio, com extensão quilométrica e armazena diversos materiais ao ar livre, o que apresenta desafios significativos para a equipe de trabalho. A utilização de drones, nesse contexto, tem se mostrado eficaz em aumentar a confiabilidade contábil e a produtividade do processo de inventário, evidenciando uma melhoria substancial na gestão dos recursos. (THE GPS TIME, 2022).

5 Considerações finais

A necessidade de implementar mudanças e aprimoramentos nos processos da indústria de base fomenta o desenvolvimento e adoção de novas tecnologias, visando soluções mais eficientes para atender às exigências de um mercado altamente competitivo. O presente trabalho tem como objetivo, por meio de uma revisão bibliográfica, ampliar o conhecimento sobre as diversas formas de aplicação de drones na otimização dos processos siderúrgicos e no aumento da produtividade, valorizando a redução da exposição humana a riscos em atividades críticas, sem comprometer a qualidade e o prazo final de entrega.

O estudo evidenciou possibilidades de utilização da tecnologia de drones como vetor na otimização do gerenciamento dos recursos e aumento da produtividade com foco na gestão de ativos, segurança patrimonial, inspeções em máquinas, equipamentos e processos, operações logísticas de transporte aéreo e ferroviário além da contribuição visual em áreas anteriormente inacessíveis. Os resultados apontam que a adoção da tecnologia corrobora para processos mais eficientes e sustentáveis.

Como sugestões para desenvolvimentos futuros, destaca-se a importância de integrar as aplicações de drones em setores como agricultura, óleo e gás, energia e construção civil às práticas da indústria siderúrgica. Ademais, o uso das ferramentas da Indústria 4.0 pode promover transformações profundas por meio de operações inteligentes. Ao explorar essas possibilidades, abrem-se novas perspectivas de inovação, capazes de impulsionar o avanço tecnológico e elevar a eficiência operacional, consolidando uma indústria mais moderna, sustentável e competitiva.

Referências

ALFARO, Rui Amaro Ferreira. **Os veículos aéreos não tripulados na PSP: visão estruturante e aplicabilidade operacional.** 2015. Tese de Doutorado. Disponível em: <http://comum.rcaap.pt>. Acesso: 31 ago. 2024.

ANAC. **Regras sobre drones – ANAC.** Disponível em: [Drones Agência Nacional de Aviação Civil \(www.gov.br\)](http://www.gov.br). Acesso em: 05 jun. 2024.

ARCELLORMITTAL. **Arcellormittal usa drones para evitar riscos de trabalho em altura.** IBRAM Mineração do Brasil. Disponível em: ArcelorMittal usa drones para evitar riscos de trabalho em altura - IBRAM. Acesso em: 01 set. 2024.

BRADESCO. **Drones na agricultura: 6 razões para investir no equipamento.** Globo Rural - Inovação e tecnologia. Disponível em: Drones na agricultura: 6 razões para investir no equipamento (globo.com). Acesso em: 25 jul. 2024.

CHENG, W.-H.; Yuan, C.-S. **Identification of Emission Source Using a Micro Sampler Carried by a Drone.** Drones 2022, 6, 116. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/drones6050116>. Acesso em: 10 jul. 2024.

DECEA. **Drones: solicitações de voos aumentam 25% em 2023.** Disponível em: DECEA » Drones: solicitações de voos aumentam 25% em 2023. Acesso em: 31 ago. 2024.

DETRONIC. **Reforma Alto-Forno 1: Marco inédito na siderurgia mundial | Detronic.** Disponível em: Reforma Alto-Forno 1: Marco inédito na siderurgia mundial | Detronic. Acesso em: 05 set. 2024.

DJI. **A história dos drones: da segunda guerra mundial à era digital.** Disponível em: A História dos Drones: da Segunda Guerra Mundial à Era Digital (lojadji.com.br). Acesso em: 31 ago. 2024.

DJI. **Um guia completo dos principais tipos de drones profissionais.** Disponível em: Um guia completo dos principais tipos de drones profissionais (lojadji.com.br). Acesso: 10 ago. 2024.

FLAMMINI, F.; PRAGLIOLA, C.; Smarra, G. **Railway infrastructure monitoring by drones. International conference on electrical systems for aircraft, railway, ship propulsion and road vehicles & international transportation electrification conference (esars-itec).** Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ESARS-ITEC.2016.7841398>. Acesso em: 31 ago. 2024.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Indústria brasileira do aço projeta investimento superior a R\$ 50 bilhões até 2026.** Disponível em: Indústria brasileira do aço projeta investimento superior a R\$ 50 bilhões até 2026 - Instituto Aço Brasil (acobrasil.org.br). Acesso em: 27 jul. 2024.

JFE STEEL. **JFE Steel Develops Drone-mounted Gas Leak Detector Avoids need for scaffolding when inspecting elevated high-pressure gas pipelines.** Disponível em: JFE Steel Develops Drone-mounted Gas Leak Detector Avoids need for scaffolding when inspecting elevated high-pressure gas pipelines |JFE Steel Corporation (jfe-steel.co.jp). Acesso em: 05 set. 2024.

LANGÅKER, H.; KJERKREIT, H.; SYVERSEN, C.; Moore, R.; HOLHJEM, Ø.; Jensen, I.; MORRISON, A.; TRANSETH, A.; KVIEN, O.; Berg, G.; Olsen, T.; HATLESTAD, A.; NEGÅRD, T.; BROCH, R.; & Johnsen, J.; 2021. **An autonomous drone-based system for inspection of electrical substations.** Disponível em: <https://doi.org/10.1177/172988142111002973>. Acesso em: 31 ago. 2024.

LONGHITANO, G. A. **VANTs para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas.** (2010). Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo, Brasil.

MARTINS, Winderson Passos; LOPES Marcelino Vieira. **Controle de estoque de insumos metálicos em usina siderúrgica semi-integrada**. 2016.

MONDON, Olivier. **Drones Help World's Leading Steel Giant ArcelorMittal To Accomplish Its New Industrial Revolution**. DJI ENTERPRISE. Disponível em: Drones ajudam a gigante siderúrgica líder mundial ArcelorMittal a realizar sua nova revolução industrial (dji.com). Acesso em: 27 jul. 2024.

NONAMI, K. **Prospect and Recent Research & Development for Civil Use Autonomous Unmanned Aircraft as UAV and MAV**. 2007. Journal of System Design and Dynamics, Vol. 1, Nº 2, 2007

PARRACHO, Diogo F. R. et al. **A fotogrametria aérea como base da criação de modelos BIM e Digital Twins: Revisão da literatura**. 5º CONGRESSO PORTUGUÊS DE BUILDING INFORMATION MODELLING. P. 476, Porto, 2020.

PERON, Alcides Eduardo dos Reis; BORELLI, Patrícia Capelini. **O uso de “drones” pelos estados unidos nas operações “targeted killing” no paquistão e o desrespeito ao direito humanitário internacional: rumo aos estados de violência?**. Monções, Revista de Relações Internacionais da UFGD. V.3, p. 280, n.6, jul./dez., 2014

PINHEIRO, Leonardo Tozzi. **Drones revolucionam o mercado de monitoramento de ativos no setor de Energia**. Disponível em: DRONES REVOLUCIONAM O MONITORAMENTO DE ATIVOS NO SETOR DE ENERGIA | Bureau Veritas Brazil. Acesso em: 29 jul. 2024.

PINOTTI, Fernanda; RIBEIRO, José Luiz Duarte. **Um estudo acerca da utilização de drones na indústria siderúrgica**. Trabalho de conclusão de graduação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul, p.16, 2016.

PMI. **Um guia de conhecimento em gerenciamento de projetos**. Guia PMBOK 6ª. Ed. - EUA: Project Management Institute, 2017.

REUTERS. **Ukraine drone attacks on Russia's Belgorod region kill one, injure four, governor says**. Disponível em: Ukraine drone attacks on Russia's Belgorod region kill one, injure four, governor says | Reuters. Acesso em: 25 jul. 2024.

SCHULZE, Cristina. **Drones são utilizados pelo CBMSC para reforçar a segurança durante as operações de busca no Rio grande do sul**. Disponível em: DRONES SÃO UTILIZADOS PELO CBMSC PARA REFORÇAR A SEGURANÇA DURANTE AS OPERAÇÕES DE BUSCA NO RIO GRANDE DO SUL - Blog de Notícias. Acesso em: 10 jul. 2024.

SENEVIRATNE, Dammika, et al. **Smart maintenance and inspection of linear assets: An Industry 4.0 approach**. ACTA IMEKO, March 2018, Volume 7, Number 1, 50-56.

SILVA, Laís Stéphanie Bazílio da et al. **Processo de internacionalização do Grupo Gerdau: estratégia e contexto**. 2017.

SOUZA, Ruan Fernandez de. **Automatização de análise granulométrica por UAV**. Orientador: Dr. Carlos Enrique Arroyo Ortiz. 2022.42. TCC (Graduação) - Engenharia de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022.

STROUD, D., TIMPERLEY, V. & WEINEL, M. (2020). **Digitalized Drones in the Steel Industry: The Social Shaping of Technology**. *Relations industrielles / Industrial Relations*, 75(4), 730–750. <https://doi.org/10.7202/1074562ar>

THEGPSTIME. **Solução de Fotogrametria com Drone para melhorar a eficiência do trabalho de Inventário de pátios de matéria-prima.** Disponível em: Solução de fotogrametria com drone para melhorar a eficiência do trabalho de inventário (thegpstime.com). Acesso em: 05 set. 2024.

THYSSENKRUPP. **Regulatory Sandboxes Innovation Prize – “Steel bee” delivery drone wins out over numerous competitors.** Disponível em: Regulatory Sandboxes Innovation Prize – “Steel bee” delivery drone wins out over numerous competitors (thyssenkrupp-steel.com). Acesso: 29 jun. 2024.

TKÁC, M.; & MÉSÁROŠ, P.; 2019. **Utilizing drone technology in the civil engineering. Selected Scientific Papers - Journal of Civil Engineering**, vol14, p. 31. <https://doi.org/10.1515/sspjce-2019-0003>.

TRANCHE, Mario. **Monitoramento via drone ganha visibilidade no setor de logística.** Disponível em: Monitoramento via drone ganha visibilidade no setor de logística (mundologistica.com.br). Acesso em: 29 jul. 2024.

VIANA, Jaqueline. **Drones e óculos virtuais inovam produção de aço no Espírito Santo. A Gazeta.** Disponível em: A Gazeta | Drones e óculos virtuais inovam produção de aço no Espírito Santo. Acesso em: 27 jul. 2024.