



De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades



ABORDAGEM ESG SOB A PERSPECTIVA DE APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS EMERGENTES

AMANDA SILVA RODRIGUES - a215524@dac.unicamp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP

FRANCISCO IGNÁCIO GIOCONDO CESAR - giocondo.cesar@gmail.com
INSTITUTO FEDERAL DE SÃO PAULO - IFSP

IEDA KANASHIRO MAKIYA - iedakm@unicamp.br
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS - UNICAMP

ÁREA: 9. ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE

SUBÁREA: 9.7 - DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

RESUMO: ESSE ARTIGO VEM A ANALISAR AS PRINCIPAIS TENDÊNCIAS RELACIONADAS AO TEMA ESG NA ÁREA DE ENGENHARIA, ATENTANDO PARA AS DIFERENTES APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS E SEUS IMPACTOS NA NOVA FORMA DE GESTÃO CORPORATIVA, E CONSIDERANDO DIFERENTES EXTERNALIDADES COMO A COVID-19 E MUDANÇAS NA GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS. O ARTIGO FOI DESENVOLVIDO POR MEIO DE UM ESTUDO EXPLORATÓRIO, BASEADO NA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA, UTILIZANDO A BASE DE DADOS WEB OF SCIENCE (WOS), PARA A COLETA DE DADOS, ONDE FORAM REUNIDAS PUBLICAÇÕES DE ACESSO ABERTO (OPEN ACCESS) E PUBLICAÇÕES CLASSIFICADAS COMO PERTENCENTES A ÁREA DE ENGENHARIA. DESSA FORMA, FOI POSSÍVEL OBSERVAR QUE AS TECNOLOGIAS EMERGENTES, EM SUA MAIORIA, ESTÃO MOLDANDO PRÁTICAS MAIS EFICIENTES DE SUSTENTABILIDADE, COM RESULTADOS SOBRE A PRODUTIVIDADE, GESTÃO AMBIENTAL E A ADAPTAÇÃO ÀS CONDIÇÕES DO MERCADO, APRESENTANDO IMPACTO DIRETO NA EFICIÊNCIA COM RELAÇÃO À ABORDAGEM ESG.

PALAVRAS-CHAVES: ESG; APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS; TENDÊNCIAS; INDÚSTRIA 4.0; INDÚSTRIA 5.0.

ESG APPROACH FROM THE PERSPECTIVE OF EMERGING TECHNOLOGICAL APPLICATIONS

KEYWORDS: *ESG; TECHNOLOGICAL APPLICATIONS; TRENDS; INDUSTRY 4.0; INDUSTRY 5.0.*

1. INTRODUÇÃO

A preocupação e o estudo de questões relacionadas a *Environmental, Social e Governance* (ESG), foram impulsionados inicialmente pelos problemas ambientais causados pela humanidade. Com base nisso, a Organização das Nações Unidas (ONU) realiza uma cronologia da discussão sobre os problemas ambientais como um fenômeno global a partir dos efeitos da Segunda Guerra Mundial. Dentre os temas desenvolvidos a datar desse período, um dos mais marcantes é o trazido pelo *Relatório Brundtland “Our Common Future”* em 1987, que conceituou oficialmente o desenvolvimento sustentável. Segundo ele, “o desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que encontra as necessidades atuais sem comprometer a habilidade das futuras gerações de atender suas próprias necessidades” (ONU, 2020). Nos anos subsequentes, outras iniciativas como o Pacto Global (GALBREATH, 2013) e a Agenda 2030, que estabeleceu os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, também impactaram significativamente o debate e desenvolvimento de políticas ESG (LEE; LIM, 2021, apud LEE; KIM, 2022, p. 1).

ESG representa elementos importantes na estratégia corporativa, que podem resultar em valor empresarial (LI et al., 2018), vantagem competitiva e melhor desempenho financeiro (DONG; LIANG; WANYIN, 2023). Além do mais, o ESG se tornou um indicador essencial para medir o progresso do investimento sustentável (PÁSTOR; STAMBAUGH; TAYLOR, 2021) e da Responsabilidade Social Empresarial (RSE) (XIE et al., 2019).

Portanto, visto a importância do desenvolvimento de pesquisas em ESG no contexto atual das rápidas mudanças organizacionais, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão sobre as principais tendências relacionadas ao tema, proporcionando uma visão abrangente da literatura e apresentando uma análise crítica das práticas desenvolvidas.

Nesse sentido, o desenvolvimento deste artigo se deu da seguinte forma. No primeiro momento utilizou-se da pesquisa exploratória para maior conhecimento do tema. O termo “*ESG Trends*” foi então pesquisado na base de dados Web of Science (WoS) em abril de 2024. Na sequência, foi definida a conceituação da temática ESG, por meio de pesquisa bibliográfica. E por último, os dados a serem aproveitados foram categorizados, quantificados e submetidos a análise descritiva. Assim, este artigo não se limita a uma observação sucinta da literatura, mas também representa uma tentativa de organizar os conhecimentos existentes sobre o tema.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Environmental, Social e Governance (ESG)*

ESG se refere às dimensões Ambiental (*Environmental*), Social (*Social*), e de Governança (*Governance*), correspondendo a um indicador de mensuração do impacto das organizações sobre essas dimensões (WALTER, 2019). Esse indicador se relaciona com as práticas adotadas por uma instituição no que tange à sustentabilidade, definindo estratégias, modelos e condutas de um negócio (RAMAN; BANG; NOURBAKHS, 2020).

Os autores Yoon, Lee e Cho (2021), revelam ainda que cada uma das dimensões apresentam um conjunto de políticas que impulsionam a Responsabilidade Social Empresarial (RSE), sendo algumas delas a utilização de fontes de energias renováveis (dimensão E), a promoção do emprego digno e equidade de gênero (dimensão S), e a responsabilização e transparência corporativa (dimensão G).

Environmental, Social e Governance, podem ser definidos também como uma métrica não financeira, que auxilia a tomada de decisão das empresas, tanto na gestão de riscos (LI et al., 2021), quanto na análise da responsabilidade e do investimento corporativo (ZHANG; DE SPIEGELEER; SCHOUTENS, 2021).

Embora o estudo de Rojo-Suárez e Alonso-Conde (2023), sobre os impactos da adoção de práticas ESG no curto e longo prazo, revele que essas políticas não apresentam resultados tão significativos no curto prazo, em horizontes mais longos o desenvolvimento de estratégias que se baseiam em ESG e o desempenho bem sucedido dessas práticas podem gerar valor e vantagem competitiva para as organizações (CHEN; SU; CHEN, 2022b). De acordo com Van Duuren, Plantinga e Scholtens (2016), a eficiência de políticas ESG, necessita de planejamento estratégico pois está diretamente associada a decisões com resultados no longo prazo.

Alguns autores consideram que o desempenho positivo dos aspectos ESG contribui para a resiliência de organizações em tempos de crise e instabilidade financeira, como no caso da Pandemia (BROADSTOCK et al., 2021), para a eficiência da alocação de capital e de acesso a investimentos (CHENG; IOANNOU; SERAFEIM, 2014). A título de exemplo, podemos citar os resultados do estudo de Chen, Su e Chen (2022a), estes confirmam que quanto mais elevada a pontuação de desempenho ESG de uma empresa, menos inconstantes serão os retornos das suas ações.

Dessa forma, as mudanças no comportamento e no relacionamento das empresas com as partes interessadas, tais como investidores e consumidores, são resultado da procura desses

agentes por instituições que sejam ambientalmente e socialmente responsáveis, e que possuam políticas internas mais éticas e transparentes (AICH et al., 2021).

3. METODOLOGIA

Este é um estudo exploratório, baseado na revisão sistemática da literatura, com o objetivo de reunir, classificar e analisar as principais tendências relacionadas ao tema *Environmental, Social and Governance* (ESG), dessa forma pode ser identificado como descritivo com abordagem qualitativa (Silva, 2004).

Com vistas a atingir o objetivo, a base de dados Web of Science (WoS), foi utilizada para a coleta de dados, onde foram reunidas publicações no período de 1997-2023, oriundo da busca sem delimitação de tempo, utilizando-se as palavras-chave “*ESG Trends*” em todos os campos. Esta investigação inicial resultou em um total de 388 artigos. Como foco para a revisão os resultados foram filtrados para artigos de acesso aberto (*open access*), resultando em 196 publicações, as quais serão examinadas neste artigo. Em seguida, para uma melhor compreensão do tema, os resultados foram separados e quantificados, conforme as variáveis da Tabela 1.

TABELA 1 - Modelo de análise

Variáveis
Publication Years
Countries/Regions
Document Types
Web of Science Categories
Research Areas
Citation Topics Meso

Fonte: Autor (2024).

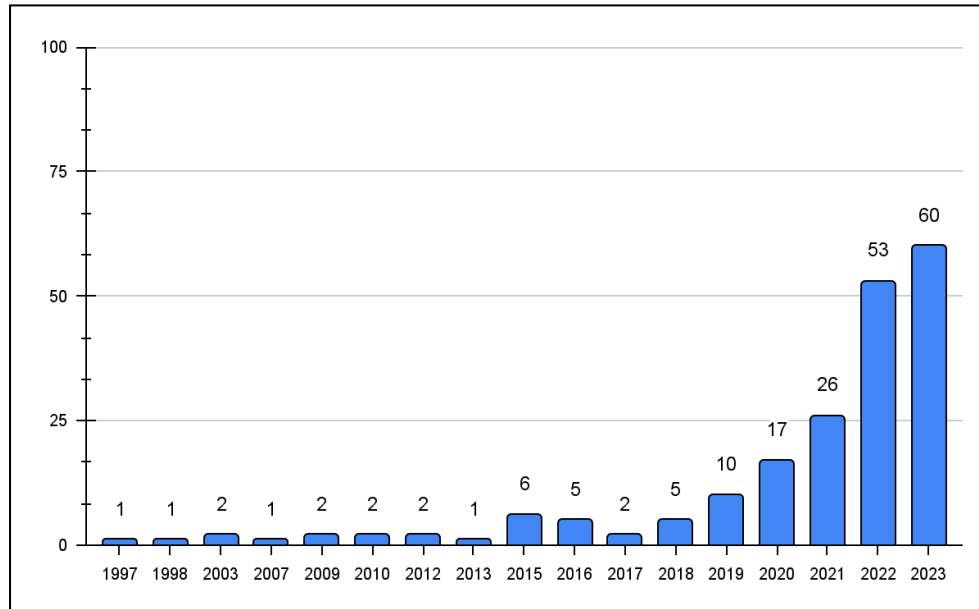
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão apresentados os resultados e as discussões do artigo em relação às variáveis consideradas para análise e às tendências de pesquisa ESG.

4.1 Variáveis de análise das publicações

Foram encontradas 196 publicações de acesso aberto (*open access*) referentes ao tema tendências ESG na base de dados Web of Science para o período de 1997 a 2023. A Figura 1 traz a evolução do número de estudos sobre a temática.

FIGURA 1 - Quantidade de publicações anual (1997-2023).

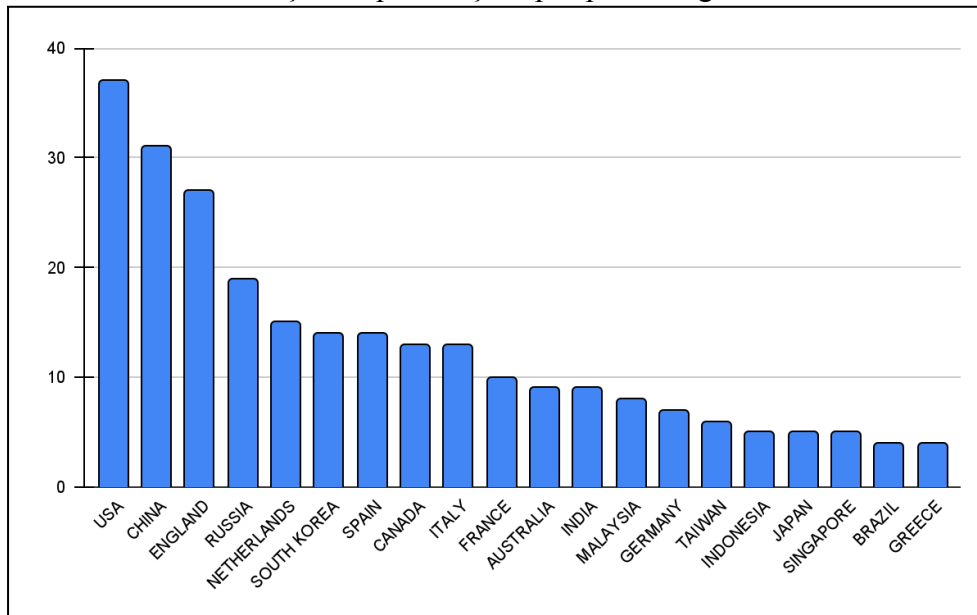


Fonte: Web of Science (2024).

Ainda que as publicações de produções científicas sobre ESG tenham sido iniciadas em 1997, somente em 2015 é que se tem registro de um contingente um pouco mais significativo. No período de 1997 a 2013 apenas 12 artigos foram publicados, representando 6,12% do total de publicações. Por outro lado, em 2023 as publicações quintuplicaram em relação a esse mesmo período. O que representa a crescente relevância dessa temática.

A distribuição geográfica da produção científica (Figura 2), evidencia a preocupação de diversos países com o tema. Os Estados Unidos da América emergem como líderes em número de publicações com 37 artigos, seguido pela China, com 31 artigos, Inglaterra, com 27 artigos, Rússia, com 19 artigos, Holanda com 15 artigos, Coreia do Sul e Espanha com 14 artigos, e Canadá e Itália com 13 artigos.

FIGURA 2 - Distribuição de publicações por países/regiões.



Fonte: Web of Science (2024).

De forma geral, esses dados revelam um forte crescimento no campo da literatura e na preocupação global com questões ESG ao longo das últimas décadas. Esse fenômeno pode ser explicado em grande parte pelo aumento das discussões sobre esse assunto pelas organizações, resultado da mudança de comportamento e da conscientização de investidores e consumidores (AICH et al., 2021).

Outro fator importante é o impacto de períodos de crise e de instabilidade financeira dos mercados, como no caso da Pandemia de COVID-19, confirmando que o ESG tem desempenhado uma função interessante na diminuição dos efeitos negativos (CHEN; SU; CHEN, 2022) e significando para as organizações um tipo de investimento mais seguro frente a acontecimentos fora da normalidade (MOUSA; SALEEM; SÁGI, 2021).

Em relação aos tipos de documentos (Tabela 2) 80% foram classificados como artigos e o restante classificados como *Review Article*, *Proceeding Paper* e *Early Access*.

TABELA 2 - Tipos de documentos.

Document Types	Número de Publicações
Article	157
Review Article	34
Proceeding Paper	6
Early Access	5

Fonte: Web of Science (2024).

De acordo com a distribuição de artigos por categorias da Web of Science (Figura 3) observa-se que entre elas as com maiores registros são: *Environmental Sciences* (32% dos artigos), *Green Sustainable Science Technology* (21% dos artigos), *Environmental Studies* (20% dos artigos), *Economics* (8% dos artigos), *Business e Business Finance* (ambos sendo 6% dos artigos), e *Management* (5% dos artigos).

FIGURA 3 - Principais Categorias Web of Science.



Fonte: Web of Science (2024).

De forma complementar, podemos considerar também a distribuição das publicações por áreas de pesquisa (Tabela 3). Dentre elas destacam-se *Environmental Sciences Ecology* (38%), *Science Technology Other Topics* (25%), *Business Economics* (21%), *Engineering* (7%) e *Meteorology Atmospheric Sciences* (5%).

TABELA 3 - Principais áreas de pesquisa.

Research Areas	Número de Publicações
1º Environmental Sciences Ecology	74
2º Science Technology Other Topics	49
3º Business Economics	42
4º Engineering	14
5º Meteorology Atmospheric Sciences	9

Fonte: Web of Science (2024).

Em relação aos tópicos de citação (Tabela 4) presentes nas publicações, estes concentram-se principalmente em *Management* (42%), *Sustainability Science* (6%) e *Oceanography, Meteorology & Atmospheric Sciences* (5,6%). Revelando que quase metade dos estudos se relacionam com aspectos do sistema de gestão organizacional.

TABELA 4 - Principais tópicos de citação.

Citation Topics Meso	Número de Publicações
1º Management	83
2º Sustainability Science	12
3º Oceanography, Meteorology & Atmospheric Sciences	11
4º Economics	8
5º Forestry	7

Fonte: Web of Science (2024).

Uma consideração importante que se pode fazer sobre esses dados é que a pesquisa ESG está concentrada maiormente na dimensão E, refletindo uma discussão crescente de questões ambientais e de sustentabilidade. Ademais, a presença de categorias como economia e negócios, sobretudo aquelas relacionadas aos tópicos de gestão, indicam também um foco em aspectos organizacionais e de governança dentro do contexto sustentável (dimensão G).

4.2 Análise das tendências de pesquisa ESG na área de Engenharia:

Nesta seção serão apresentadas as principais tendências de pesquisa considerando a área de pesquisa *Engineering* (presente na Tabela 3 da seção anterior). Em relação a essa variável é importante destacar que significa uma dimensão adicional à análise e revela algumas lacunas na cobertura desse tema em produções científicas.

Ao todo a base de dados Web of Science classifica 14 artigos (7%) como pertencentes a essa área de estudo. De modo geral as pesquisas podem ser relacionadas aos seguintes tópicos: Influência da COVID-19 nas estratégias ESG; Eficiência do Desempenho Sustentável; e Tecnologias aplicadas a ESG.

4.2.1 INFLUÊNCIA DA COVID-19 NAS ESTRATÉGIAS ESG:

Neste tópico são investigadas como a pandemia de COVID-19 influenciou as escolhas de investimento em ESG, avaliando possíveis mudanças de estratégias, e a relação financeira entre o foco ESG e os períodos de crise.

Zavyalova, Zavialov e Kurbatov (2023), estudam os impactos da COVID-19 sobre as empresas Russas e os investimentos em ESG, explorando a correlação entre estratégias ESG variadas e o desempenho financeiro na pandemia. Os autores ressaltam que as principais

ações adotadas pelas empresas no período estavam relacionadas a investimentos na área da saúde e a atenção de alguns setores, como o de mineração e de transporte, voltada mais para questões sociais. A pesquisa também evidencia como o ESG pode ser aplicado de forma eficiente em tempos de crise, mostrando a viabilidade do envolvimento social, econômico e ambiental entre empresas e stakeholders.

4.2.2 EFICIÊNCIA DO DESEMPENHO SUSTENTÁVEL:

As pesquisas relacionadas a esse tópico tratam da informatividade dos relatórios de sustentabilidade, análises do desempenho de indicadores financeiros atrelados a ESG e desenvolvimento de modelos de negócio sustentáveis.

Saini et al. (2022), mostram o quanto as divulgações não financeiras impactam significativamente o desempenho ambiental e a tomada de decisão, especialmente na gestão da cadeia de abastecimento. Os autores também identificam temas emergentes de desenvolvimento quando se trata de ESG, como a ligação entre divulgação ESG, rentabilidade e envolvimento dos stakeholders. Já Jónasson, Ramdas e Sungu (2022), tem como foco principal de pesquisa a revisão da literatura sobre operações de impacto social, revelando maior proeminência do debate sobre questões ESG e ODS.

Wu (2022), avalia de forma empírica quais resultados são gerados a partir da inclusão de ações A ao índice Morgan Stanley Capital International (MSCI) no mercado de capitais da China. A conclusão a qual o autor chega é de que foi gerado um efeito positivo tanto no nível de divulgação ESG quanto no mercado de capitais do país, para que empresas e investidores utilizem informações mais seguras, desenvolvam práticas de governança mais transparentes e incentivem investimentos.

Papoutsis e Sodhi (2020), examinaram 331 relatórios de sustentabilidade e sua precisão quanto ao desempenho sustentável real, através da metrificação de indicadores de sustentabilidade, inclusão ou não dessas organizações na carteira *Dow Jones Sustainability Indices* (DJSI) e sua classificação pela Bloomberg. Os autores utilizaram 39 indicadores de sustentabilidade ambiental e 12 indicadores de sustentabilidade social, que foram construídos a partir de diversas literaturas, do Global Reporting Initiative (GRI), índice KLD do Morgan Stanley Capital International (MSCI) e do Pacto Global da ONU, quanto ao DJSI e Bloomberg, foram consideradas as pontuações das organizações nos dois indicadores. Essa modalidade de avaliação padroniza e melhora a análise do conteúdo dos relatórios, incentiva a

divulgação dessas informações, e identificou uma relação positiva entre divulgação e classificação ESG.

O estudo de Stoicescu, Bițoiu e Vrabie (2023), mostra que para a efetividade de estratégias ESG é necessário a aplicação de infraestruturas digitais junto a operações industriais e incentivos ao desenvolvimento de estratégias sustentáveis, resultando em maior interação com a comunidade e responsabilização das empresas.

Zu Ermgassen et al. (2022), revelam a importância do investimento em soluções que contribuem para a restauração do ecossistema, como a infraestrutura verde e alternativas baseadas na natureza, a ausência de metas organizacionais de biodiversidade que mobilizam esforços em todas as áreas de negócio, o que dificulta o alcance dos compromissos globais da temática, e a necessidade de adoção de metas com abordagem SMART (Específico, Mensurável, Alcançável, Relevante e Temporal), voltadas a biodiversidade. Para os autores a metrificação da biodiversidade empresarial, políticas ambientais, a divulgação do desempenho e a promoção de práticas sustentáveis são ferramentas importantes para a geração de resultados positivos sobre as dimensões Ambiental, Social e de Governança.

Verstina et al. (2022), apresentam um novo sistema de indicadores que avalia e classifica instalações industriais com base em sua eficiência energética, sendo estes divididos em três grupos: eficiência energética de um edifício, eficiência energética de processos tecnológicos, e garantia de eficiência energética e respeito ao meio ambiente. Segundo os autores, o sistema é um instrumento eficaz de avaliação da economia de energia, podendo ser incorporado aos padrões nacionais e internacionais de avaliação, e permitindo o monitoramento e identificação mais abrangente do nível e do papel da organização quanto à resolução de problemas relacionados ao setor energético e desenvolvimento sustentável.

Hatayama (2022), explora a relação entre a indústria metalúrgica e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, revelando oportunidades e melhorias para a abordagem desses indicadores. O autor identificou que a indústria prioriza os objetivos Trabalho Decente e Crescimento Econômico (ODS 8), Saúde e Bem-Estar (ODS 3), e Consumo e Produção Responsáveis (ODS 12). Entretanto, essa realidade se modifica um pouco quando são consideradas a posição da empresa na cadeia de abastecimento, como no caso da indústria siderúrgica, que prioriza Consumo e Produção Responsáveis (ODS 12), e de cobre com Erradicação da Pobreza (ODS 1) e Fome Zero e Agricultura Sustentável (ODS 2).

Beskovylny et al. (2022), fazem contribuições significativas para a abordagem sustentável no segmento de construção civil, ao apresentarem uma solução alternativa para a

produção de concreto geopolimérico, que promove a adoção de práticas mais verdes na indústria, e otimiza o processo de formulação e composição do concreto.

Fatimah et al. (2023), propõem um modelo com aplicações digitais para a economia circular utilizando parâmetros ESG. Os resultados mostram os benefícios e oportunidades da aplicação - estratégica, tática e operacional - de tecnologias nesse modelo, como otimização do planejamento dos recursos empresariais, cadeia de suprimentos, controle de qualidade e ciclo de vida do produto, influenciando o desempenho da sustentabilidade das indústrias, novas abordagens e melhorias do desempenho e-business, fomento para o surgimento de modelos de negócios inovadores e incentivos para a colaboração entre as partes interessadas.

4.2.3 TECNOLOGIAS APLICADAS A ESG:

No estudo de Zhironkin e Ezdina (2023), é abordado a transição da utilização de tecnologias da Indústria 4.0 para a Indústria 5.0. Na Indústria 4.0 os autores destacam a automação, robótica, integração de sistemas, como gêmeos digitais, realidade virtual e inteligência artificial. Já na Indústria 5.0, que surge como uma evolução da 4.0, os principais avanços compreendem a sinergia entre homem e máquinas, e a produção centrada no ser humano, com enfoque em sustentabilidade e responsabilidade social, robôs colaborativos, o uso de blockchain no controle e gestão, e análise de dados em grandes proporções, são também destaques no segmento. Dessa forma, são integradas geotecnologias, tecnologias digitais, bioquímicas e ambientais que estão a modificar setores específicos. Para os autores, as tecnologias emergentes, em sua maioria, estão moldando práticas mais eficientes de sustentabilidade, com resultados sobre a produtividade, gestão ambiental e a adaptação às condições do mercado.

Raman, Bang e Nourbakhsh (2020), concentram-se na utilização de técnicas avançadas de linguagem neural em aprendizado de máquina para detectar as tendências históricas em discussões sobre ESG, analisando transcrições de teleconferências e relatórios de divulgação dos resultados empresariais. De modo geral, o estudo desenvolve mecanismos e ferramentas que influenciam e orientam a tomada de decisão corporativa a partir de informações relevantes para a operação empresarial e auxiliam na metrificação dos fatores ESG utilizados pelas organizações, identificando de forma mais precisa como são atribuídas às práticas sustentáveis.

Meng, Yahya e Chai (2022), desenvolvem um modelo de aprendizagem profundo (*deep learning*) que otimiza a previsão de retornos de ações, dessa forma são analisadas as

alterações nos indicadores por efeito de variados fatores de investimento e lucro. O estudo torna mais eficaz a observação dos retornos de ações ao considerar diferentes características, que potencializam a gestão de riscos financeiros e otimização de carteiras, utilizando conjuntamente elementos ESG e particularidades da matriz aleatória não linear, para melhorar o modelo de aprendizagem profunda.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nessa pesquisa observa-se um crescimento considerável no número de publicações ao longo do tempo, especialmente a partir de 2015, demonstrando um interesse crescente sobre questões ESG. Há uma preocupação global com a temática, sendo os Estados Unidos da América os líderes em número de publicações, seguido pela China e em grande parte por países europeus. As publicações abrangem uma ampla gama de categorias e áreas, mas tem se concentrado especialmente na dimensão *Environmental*, com principal foco ligado à gestão corporativa.

Esses resultados evidenciam a magnitude e a complexidade das pesquisas, destacando a importância da interdisciplinaridade inerente ao estudo dos desafios que compõem o tema e da sua aplicabilidade em diferentes áreas. Para tanto, Chung, Margolin e Vyakina (2023), discutem a importância dessa interdisciplinaridade para a abordagem e desenvolvimento de políticas ambientais, sociais e de governança, as quais segundo os autores não devem ser consideradas de forma isolada, visto que possuem elementos complementares.

Quanto às pesquisas na área de engenharia, estas destacam-se por investigarem aspectos tecnológicos, financeiros e do desenvolvimento de modelos alinhados a indicadores de sustentabilidade, com o objetivo de promover um melhor desempenho das dimensões ESG em várias indústrias. O desenvolvimento de modelos de aprendizagem de máquina voltados para o debate ESG, favorecem a gestão de risco, a previsão da dinâmica dos retornos financeiros e o papel de tecnologias inovadoras como inteligência artificial e robôs colaborativos, para a discussão e investimento em sustentabilidade. Dessa forma, a integração das tecnologias tradicionais com as digitais estão a modificar os setores, ao viabilizarem a formação de modelos de negócios sustentáveis, sistemas de metrificação mais precisos para avaliar o desempenho ESG, uma governança mais transparente e uma aproximação com a comunidade, com possibilidades de resultados que incentivam a transição da Indústria 4.0 para a Indústria 5.0, evidenciando o papel crucial das tecnologias emergentes e de mudanças

estratégicas, para a implementação de práticas que contribuem efetivamente para o desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

- AICH, S. et al. Factors Affecting ESG towards Impact on Investment: A Structural Approach. **Sustainability**, v. 13, n. 19, p. 10868, 30 set. 2021.
- BESKOPYLNY, A. N. et al. The Influence of Composition and Recipe Dosage on the Strength Characteristics of New Geopolymer Concrete with the Use of Stone Flour. **Applied Sciences**, v. 12, n. 2, p. 613, 9 jan. 2022.
- BROADSTOCK, D. C. et al. The role of ESG performance during times of financial crisis: Evidence from COVID-19 in China. **Finance Research Letters**, v. 38, p. 101716, jan. 2021.
- CHEN, C. DA; SU, C. H. (JOAN); CHEN, M. H. Are ESG-committed hotels financially resilient to the COVID-19 pandemic? An autoregressive jump intensity trend model. **Tourism Management**, v. 93, p. 104581, 1 dez. 2022b.
- CHEN, C. DA; SU, C. H. (JOAN); CHEN, M. H. Understanding how ESG-focused airlines reduce the impact of the COVID-19 pandemic on stock returns. **Journal of Air Transport Management**, v. 102, p. 102229, 1 jul. 2022a.
- CHENG, B.; IOANNOU, I.; SERAFEIM, G. Corporate social responsibility and access to finance. **Strategic Management Journal**, v. 35, n. 1, p. 1–23, 29 jan. 2014.
- CHUNG, R. K.; MARGOLIN, A. M.; VYAKINA, I. V. Theory and Practice of ESG Transformation of Management Systems. **Economic Policy**, v. 18, n. 2, p. 80–103, abr. 2023.
- DONG, Y.; LIANG, C.; WANYIN, Z. Board diversity and firm performance: impact of ESG activities in China. **Economic Research-Ekonomska Istraživanja**, v. 36, n. 1, p. 1592–1609, 31 mar. 2023.
- FATIMAH, Y. A. et al. Circular economy e-business model portfolio development for e-business applications: Impacts on ESG and sustainability performance. **Journal of Cleaner Production**, v. 415, p. 137528, ago. 2023.
- GALBREATH, J. ESG in Focus: The Australian Evidence. **Journal of Business Ethics**, v. 118, n. 3, p. 529–541, 29 dez. 2013.
- HATAYAMA, H. The metals industry and the Sustainable Development Goals: The relationship explored based on SDG reporting. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 178, p. 106081, mar. 2022.
- JÓNASSON, J. O.; RAMDAS, K.; SUNGU, A. Social impact operations at the global base of the pyramid. **Production and Operations Management**, v. 31, n. 12, p. 4364–4378, dez. 2022.

LEE, E.; KIM, G. Analysis of Domestic and International Green Infrastructure Research Trends from the ESG Perspective in South Korea. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 12, p. 7099, 9 jun. 2022.

LI, T.-T. et al. ESG: Research Progress and Future Prospects. **Sustainability**, v. 13, n. 21, p. 11663, 21 out. 2021.

MENG, T.; YAHYA, M. H.; CHAI, J. Deep Learning Model for Stock Excess Return Prediction Based on Nonlinear Random Matrix and Esg Factor. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2022, p. 1–10, 14 set. 2022.

MOUSA, M.; SALEEM, A.; SÁGI, J. Are ESG Shares a Safe Haven during COVID-19? Evidence from the Arab Region. **Sustainability**, v. 14, n. 1, p. 208, 26 dez. 2021.

ONU. **A ONU e o meio ambiente**. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/91223-onu-e-o-meio-ambiente>>. Acesso em: 21 abr. 2024.

PAPOUTSI, A.; SODHI, M. S. Does disclosure in sustainability reports indicate actual sustainability performance? **Journal of Cleaner Production**, v. 260, p. 121049, jul. 2020.

PÁSTOR, L.; STAMBAUGH, R. F.; TAYLOR, L. A. Sustainable investing in equilibrium. **Journal of Financial Economics**, v. 142, n. 2, p. 550–571, nov. 2021.

RAMAN, N.; BANG, G.; NOURBAKHS, A. Mapping ESG Trends by Distant Supervision of Neural Language Models. **Machine Learning and Knowledge Extraction**, v. 2, n. 4, p. 453–468, 21 out. 2020.

ROJO-SUÁREZ, J.; ALONSO-CONDE, A. B. Short-run and long-run effects of ESG policies on value creation and the cost of equity of firms. **Economic Analysis and Policy**, v. 77, p. 599–616, mar. 2023.

SAINI, N. et al. Non-financial disclosures and sustainable development: A scientometric analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 381, p. 135173, dez. 2022.

SILVA, C. R. de O. Metodologia e Organização do Projeto de Pesquisa (Guia Prático). Fortaleza: **Centro Federal de Educação Tecnológica do Ceará**, 2004. Disponível em: <https://sindipoldf.org.br/wp/wp-content/uploads/2021/09/Metodologia_e_Organizacao_do_projeto_de.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2024.

STOICESCU, V.; BIȚOIU, T. I.; VRABIE, C. The Smart Community: Strategy Layers for a New Sustainable Continental Framework. **Smart Cities**, v. 6, n. 1, p. 410–444, 2 fev. 2023.

VAN DUUREN, E.; PLANTINGA, A.; SCHOLTENS, B. ESG Integration and the Investment Management Process: Fundamental Investing Reinvented. **Journal of Business Ethics**, v. 138, n. 3, p. 525–533, 19 out. 2016.

VERSTINA, N. et al. A New Approach to Assessing the Energy Efficiency of Industrial Facilities. **Buildings**, v. 12, n. 2, p. 191, 8 fev. 2022.

WALTER, I. Sense and Nonsense in ESG Scoring. **SSRN Electronic Journal**, 2019.

WU, J. Did the Inclusion of China's A-Shares in the MSCI Index Improve the Information Content of Listed Firms? Analysis Based on Stock Price Synchronisation and Environmental Social Governance. **Wireless Communications and Mobile Computing**, v. 2022, p. 1–9, 23 ago. 2022.

XIE, J. et al. Do environmental, social, and governance activities improve corporate financial performance? **Business Strategy and the Environment**, v. 28, n. 2, p. 286–300, 14 fev. 2019.

YOON, B.; LEE, J.-H.; CHO, J.-H. The Effect of ESG Performance on Tax Avoidance—Evidence from Korea. **Sustainability**, v. 13, n. 12, p. 6729, 14 jun. 2021.

ZAVYALOVA, E. B.; ZAVIALOV, A. D.; KURBATOV, D. M. RUSSIAN COMPANIES' ESG INVESTMENTS IN QUALITY OF UNDER THE CONDITIONS OF COVID-19. **International Journal for Quality Research**, v. 17, n. 1, p. 61–76, 28 fev. 2023.

ZHANG, J.; DE SPIEGELEER, J.; SCHOUTENS, W. Implied Tail Risk and ESG Ratings. **Mathematics**, v. 9, n. 14, p. 1611, 8 jul. 2021.

ZHIRONKIN, S.; EZDINA, N. Review of Transition from Mining 4.0 to Mining 5.0 Innovative Technologies. **Applied Sciences**, v. 13, n. 8, p. 4917, 14 abr. 2023.

ZU ERMGASSEN, S. O. S. E. et al. Are corporate biodiversity commitments consistent with delivering 'nature-positive' outcomes? A review of 'nature-positive' definitions, company progress and challenges. **Journal of Cleaner Production**, v. 379, p. 134798, dez. 2022.