

Comportamento da pesquisa sobre green IT: dimensionando a produção nacional e internacional

NÁDIA MARIA PETROLI PIRES

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA - UNIR

CLAUDIANE GAMA MONTEIRO

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA - UNIR

DEYVISON DE LIMA OLIVEIRA

UNIR-UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA

Introdução

O avanço acelerado da tecnologia da informação tem transformado a rotina das pessoas e organizações. Contudo, esse ritmo é acompanhado por inovações constantes e pela obsolescência programada de produtos, o que contribui para o aumento da geração de resíduos eletrônicos e do consumo de energia (*SAN MARTIN; LUNARDI; DOLCI, 2020). A Tecnologia da Informação verde (TI verde) surge como estratégia para promover eficiência energética, redução da pegada de carbono e o uso consciente de recursos tecnológicos, contribuindo para a preservação do meio ambiente (MENDES; RÊGO; BARBOSA, 2023).

Problema de Pesquisa e Objetivo

Este estudo tem como objetivo caracterizar a produção científica sobre TI verde no período de 2015 a 2024. A utilização da Bibliometria mostra-se adequada a esse propósito, à medida que permite mapear a trajetória das pesquisas e descrever as principais características da produção científica sobre o tema. A partir disso, formula-se a seguinte pergunta de pesquisa: quais são os indicadores bibliométricos da produção científica sobre TI verde no período de 2015 a 2024?

Fundamentação Teórica

Pesquisas bibliométricas sobre TI Verde mostram avanços e desafios. García-Berná et al. (2019) apontam evolução dispersa, dominada por países desenvolvidos e com foco em eficiência energética. Marques, Bachega e Tavares (2019) destacam a ascensão de termos como Green IT e sustentabilidade. Calero et al. (2020) evidenciam a consolidação do software verde, com ênfase em energia e colaboração internacional. Mat Nawi et al. (2024) revelam tendências como IA verde e SIG, mas alertam para a limitação do uso de apenas uma base de dados.

Metodologia

Este artigo adota, como procedimento metodológico a Bibliometria. Foram aplicadas análises bibliométricas com foco na identificação do número de artigos, qualidade dos periódicos conforme Qualis, quartil do SJR e índice H, tendências e picos de publicações, principais autores, países e instituições, palavras-chave mais citadas e artigos mais referenciados. Foi realizada uma etapa complementar com a análise das referências citadas nos 154 artigos coletados, obtendo 189 artigos em português e inglês.

Análise e Discussão dos Resultados

Os resultados indicam que: i) 79,5% dos artigos possuem, até quatro autores; ii) 2020 apresentou mais publicações (24), enquanto 2024 registrou menos (11); iii) China é o país mais produtivo (11,0%); iv) University of Castilla-La Mancha (Espanha) lidera em participação institucional (4,3%); v) o periódico mais representativo é o Sustainability (7,9%); vi) 42,9% dos artigos constam em periódicos em Qualis A1; vii) 159 artigos foram publicados em periódicos que possuem Qualis, quartil do SJR e Índice H; viii) produção está dispersa entre os autores, sendo que 6,3% publicam até 8 artigos/anuais.

Considerações Finais

Este trabalho buscou identificar a literatura existente sobre TI verde, especialmente no contexto da transformação digital e da gestão ambiental, aplicáveis a diferentes cenários. Ao consolidar informações e dimensionar a produção científica na área, os resultados obtidos podem orientar pesquisas subsequentes e fomentar o desenvolvimento de estratégias e práticas voltadas à sustentabilidade tecnológica. Sugere-se: i) investigar os motivos queda no volume de publicações sobre TI verde, recentemente ii) analisar a evolução dos termos que remetem às práticas de TI verde.

Referências

CALERO, C. et al. 5Ws of Green and Sustainable Software. *Tsinghua Science and Technology*, v. 25, 2020. GARCÍA-BERNÁ, J. A. et al. Green IT and sustainable technology development: Bibliometric overview. *Sustainable Development*, v. 27, n. 4, 1 jul. 2019. MAT NAWI, M. N. et al. Green information technology and green information systems: science mapping of present and future trends. *Kybernetes*, 2024. SAN MARTIN, A. S.; LUNARDI, G. L.; DOLCI, D. B. Motivos que influenciam as organizações na adoção de práticas sustentáveis na área de TI. *Revista de Tecnologia Aplicada*, v. 9, 2020.

Palavras Chave

TI, Sustentabilidade, Eficiência energética

Comportamento da pesquisa sobre *green IT*: dimensionando a produção nacional e internacional

Resumo

O artigo objetiva caracterizar a pesquisa sobre Tecnologia da Informação verde (TI verde) entre 2015 e 2024. Para isso, utiliza-se a Bibliometria, em três bases de dados: *Web of Science*, Scopus e SPELL. Foram analisados manualmente com uso de planilhas 189 artigos, dos quais foram extraídos indicadores de produção científica. Para garantir a qualidade dos estudos, adotaram-se os seguintes critérios: Qualis A1 a A4, quartil do SJR e Índice H. Os principais resultados indicam que: i) 79,5% dos artigos possuem, no máximo até quatro autores; ii) 2020 apresentou o maior número de publicações (24), enquanto 2024 registrou o menor (11); iii) a China é o país mais produtivo (11,0%); iv) a *University of Castilla-La Mancha* (Espanha) lidera em participação institucional (4,3%); v) o periódico mais representativo é o *Sustainability* (7,9%); vi) 42,9% dos artigos constam em periódicos classificados como Qualis A1; vii) 159 artigos foram publicados em periódicos que apresentam simultaneamente Qualis, quartil do SJR e Índice H; viii) a produção está dispersa entre os autores, sendo que apenas 6,3% publicam até oito artigos/anuais; ix) as palavras-chave mais recorrentes são: TI verde, Sustentabilidade, Tecnologia da Informação verde e Eficiência energética; e x) o artigo mais citado, publicado em 2020, apresenta 608 citações. Os resultados contribuem para o avanço da TI verde ao revelar tendências bibliométricas e orientar pesquisas futuras no tema.

Palavras-chave: TI verde; *Green IT*; Sustentabilidade; Eficiência energética; Pesquisa bibliométrica.

1 INTRODUÇÃO

O avanço acelerado da tecnologia da informação tem transformado a rotina das pessoas e das organizações, tornando-se praticamente impossível imaginar o cotidiano sem o uso de recursos tecnológicos. Contudo, esse ritmo de evolução é acompanhado por inovações constantes e pela obsolescência programada, o que contribui significativamente para o aumento da geração de resíduos eletrônicos e do consumo de energia entre outros impactos socioambientais (*SAN MARTIN; LUNARDI; DOLCI, 2020¹).

Diante desses impactos ambientais, torna-se necessário buscar alternativas que mitiguem os efeitos negativos do uso intensivo da tecnologia. Nesse cenário, a Tecnologia da Informação verde (TI verde) surge como uma estratégia para promover a eficiência energética, a redução da pegada de carbono e o uso consciente de recursos tecnológicos no ambiente organizacional e na vida cotidiana, contribuindo para a preservação do meio ambiente (*MENDES; RÊGO; BARBOSA, 2023; SUBAHI, 2023). Complementarmente, iniciativas de computação sustentável têm enfatizado uma abordagem holística, que considera práticas ambientais em todas as fases do ciclo de vida da TI — desde o *design* e desenvolvimento até a manutenção, reuso e descarte responsável (*PAZIENZA *et al.*, 2024).

Atualmente, uma das tecnologias em constante evolução é a computação em nuvem. Embora traga inúmeros benefícios em termos de escalabilidade e eficiência operacional, também gera preocupações ambientais, especialmente devido ao elevado consumo de energia dos *data centers*, responsáveis pelo processamento massivo dos dados. Estima-se que o consumo energético desses centros aumente de 200 terawatts-hora (TWh) em 2016 para cerca de 3.000 TWh até 2030, o que representa um crescimento significativo nas emissões de CO₂ (*KATAL; DAHIYA; CHOUDHURY, 2023).

Nesse contexto, estudos indicam que práticas de TI verde podem contribuir para a construção de *data centers* mais sustentáveis, com a utilização de energia renovável (*HUANG *et al.*, 2020). A viabilidade de dimensionar *data centers* autossustentáveis alimentados exclusivamente por fontes renováveis pode ser demonstrada por meio de programação linear inteira (*HADDAD *et al.*, 2021). Do mesmo modo, tornar um *data center* inteligente configura uma alternativa eficaz para minimizar custos energéticos (*JAWAD *et al.*, 2021).

Nessa mesma direção, outros estudos propõem modelos capazes de otimizar o uso de energia e reduzir emissões de carbono por meio de ajustes inteligentes na alocação de tarefas, possibilitando *data centers* mais sustentáveis sem comprometer o desempenho ou níveis de serviços (*MONDAL *et al.*, 2023; *TAI; LIN; HSIAO, 2023). Na mesma linha de pesquisa, o método *GreenPacker* demonstrou eficiência em testes realizados em diferentes cenários, o algoritmo conseguiu reduzir em até 7,2% os custos de energia, preservando de forma significativa a qualidade do serviço superando métodos tradicionais (*NADALIZADEH; MOMTAZPOUR, 2022).

Tão significativa quanto a preocupação com o consumo de energia dos *data centers* é a adequada gestão dos dados digitais armazenados nessas estruturas. O armazenamento e a retenção de dados obsoletos contribuem diretamente para a pegada de carbono da computação em nuvem. Nesse sentido, a conscientização, aliada à regulamentação de normas, incentivos e penalidades, pode representar caminhos práticos para promover a TI verde e reduzir essa pegada (*MERSICO *et al.*, 2024).

Além da questão da gestão dos dados e do elevado consumo energético dos *data centers*, outro desafio ambiental associado ao avanço tecnológico é o crescimento do lixo eletrônico (e-

¹ As referências com asterisco se referem àquelas integrantes do estudo bibliométrico. A relação das 189 referências está disponível com os autores.

waste) (HAYASHI *et al.*, 2024). A popularização da Tecnologia da Informação (TI) tem impulsionado a produção de equipamentos eletrônicos, com cerca de 300 milhões de computadores e 1 bilhão de celulares fabricados anualmente, com crescimento estimado de 8% ao ano, o que intensifica o problema do descarte eletrônico (*AJINA *et al.*, 2024).

Para enfrentar esse problema, diversas iniciativas têm promovido o reaproveitamento de computadores, contribuindo para a redução dos impactos ambientais e sociais (HAYASHI *et al.*, 2024). Nesse contexto, a TI verde tem ganhado espaço nas organizações, que reconhecem seu potencial para mitigar os danos ambientais causados pelo uso intensivo da tecnologia (DU *et al.*, 2023). Entre os principais fatores que influenciam a adoção de práticas de TI verde, destacam-se a busca por redução do impacto ambiental – como economia de energia e gestão de resíduos eletrônicos –, as pressões governamentais e a influência de *stakeholders* (*SAN MARTIN; LUNARDI; DOLCI, 2020), bem como a necessidade de fortalecer a imagem organizacional e se destacar competitivamente (*SINGH; SHARMA, 2023).

Além desses fatores externos, políticas organizacionais internas também desempenham papel relevante. Um exemplo prático é a adoção do BYOD (*Bring Your Own Device* / Traga seu próprio dispositivo) e do teletrabalho, que favorecem a TI verde ao reduzir o consumo energético, a geração de lixo eletrônico e as emissões associadas aos deslocamentos para o trabalho (*DOARGAJUDHUR *et al.*, 2024).

Além desses aspectos, destacam-se as possíveis vantagens econômicas que a TI verde pode proporcionar às empresas, bem como a necessidade de atender às exigências de governos e consumidores. Esse processo influencia tanto o comportamento organizacional quanto o individual, tornando a TI verde uma abordagem mais natural e amplamente aceita (THEIS; SCHREIBER, 2020). Adicionalmente, estudos indicam que o fortalecimento da identidade voltada à TI verde pode estimular atitudes positivas e ampliar a adoção de práticas sustentáveis (*NASH; WAKEFIELD, 2022).

Contudo, para que essas práticas representem, de fato, vantagens competitivas e contribuam de maneira efetiva com o meio ambiente, é necessário promover a conscientização e ampliar o conhecimento sobre TI verde entre colaboradores e gestores. A capacitação prévia à implantação dessas iniciativas é fundamental, pois contribui para o sucesso da implementação e, conseqüentemente, para a geração de benefícios ambientais, sociais e econômicos, fortalecendo o compromisso organizacional com a sustentabilidade (*HAMEED *et al.*, 2023; *ZANUTO DE FREITAS *et al.*, 2020).

Assim, o presente estudo se justifica por apresentar um recorte temporal recente (2015-2024), que possibilita identificar os países que lideram o debate acadêmico, analisar o comportamento da pesquisa nacional em comparação à internacional e avaliar o grau de maturidade da área no Brasil. Além disso, busca apontar indicadores de tendência, que possam subsidiar a formulação de futuras agendas de pesquisa sobre TI verde. Destaca-se, ainda, a ausência entre os estudos analisados, de investigações nacionais recentes que tenham utilizado a bibliometria como método para apresentar o estado atual do tema, o que reforça a pertinência do presente estudo no campo da TI verde.

Com base nessas considerações, optou-se pela bibliometria como metodologia de pesquisa, por possibilitar identificar o estágio das investigações em uma área específica — neste caso, a TI verde. Essa abordagem é importante para compreender a evolução e o impacto de um campo de conhecimento (CHUEKE; AMATUCCI, 2022).

Nesse contexto, este estudo tem como objetivo caracterizar a produção científica sobre TI verde no período de 2015 a 2024. A utilização da Bibliometria mostra-se adequada a esse propósito, à medida que permite mapear a trajetória das pesquisas e descrever as principais características da produção científica sobre o tema. A partir disso, formula-se a seguinte pergunta de pesquisa: quais são os indicadores bibliométricos da produção científica sobre TI verde no período de 2015 a 2024?

Além desta introdução, o artigo está estruturado em outras quatro seções. A Seção 2 apresenta estudos anteriores, que utilizaram a bibliometria para mapear estudos de TI verde. A Seção 3 descreve os procedimentos metodológicos adotados na pesquisa, incluindo a coleta e tratamento de dados. Na Seção 4, são discutidos os resultados obtidos com base na análise bibliométrica. Por fim, a Seção 5 expõe as conclusões do estudo, bem como suas limitações e sugestões para pesquisas futuras.

2 BIBLIOMETRIA E A PESQUISA DE TI VERDE

Estudos utilizaram a bibliometria para mapear pesquisas sobre TI verde. Um desses estudos analisou o tema e o desenvolvimento tecnológico sustentável a partir de 4.398 publicações indexadas na base Scopus, destacando o domínio da língua inglesa (98,86%), a liderança dos Estados Unidos (22,44%), as instituições e as palavras-chave mais recorrentes (*GARCÍA-BERNÁ *et al.*, 2019). Complementarmente, outra investigação realizou uma análise bibliométrica na base WoS (2008-2018) para apoiar universidades na adoção da TI verde, identificando 547 artigos. Nesse caso, a palavra ‘sustentabilidade’ apareceu como a mais frequente e ‘estratégia’ como a menos citada (*MARQUES; BACHEGA; TAVARES, 2019).

Nesse mesmo campo de investigação, Mat Nawi *et al.* (2024) também utilizaram publicações indexadas na WoS para mapear a evolução da literatura sobre *Green IT*. Por meio de técnicas de acoplamento bibliográfico e co-ocorrência de palavras-chave, o estudo identificou os principais eixos temáticos da literatura, incluindo: as teorias que fundamentam as pesquisas, os fatores que influenciam a adoção, o papel da ciência da informação no apoio às práticas sustentáveis, as tecnologias utilizadas para mitigar impactos ambientais e a influência da liderança gerencial nesse processo.

Pesquisas sobre *software* verde e sustentabilidade também têm recorrido à bibliometria para verificar o estágio de desenvolvimento da literatura na área. Um exemplo é o estudo que analisou 542 publicações indexadas na base Scopus. Os autores aplicaram a abordagem dos 5Ws (*why, when, who, what* e *where*) para compreender a trajetória da produção científica sobre *software* sustentável. Os resultados apontam para evolução constante do tema, com destaque para autores europeus e os Estados Unidos como país com maior número de publicações. As palavras-chave mais recorrentes foram: *software* verde, TI verde, sustentabilidade de *software*, consumo de energia e eficiência energética. Quanto aos meios de comunicação, observou-se equilíbrio entre conferências e periódicos (*CALERO *et al.*, 2020).

Observa-se que, apesar da diversidade de abordagens, a maioria dos estudos analisou apenas uma base de dados, o que limita a abrangência da amostra — aspecto já reconhecido pelos próprios autores, que destacam a necessidade de incluir outras bases (*MAT NAWI *et al.*, 2024). Nesse contexto, este artigo busca avançar na literatura sobre TI verde por meio de uma análise bibliométrica abrangendo o período de 2015 a 2024 e utilizando três bases de dados distintas, o que permite identificar estudos influentes, autores mais citados e o estágio atual da produção científica sobre o tema.

3 MÉTODO

Estudos recentes têm ressaltado a relevância dos métodos bibliométricos para consolidar áreas de pesquisa em desenvolvimento, como é o caso da TI verde. Essa abordagem contribui não apenas para quantificar o volume e a distribuição da produção científica, mas também para orientar novas investigações, por meio de identificação de tópicos centrais, autores influentes e lacunas de conhecimento (*MAT NAWI *et al.*, 2024).

Portanto, este artigo adota, como procedimento metodológico a Bibliometria, classificada como uma pesquisa descritiva, com abordagem quanti-qualitativa. A investigação

tem como objetivo caracterizar a produção científica sobre TI verde, no período de 2015 a 2024, enfatizando sua evolução ao longo do tempo e apresentar os principais indicadores das produções científicas.

Para isso, foram aplicadas análises bibliométricas com foco na identificação do número de artigos, qualidade dos periódicos conforme Qualis, quartil do SJR e índice H, tendências e picos de publicações, principais autores, países e instituições, palavras-chave mais citadas e artigos mais referenciados.

3.1 Coleta de dados

O levantamento de dados foi realizado nas bases de dados *Web of Science* (WoS), Scopus e *Scientific Periodicals Electronic Library* (SPELL), selecionadas por sua relevância internacional e nacional. A coleta ocorreu em 31/12/2024 e, na etapa inicial, identificou 981 artigos nas três bases.

O Quadro 1 apresenta os termos e palavras-chave utilizadas nas buscas dos artigos em cada base pesquisada.

Quadro 1: Bases de dados e filtros de coleta para a revisão bibliométrica

Bases	Alcance	Filtros	Período
WoS	Internacional	Pesquisa avançada em título/resumo utilizando palavras-chave como: "green IT", "green information technology", "green IT technology", "environmental", "green computing", "carbon footprint", "cloud computing", "sustainable technology", "clean technology"; "sustainable cloud" e "green energy in IT". Tipo de documento: artigo. Idioma: todos.	2015 a 2024
Scopus	Internacional	Pesquisa avançada em título/resumo utilizando palavras-chave como: "green data center" AND "carbon footprint", "energy-efficient computing" OR "eco-friendly IT" OR "sustainable ICT", "green IT", "green information technology", "green computing" AND "sustainable technology" AND "clean technology", "green computing" AND "sustainable technology" AND "clean technology". Tipo de documento: artigo. Idioma: todos.	
SPELL	Nacional	Pesquisa avançada em título/resumo utilizando palavras-chave como: "TI verde", "green IT", "tecnologia da informação verde", "ambiental", "environmental", "tecnologia verde", "sustentabilidade", "tecnologia da informação e verde". Tipo de documento: artigo. Idioma: todos.	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os critérios utilizados para a inclusão e exclusão dos artigos identificados nas bases de dados são descritos na Tabela 1.

Tabela 1: Critérios de inclusão/exclusão dos artigos na pesquisa

Critérios/passos da coleta de artigos	WoS	Scopus	SPELL	Total
1) Seleção das bases: WoS, Scopus e SPELL; e	221	250	510	981
2) Buscas palavras-chave				
(-) Repetidos nas buscas	(78)	(150)	(247)	(475)
(-) Repetidos entre as bases	(3)	(1)	0	(4)
3) Após exclusões de duplicados	140	99	263	502
(-) Rejeição na análise de títulos/resumos	(38)	(72)	(238)	(348)
4) Após análise de títulos/resumos	102	27	25	154
(+) Outros estudos relevantes/referências artigos	32	18	6	56

Crêterios/passos da coleta de artigos	WoS	Scopus	SPELL	Total
5) Após análise das referências das pesquisas	134	45	31	210
(-) Exclud�es (periódicos sem Qualis)	(9)	(5)	0	(14)
6) Após análise do Qualis	125	40	31	196
(-) Artigos em evento e dissertações	(2)	0	(5)	(7)
7) Base da bibliometria (n� artigos)	123	40	26	189

Fonte: Dados da pesquisa.

3.2 Tratamento dos dados e análise da produção científica

Após a busca, os artigos passaram por uma etapa de seleção, que envolveu a remoção de duplicados e a análise de títulos e resumos, conforme critério de inclusão e exclusão. Os resultados dessas etapas estão sintetizados na Tabela 1. A segunda rodada de seleção incorporou estudos adicionais identificados nas referências dos artigos coletados, totalizando 210 trabalhos. Após nova filtragem, considerando os critérios definidos na Tabela 1, 189 artigos permaneceram na base final de análise. Autores como Oliveira e Nakao (2021) também adotaram esse critério complementar de seleção.

A partir desse conjunto final, foram examinados os dados bibliométricos, utilizados como categorias de análise deste estudo (Quadro 2).

Quadro 2: Categorias de análises e indicadores da produção científica

Categorias	Unidade/indicador
Produção anual	i) N� de artigos ii) Tendências e picos
Principais países e instituições	i) <i>Ranking</i> de países (1� autor) ii) <i>Ranking</i> de instituições
Periódicos	i) <i>Ranking</i> dos periódicos que mais publicaram na �rea
Citações	i) Artigos mais citados (Qualis, quartil do SJR, �ndice H e fator de impacto do JCR)
Autores	i) <i>Ranking</i> dos autores mais produtivos
Artigos nacionais e internacionais	i) N� de artigos com classificação Qualis ii) N� de artigos com quartil do SJR e �ndice H
Palavras-chave	i) <i>Ranking</i> das palavras mais recorrentes ii) Nuvem de palavras

Fonte: Autores.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta seção apresenta os principais indicadores da produção científica sobre TI verde no período de 2015 a 2024 (4.1), nuvem de palavras-chaves (4.2), seguido da análise de citações (4.3).

4.1 Indicadores da pesquisa sobre TI verde

Com base nos critérios da pesquisa, foram identificados 189 artigos relacionados à TI verde, publicados entre 2015 e 2024 e extraídos das bases WoS, Scopus e SPELL. Os principais indicadores da produção científica estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Dados bibliométricos da pesquisa (2015-2024)

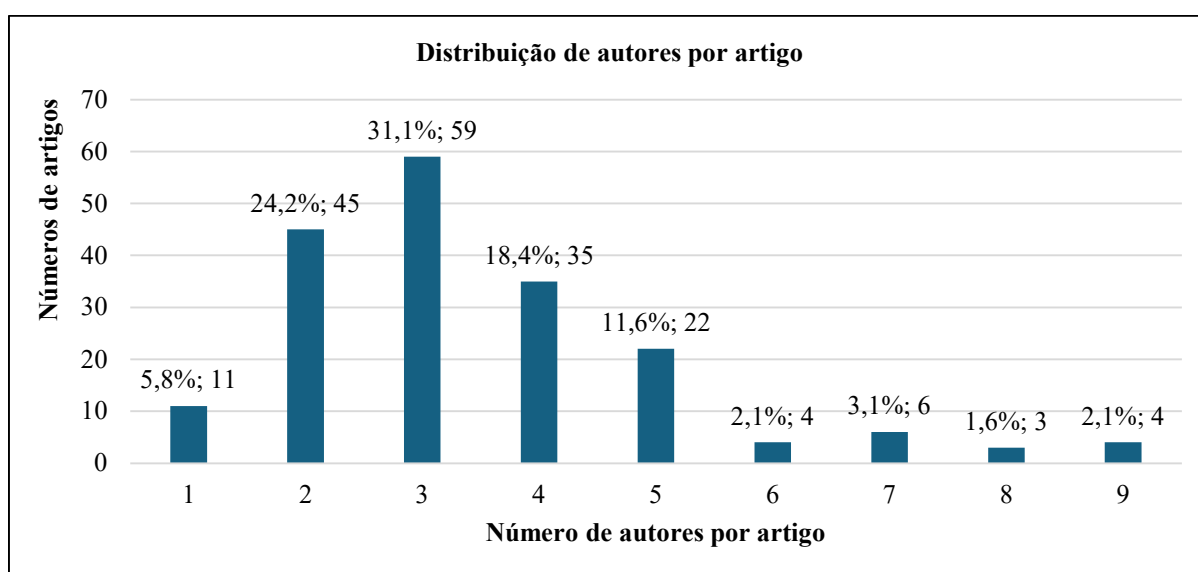
Descrição	Nº	Descrição	Nº
Artigos	189	Idiomas	2
Autores	568	Instituições envolvidas	152
Artigos em periódicos brasileiros	27	Palavras-chave diferentes	640
Artigos em periódicos internacionais	162	Média palavras-chave/artigo	5,4
Periódicos brasileiros	23	Média autores/artigos	3,0
Periódicos internacionais	98	Média artigos/ano	18,9
Países envolvidos	51	Média artigos/periódico	1,6

Fonte: Dados da pesquisa.

A produção analisada inclui 121 periódicos, abrangendo 152 instituições de ensino e pesquisa (com base no vínculo do primeiro autor) e considerando publicações em dois idiomas (inglês e português). Verifica-se que 85,7% dos artigos foram publicados em inglês e 14,3% em português. O estudo revela que mais da metade das pesquisas nessa amostra foram produzidas e publicadas por periódicos internacionais (81%).

A diferença entre o total de palavras-chave (1.015) e o número de palavras-chave distintas (640) ocorre devido à repetição de termos entre os artigos. A média de 5,4 palavras-chave por artigo foi calculada considerando essas repetições (Tabela 2), o que explica a quantidade total de palavras-chave identificadas. A Figura 1 demonstra a distribuição de autores por artigos.

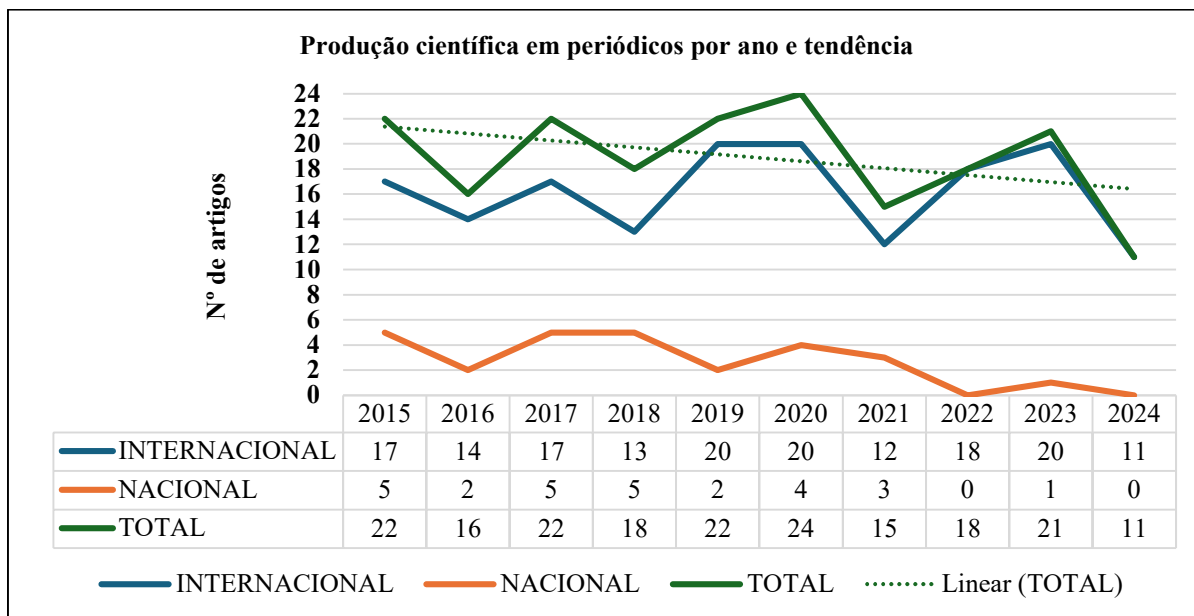
Figura 1: Distribuição de autores por artigo



Fonte: Dados da pesquisa.

A Figura 1 mostra que 79,5% das publicações possuem até quatro autores, o que está alinhado à tendência de incluir apenas colaboradores com contribuição substantiva (ROSSONI, 2018). A Figura 2 apresenta a distribuição anual e a tendência observada no período

Figura 2: Pesquisas por ano e tendência (periódicos nacionais, internacionais e total)



Fonte: Dados da pesquisa.

Em relação à produção anual, observou-se estabilidade entre 2015 e 2023, com média de 18,9 artigos, seguida de redução em 2024, quando foram registrados apenas 11. Os artigos internacionais predominam em todo o período (85,8%), enquanto os nacionais apresentam baixa representatividade e tendência de queda, sem registros em 2024.

A redução recente pode estar associada à evolução terminológica do campo, já que estudos relevantes utilizam termos mais amplos do que “TI verde”, o que pode ter limitado a captura dessas publicações (*CALERO *et al.*, 2020). Além disso, a baixa presença de periódicos nacionais na área pode influenciar essa tendência, reforçando a necessidade de investigações futuras sobre o fenômeno.

A Tabela 3 apresenta o *ranking* dos países com maiores volumes de publicações sobre o tema TI verde na base WoS e Scopus (n = 163), destacando também as instituições mais produtivas. Para análise, considerou-se o país e a instituição do primeiro autor, representando o autor principal. Essa opção é justificada pelo fato de muitas pesquisas acadêmicas serem desenvolvidas em coautoria com orientadores da mesma instituição.

Tabela 3: Principais países e instituições de pesquisa da base WoS e Scopus (2015 – 2024)

Países	Nº	%	Instituições	País sede	Nº	%
China	18	11,0%	<i>University of Castilla-La Mancha</i>	Espanha	7	4,3%
EUA	17	10,4%	<i>Multimedia University</i>	Malásia	4	2,5%
Malásia	15	9,2%	<i>Universiti Teknologi Malaysia</i>	Malásia	4	2,5%
Espanha	13	8,0%	<i>National Taiwan University</i>	Taiwan	3	1,8%
Alemanha	9	5,5%	<i>COMSATS University Islamabad</i>	Paquistão	3	1,8%
Índia	8	4,9%	<i>Ton Duc Thang University</i>	Vietnã	3	1,8%
Paquistão	8	4,9%				
França	7	4,3%				
Brasil	5	3,1%				
Austrália	5	3,1%				

Fonte: Dados da pesquisa.

Na análise por países, a China aparece como o país que mais publicou. Além dos 10 países apresentados na Tabela 3, outros 32 publicaram entre quatro e um artigo, totalizando 42 países distintos nas bases WoS e Scopus. No caso das instituições, o destaque é a *University of Castilla-La Mancha* com sete publicações, seguida pela *Multimedia University* com quatro artigos.

Nota-se uma diferença entre países e instituições mais produtivas. Na coluna referente aos países, há maior dispersão, com muitos autores publicando apenas um artigo; já na coluna das instituições, nota-se maior concentração da produção em poucos centros de pesquisa. Essa diferença também se verifica entre os países mais produtivos (EUA e China).

Para elaboração do *ranking* da Tabela 3, a base SPELL não foi incluída por concentrar publicações nacionais, o que poderia gerar viés. Nessa base, o Brasil registrou 26 artigos no período, com baixo volume anual. A Tabela 4 apresenta os periódicos que mais publicaram sobre TI verde.

Tabela 4: Periódicos que mais publicaram na área (2015-2024)

Periódicos	Nº artigos	% Artigos
<i>Sustainability</i>	15	7,9%
<i>Journal of Cleaner Production</i>	9	4,8%
<i>Sustainable Computing: Informatics and Systems</i>	8	4,2%
<i>IEEE Access</i>	7	3,7%
<i>Future Generation Computer Systems</i>	6	3,2%
<i>Cluster Computing</i>	3	1,6%
<i>Computer Standards & Interfaces</i>	3	1,6%
<i>Computers in Human Behavior</i>	3	1,6%
<i>International Journal of Information Management</i>	3	1,6%
<i>Journal of Computer Information Systems</i>	3	1,6%
Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade – GeAS	3	1,6%
<i>Telematics and Informatics</i>	3	1,6%
Outros periódicos	123	65,0%
Total	189	100,0%

Fonte: Dados da pesquisa.

A produção mundial no período de 2015 a 2024 sobre TI verde está distribuída em 121 periódicos. Os 12 mais produtivos concentram 35,0% (66 artigos), sendo 11 estrangeiros e 1 brasileiro. Os demais 65,0% (123 artigos) estão distribuídos entre diversas revistas. Entre os 121 periódicos, 109 publicaram entre um e dois artigos ao longo do período de 10 anos. Resultados semelhantes foram encontrados por *Mory-Alvarado et al., (2023) em estudo sobre TI verde nas PMEs, destacando o *Journal of Cleaner Production*, seguido por *Sustainability*, como os principais periódicos.

Para a avaliação da qualidade das publicações, consideraram-se o estrato Qualis, o quartil do SJR e o Índice H, conforme as classificações mais recentes. A Tabela 5 apresenta a distribuição dos artigos segundo o Qualis.

Tabela 5: Distribuição dos artigos por estrato Qualis

Qualis	Nº de Artigos Brasileiros	Nº de Artigos Internacionais	Total	Porcentagem (%)
A1	–	81	81	42,9%
A2	3	53	56	30,2%
A3	8	13	21	11,1%
A4	8	6	14	7,4%
B1	7	5	12	6,3%

Qualis	Nº de Artigos Brasileiros	Nº de Artigos Internacionais	Total	Porcentagem (%)
B2	1	4	5	2,6%
Total	27	162	189	100%

Fonte: Dados da pesquisa.

A maior parte dos artigos analisados foi publicado em periódicos classificados nos estratos Qualis A1 e A2 (73,0%), dentre os 189 analisados. Os demais estão distribuídos entre os estratos A3 a B2 (27,0%), o que ainda indica uma predominância de publicações em veículos de média a alta qualificação. A Tabela 6 apresenta a distribuição dos artigos quanto ao quartil e ao Índice H dos periódicos, conforme dados extraídos da base Scopus.

Tabela 6: Distribuição dos artigos por quartil do SJR e Índice H

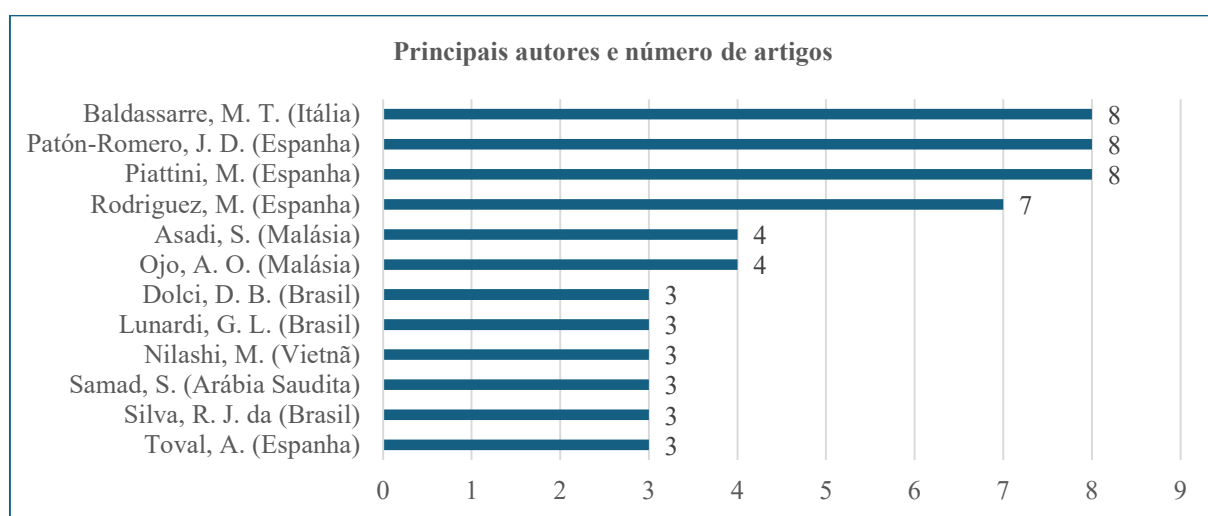
Quartil do SJR	Nº de Artigos	%	Índice H	Nº de Artigos	%
Q1	130	81,8%	≥ 200	48	30,2%
Q2	18	11,3%	150-199	21	13,2%
Q3	7	4,4%	100-149	18	11,3%
Q4	4	2,5%	50-99	57	35,8%
			<50	15	9,4%
Total	159	100%	-	159	100%

Fonte: Dados da pesquisa.

Da mesma forma observada no estrato Qualis, verifica-se que a maioria dos artigos está publicada em periódicos com elevado quartil no SJR, predominando o Q1. Dos 189 artigos analisados, 159 (84,1%) apresentam simultaneamente informações de quartil do SJR e Índice H na base Scopus; os demais, embora sem esses indicadores, estão vinculados a periódicos com boa classificação Qualis.

O Índice H também apresenta boa distribuição, reforçando que a produção científica sobre TI verde está concentrada em periódicos de média a alta qualidade, indicando potencial impacto acadêmico. A Figura 3 apresenta os autores com maior número de publicações no período.

Figura 3: Principais autores da produção científica do período (2015-2024).



Fonte: Dados da pesquisa.

Além dos 12 autores que constam na Figura 3, 41 autores possuem dois artigos cada um e outros 515 pesquisadores participam apenas de um artigo. Os autores mais produtivos estão alinhados com os estudos de *Mory-Alvarado et al., (2023). Quanto às palavras-chave das pesquisas, a Tabela 7 apresenta as expressões mais utilizadas, tanto em periódicos brasileiros quanto em internacionais.

Tabela 7: Principais palavras-chave

Periódicos brasileiros (n = 27 artigos)			Periódicos internacionais (n = 162 artigos)		
Palavras-chave	Nº	%	Palavras-chave	Nº	%
TI verde	17	63,0%	<i>Green IT</i>	54	33,3%
Sustentabilidade	14	51,9%	<i>Sustainability</i>	29	17,9%
Tecnologia da Informação	5	18,5%	<i>Energy efficiency</i>	23	14,2%
Tecnologia da Informação verde	5	18,5%	<i>Green information technology</i>	15	9,3%
Desenvolvimento sustentável	3	11,1%	<i>Cloud Computing</i>	14	8,6%
Adoção	2	7,4%	<i>Green Computing</i>	11	6,8%
Heurística da Ancoragem e	2	7,4%	<i>Green IS</i>	9	5,6%
Práticas Sustentáveis	2	7,4%	<i>Sustainable Development Governance</i>	8	5,0%
				8	5,0%

Fonte: Dados da pesquisa.

Constata-se que as duas palavras-chave mais citadas são comuns entre os periódicos brasileiros e internacionais. A palavra-chave TI verde/*Green IT* está presente em 71 artigos (37,5%), enquanto Sustentabilidade/*Sustainability* aparece 43 (22,8%), considerando os 189 artigos analisados. O *ranking* das palavras-chave evidencia a preocupação recorrente com a sustentabilidade, a eficiência energética e o uso responsável da tecnologia da informação, com foco em práticas que minimizem o impacto ambiental. Destacam-se ainda os termos como *Cloud Computing*, *Green Computing*, *Governance*, gestão e práticas sustentáveis no uso da TI, refletindo o interesse em soluções tecnológicas mais eficientes que contribuam para o desenvolvimento sustentável. Outros estudos semelhantes identificaram algumas dessas palavras como mais recorrentes (*MAT NAWI et al., 2024).

A análise geral dos indicadores da pesquisa revela: i) tendência de queda na produção científica; ii) baixa presença de artigos nacionais em bases internacionais; iii) dispersão da autoria, com poucos pesquisadores altamente produtivos; iv) grande número de instituições, porém com baixa concentração de publicações; e v) predominância de periódicos de alta qualidade (Qualis A1–A4; SJR Q1–Q2; Índice H \geq 200).

4.2 Palavras-chave

A Figura 4 apresenta a nuvem de palavras construída a partir das palavras-chave dos 189 artigos.

Autores	Ano	Cit.	Qualis	Q-SJR	Índice H	Fator Impacto
Loeser, F.; Recker, J.; Brocke, J.; Molla, A.; Zarnekow, R.	2017	212	A1	Q1	114	6,3

Fonte: Dados da pesquisa.

Os artigos mais citados sobre TI verde concentram-se em periódicos de excelência internacional, predominantemente Qualis A1 e SJR Q1, o que evidencia a relevância científica dos estudos e dos veículos que os publicam. Essa tendência é corroborada por autores como Radu e Popescu (2024) que identificam padrões semelhantes ao analisar estudos influentes sobre Sistemas de Informação verdes por meio de indicadores bibliométricos.

5 CONCLUSÕES

O estudo teve como objetivo caracterizar a produção científica sobre TI verde entre 2015 e 2024, a partir da análise de 189 artigos das bases WoS, Scopus e SPELL. Os resultados indicam redução das publicações nos últimos anos, especialmente no Brasil, além da predominância de estudos internacionais. Identificaram-se países, instituições e periódicos que lideram o debate, com destaque para a China, a *University of Castilla-La Mancha* e o periódico *Sustainability*.

Observou-se que grande parte da produção está concentrada em periódicos de alta qualidade, (Qualis A1-A2; SJR e Q1-Q2), o que demonstra a relevância acadêmica do tema. As palavras-chave mais recorrentes reforçam o foco em sustentabilidade, eficiência energética e práticas ambientais associadas ao uso da tecnologia da informação. As citações mais elevadas concentram-se em estudos publicados em periódicos de alto impacto, e a autoria mostrou-se dispersa ao longo do período.

Como limitações, destaca-se a possibilidade de que estudos relevantes não tenham sido capturados pelas combinações de palavras-chave adotadas. Pesquisas futuras podem investigar as causas da recente queda nas publicações sobre TI verde, bem como analisar a evolução dos termos utilizados na área e realizar revisões sistemáticas mais aprofundadas.

De modo geral, o estudo contribui ao reunir e sintetizar a produção científica recente sobre TI verde, oferecendo um panorama que pode orientar pesquisadores e apoiar o desenvolvimento de práticas e estratégias voltadas à sustentabilidade tecnológica.

REFERÊNCIAS

*AJINA, Ahmad S. *et al.* Understanding green IT adoption: TAM and dual-lens of innovation resistance. *Cogent Business and Management*, v. 11, n. 1, 2024.

BRASIL. *Qualis Capes. Plataforma Sucupira*. Disponível em: <<https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf>>. Acesso em: 11 ago. 2025.

*CALERO, Coral *et al.* 5Ws of Green and Sustainable Software. *TSINGHUA SCIENCE AND TECHNOLOGY*, v. 25, jun. 2020. Disponível em: <<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>>.

CHUEKE, Gabriel Vouga; AMATUCCI, Marcos. Métodos de sistematização de literatura em estudos científicos: bibliometria, meta-análise e revisão sistemática. *Internext*, v. 17, n. 2, p. 284–292, 17 mar. 2022.

CLARIVATE. *Journal Citation Reports*. Disponível em: <Journal Citation Reports>. Acesso em: 19 ago. 2025.

*DOARGAJUDHUR, Melina Seedoyal *et al.* Green IT and BYOD: driving sustainability, job performance, and well-being in remote work. *International Journal of Organizational Analysis*, 2024.

DU, Sanxia *et al.* Does it matter who spreads and to which farmers? The influence of video extension on Chinese farmers' green control technology adoption behavior. *ENVIRONMENT DEVELOPMENT AND SUSTAINABILITY*, fev. 2023.

*GARCÍA-BERNÁ, José A. *et al.* Green IT and sustainable technology development: Bibliometric overview. *Sustainable Development*, v. 27, n. 4, p. 613–636, 1 jul. 2019.

*HADDAD, Marwa *et al.* Combined IT and power supply infrastructure sizing for standalone green data centers. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, v. 30, 1 jun. 2021.

*HAMEED, Zahid *et al.* Ethical leadership and environmental performance: The role of green IT capital, green technology innovation, and technological orientation. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 194, 1 set. 2023.

HAYASHI, Arthur Yukio *et al.* E-LIXO eletrônico de Informática Educar para o descarte correto. *Educere - Revista da Educação da UNIPAR*, v. 23, n. 4, p. 1713–1724, 20 fev. 2024.

*HUANG, Pei *et al.* A review of data centers as prosumers in district energy systems: Renewable energy integration and waste heat reuse for district heating. *Applied Energy*. [S.l.]: Elsevier Ltd. , 15 jan. 2020

*JAWAD, Muhammad *et al.* A robust optimization technique for energy cost minimization of cloud data centers. *IEEE Transactions on Cloud Computing*, v. 9, n. 2, p. 447–460, 1 abr. 2021.

*KATAL, Avita; DAHIYA, Susheela; CHOUDHURY, Tanupriya. Energy efficiency in cloud computing data centers: a survey on software technologies. *Cluster Computing*, 2023.

*MARQUES, Carulina; BACHEGA, Stella Jacyszyn; TAVARES, Dalton Matsuo. Framework proposal for the environmental impact assessment of universities in the context of Green IT. *Journal of Cleaner Production*, v. 241, 20 dez. 2019.

*MAT NAWI, Mohd Nazim *et al.* Green information technology and green information systems: science mapping of present and future trends. *Kybernetes*, 2024.

*MENDES, Leonardo Ribeiro; RÊGO, Thaiseany de Freitas; BARBOSA, Maria de Fátima Nóbrega. A adoção da Tecnologia da Informação Verde (TI-verde) em uma Instituição de

Ensino Superior. *Revista Eletrônica de Administração e Turismo - ReAt*, v. 17, p. 90–101, 2023.

*MERSICO, Luigi *et al.* Challenges and Solutions for Sustainable ICT: The Role of File Storage. *Sustainability (Switzerland)*, v. 16, n. 18, 1 set. 2024.

*MONDAL, Sudipto *et al.* GEECO: Green Data Centers for Energy Optimization and Carbon Footprint Reduction. *Sustainability (Switzerland)*, v. 15, n. 21, 1 nov. 2023.

*MORY-ALVARADO, Andrea *et al.* Green IT in small and medium-sized enterprises: A systematic literature review. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, v. 39, 1 set. 2023.

*NADALIZADEH, Zeinab; MOMTAZPOUR, Mahmoud. GreenPacker: renewable- and fragmentation-aware VM placement for geographically distributed green data centers. *Journal of Supercomputing*, v. 78, n. 1, p. 1434–1457, 1 jan. 2022.

*NASH, Kyle; WAKEFIELD, Robin L. The Role of Identity in Green IT Attitude and Intention. *Journal of Computer Information Systems*, v. 62, n. 5, p. 998–1008, 2022.

OLIVEIRA, Deyvison de Lima; NAKAO, Silvio Hiroshi. What do we have about research on the “measurement of biological assets” in 20 years of IAS 41-Agriculture? *Custos e Agronegócio on line*, v. 17, p. 256–298, 2021. Disponível em: <www.custoseagronegocioonline.com.br>.

*PAZIENZA, Andrea *et al.* A holistic approach to environmentally sustainable computing. *Innovations in Systems and Software Engineering*, v. 20, n. 3, p. 347–371, 1 set. 2024.

RADU, Laura Diana; POPESCU, Daniela. *Green Information Systems—A Bibliometric Analysis of the Literature from 2000 to 2023. Electronics (Switzerland)*. [S.l.]: Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). , 1 abr. 2024

ROSSONI, Luciano. Editorial: Produtivismo e Coautoria Cerimonial. *Revista Eletrônica de Ciência Administrativa*, v. 17, n. 2, p. I–VIII, 9 maio 2018.

*SAN MARTIN, Aline Schmidt; LUNARDI, Guilherme Lerch; DOLCI, Décio Bittencourt. Motivos que influenciam as organizações na adoção de práticas sustentáveis na área de Tecnologia da Informação. *Revista de Tecnologia Aplicada*, v. 9, p. 3–19, 6 jan. 2020.

SCIMAGO. *SCImago Journal & Contry Rank*. Disponível em: <<https://www.scimagojr.com/>>. Acesso em: 19 ago. 2025.

*SINGH, Anamica; SHARMA, Meenakshi. Development of a ‘green IT brand image sustainability model for competitive advantage’. *Environment, Development and Sustainability*, v. 25, n. 1, p. 40–60, 1 jan. 2023.

SUBAHI, Ahmad F. *BERT-Based Approach for Greening Software Requirements Engineering Through Non-Functional Requirements. *IEEE Access*, v. 11, p. 103001–103013, 2023.

*TAI, Kuang Yen; LIN, Frank Yeong Sung; HSIAO, Chiu Han. An Integrated Optimization-Based Algorithm for Energy Efficiency and Resource Allocation in Heterogeneous Cloud Computing Centers. *IEEE Access*, v. 11, p. 53418–53428, 2023.

THEIS, Vanessa; SCHREIBER, Dusan. ANÁLISE DAS PRÁTICAS DE TI VERDE EM ORGANIZAÇÕES DE BASE TECNOLÓGICA. 2020. Disponível em: <www.DeepL.com/pro>.

*ZANUTO DE FREITAS, Ingrid *et al.* Avaliação das práticas de Tecnologia da Informação Verde em uma indústria de adubos, fertilizantes e produtos plásticos da cidade de Cascavel – PR. *Revista Organizações em Contexto*, v. 16, 2020.