

TECNOLOGIAS LIMPAS E CUSTOS AMBIENTAIS: ESTADO DA ARTE, TENDÊNCIA E LACUNAS DO CONHECIMENTO

SANDRA ELISIA LEMÕES IEPSSEN
UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL (UNISC)

LIEGE PEREIRA MARTINI
UNIVERSIDADE DE SANTA CRUZ DO SUL (UNISC)

LIANE MAHLMANN KIPPER
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA - UFSC

ENIO LEANDRO MACHADO

ADRIANE LAWISCH

Introdução

A preocupação com o meio ambiente e sua conservação passou a ser contemplada por inúmeras ciências. É por isso que o papel da contabilidade tem se reforçado como fonte de informação e controle da atividade econômica, bem como na busca de respostas aos múltiplos problemas que o debate ambiental esboça (DÍAZ; ÁLVAREZ; BASTIDA; VÁZQUEZ et al., 2022). Diante do rápido avanço tecnológico, do crescente conhecimento e das difíceis exigências das empresas e clientes, um sistema de informações contábeis é um instrumento essencial nas mãos dos gestores que buscam vantagem competitiva sustentável.

Problema de Pesquisa e Objetivo

O sistema ambiental deve ser abordado em sua totalidade, para que possamos conceber soluções sustentáveis que incorporem tanto o crescimento econômico quanto a conservação ambiental. Nenhuma fonte única de energia limpa sustentará a segurança energética a longo prazo sendo assim os combustíveis fósseis tendem a serem fontes de energia por várias décadas. O objetivo deste estudo foi buscar o estado da arte sobre Tecnologias Limpas e Custos Ambientais identificando principais autores, artigos mais citados, tendência e lacunas do conhecimento.

Fundamentação Teórica

Nas mais diversas áreas do conhecimento contábil, a contabilidade fiscal atende aos requisitos legais e normas. Dentro destas áreas encontra-se a contabilidade de custos de maneira legal e gerencial (MARTINS, 2003). Quando a contabilidade de custos, sob um viés gerencial encontramos a contabilidade ambiental, onde os desafios estão muitas vezes no tratamento contábil dos custos ambientais dentro da empresa que, na grande maioria das vezes, difere da realidade. A ambiguidade do conceito de custos ambientais para os contadores também é uma preocupação significativa.

Metodologia

A fim de entender as relações existentes tecnologias limpas e custos ambientais, verificando tendências e lacunas do conhecimento, foi realizada uma Revisão de Literatura. Foi utilizada a base de dados Scopus no período de 2018 à 2022. A pesquisa foi realizada em "All Fields". Sendo foco do estudo o cruzamento entre as palavras chave "Clean Technology" e "Environmental Cost". Para o estudo qualitativo foi utilizado o software VOSwier.

Análise dos Resultados

Três documentos foram identificados e validados como tendo relação com o tema de pesquisa, sendo eles: An integrated full cost model based on extended exergy accounting toward sustainability assessment of industrial production processes (2019), Life cycle assessment and costing methods for device procurement: Comparing reusable and single-use disposable laryngoscopes (2018) e DIDEM - An integrated model for comparative health damage costs calculation of air pollution (2018). Os mesmos são discutidos assim como a evolução das publicações, autores que mais publicam e mais citados.

Conclusão

Os autores que mais se destacam são Zaman, K., Nassani, A. A. e Anser, M. K.. O documento mais citado é "A review on air emissions assessment: Transportation", dos autores: Fan, Y.V., Perry, S., Klemeš, J.J., Lee, C.T. Vale destacar que dentre os sete documentos mais citados, quatro foram publicados pelo Journal of Cleaner Production. O país que mais publica sobre o tema deste estudo é a China. Observa-se uma tendência evolutiva a respeito dos temas Avaliação de Ciclo de vida, desenvolvimento sustentável, economia, custos, reciclagem de resíduos, energia renovável.

Referências Bibliográficas

MENG, W.; HU, B.; SUN, N.; MO, X. et al. An integrated full cost model based on extended exergy accounting toward sustainability assessment of industrial production processes. Clean Technologies and Environmental Policy, 2019. RAVINA, M.; PANEPINTO, D.; ZANETTI, M. C. DIDEM-An integrated model for comparative health damage costs calculation of air pollution. Atmospheric Environment, 2018. SHERMAN, J. D.; RAIBLEY IV, L. A.; ECKELMAN, M. J. Life cycle assessment and costing methods for device procurement: comparing reusable and single-use disposable laryngoscopes. Anesthesia & Analgesia, 2018.

Palavras Chave

Environmental Cost, Clean Technology, Financial Indicators

Agradecimento a órgão de fomento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem ao CNPq (sob o processo 303934 / 2019-0) e a Fapergs, pelo apoio financeiro, à UNISC e ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental.

TECNOLOGIAS LIMPAS E CUSTOS AMBIENTAIS: ESTADO DA ARTE, TENDÊNCIA E LACUNAS DO CONHECIMENTO

RESUMO

Os custos ambientais de uma empresa vêm ganhando espaço ao longo dos anos, porém seu tratamento, dependendo do porte e da conscientização da empresa, enfrenta alguns desafios. O uso de tecnologias limpas, podem auxiliar na redução destes custos, uma vez que, o registro, o controle e a análise sejam feitos de maneira adequada. Sendo assim, o objetivo deste estudo foi buscar o estado da arte sobre Tecnologias Limpas e Custos Ambientais identificando principais autores, artigos mais citados, tendência e lacunas do conhecimento. Para isso foi realizada uma revisão de literatura a partir dos temas Custos Ambientais e Tecnologias Limpas. O *Software VOSviewer* também foi utilizado para análise dos dados quantitativos. Como resultados identificamos os autores e o país que mais publica, assim como o documento mais citado. O Brasil está entre os 10 países que mais publicam nesta área. Há uma tendência evolutiva de estudos sobre os temas Avaliação de Ciclo de vida, desenvolvimento sustentável, economia, custos, reciclagem de resíduos, energia renovável. Com relação as lacunas observaram-se que há necessidade de conceituar e diferenciar a Contabilidade Ambiental dos custos ou despesas ambientais. Custos ambientais são muito relacionados com a reciclagem de resíduos, sem apresentar outras relações com as demais tecnologias limpas.

Palavras Chave: *Environmental Cost, Clean Technology, Financial Indicators*

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente e sua conservação passou a ser contemplada por inúmeras ciências. É por isso que o papel da contabilidade tem se reforçado como fonte de informação e controle da atividade econômica, bem como na busca de respostas aos múltiplos problemas que o debate ambiental esboça (DÍAZ; ÁLVAREZ; BASTIDA; VÁZQUEZ *et al.*, 2022). Diante do rápido avanço tecnológico, do crescente conhecimento e das difíceis exigências das empresas e clientes, um sistema de informações contábeis é um instrumento essencial nas mãos dos gestores que buscam vantagem competitiva sustentável (ALBASTAKI; HAMDAN).

Nas mais diversas áreas do conhecimento contábil, a contabilidade fiscal atende aos requisitos legais e normas. Dentro destas áreas encontra-se a contabilidade de custos de maneira legal e gerencial (MARTINS, 2003). Quando a contabilidade de custos, sob um viés gerencial encontramos a contabilidade ambiental, onde os desafios estão muitas vezes no tratamento contábil dos custos ambientais dentro da empresa que, na grande maioria das vezes, difere da realidade. A ambiguidade do conceito de custos ambientais para os contadores também é uma preocupação significativa. Entender os custos ambientais como um dos pilares da sustentabilidade corporativa não deve ser apenas obrigação de prestação de contas, porém algo que precisa ser investido nos contadores, em todos os elementos da empresa (SUPRI *et al.*, 2020).

A importância de uma contabilidade Gerencial, se dá a partir do momento que se quer medir ou mensurar algo que na contabilidade convencional não se consegue capturar. Por exemplo, ao implantar tecnologias limpas, os custos podem ser registrados de maneira a não se ter o controle, sem se conseguir verificar a viabilidade econômica e/ou financeira.

O sistema ambiental energético deve ser abordado em sua totalidade, para que possamos conceber soluções sustentáveis que incorporem tanto o crescimento econômico quanto a conservação ambiental. Nenhuma fonte única de energia limpa sustentará a segurança energética a longo prazo, de forma que a uma tendência de que os combustíveis fósseis continuem proeminentes no mix de fontes de energia por várias décadas (KAUSHIKA; REDDY; KAUSHIK, 2016).

2. METODOLOGIA

A fim de entender as relações existentes tecnologias limpas e custos ambientais, verificando tendências e lacunas do conhecimento, foi realizada uma Revisão de Literatura. Para esta pesquisa bibliométrica as seguintes etapas foram seguidas:

Etapa 1 - Escolha da base de dados: A base *Scopus* foi escolhida, pela representatividade e relevância no meio acadêmico, sendo considerada o maior banco de dados de resumos e citações (ELSEVIER, 2022).

Etapa 2 - Período da pesquisa: A pesquisa foi realizada em agosto de 2022, considerando-se os últimos 5 anos de estudos publicados.

Etapa 3 - Termos de busca: A triagem foi realizada através do cruzamento dos termos de busca e foi generalizada em “*All Fields*”. As palavras-chave usadas foram: “*Financial Indicators*”, “*Clean Technology*” e “*Environmental Cost*”. Foi utilizado o conector “*AND*” para seleção dos documentos relacionados com a pesquisa.

Etapa 4 – Delimitação do tema de pesquisa: Após serem realizadas as buscas, delimitou-se o estudo ao cruzamento das palavras-chave “*Clean Technology*” e “*Environmental Cost*”. Chegando-se a um total de 278 documentos.

Etapa 5 - Tratamento dos dados quantitativos: Os 278 documentos encontrados foram analisados da seguinte forma:

- I) **Análise do título:** foram excluídos 251 documentos, que não tinham relação com o tema de pesquisa. Restando 24 documentos passaram por nova triagem.
- II) **Análise do resumo:** Após a análise dos 24 documentos restantes apenas 3 foram elegíveis para leitura completa por terem relação com o tema em questão.

Etapa 6 - Tratamento dos dados: Para tratar os dados de forma qualitativa, o *software VOSviewer* foi utilizado. Para isso foram usados os 278 documentos encontrados na busca inicial. O *VOSviewer* é uma ferramenta que possibilita a criação de gráficos em rede (“*Network visualization*”, “*Overlay Visualization*” e “*Density Visualization*”), possibilitando que o tema de pesquisa seja explorado de forma mais profunda (VAN ECK; WALTMAN, 2011). Para construção dos mapas em rede realizaram-se as seguintes etapas:

I - Seleção dos documentos encontrados a partir do cruzamento dos termos de busca “*Clean Technology*” e “*Environmental Cost*” na base de dados *Scopus*. Totalizando 278. Não havendo nenhuma exclusão devido a documentos duplicados.

II – No *VOSviewer* selecionou-se o mapeamento e agrupamento dos termos a partir dos dados bibliográficos.

III – A definição do método foi: análise por “*co-occurrence*”. Método de contagem, “*Full countain*”. Unidade de análise, “*Keywords*” (5).

IV – Visualização do resultado: Neste documento deu-se ênfase a análise dos gráficos, “*Network visualization*” e “*Density Visualization*”.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análise dos dados Bibliométricos

Inicialmente, esta pesquisa teve como intuito observar a relação entre tecnologias limpas utilizadas e seus custos. Através da revisão da literatura realizada, não foram encontrados documentos que relacionassem os termos. A Tabela 1 representa o número de documentos encontrados a partir do cruzamento dos termos de busca individuais, e por pares.

Tabela 1 – Número de documentos a partir dos termos de busca

	<i>Financial Indicators</i>	<i>Clean Technology</i>	<i>Environmental Costs</i>
<i>Financial Indicators</i>	2417	32	8
<i>Clean Technology</i>	-	27357	278
<i>Environmental Costs</i>	-	-	9587

A partir da leitura do título e do resumo dos 251 documentos foram excluídos por não terem relação com o objetivo da pesquisa. Após a leitura completa dos 24 documentos restantes, 21 foram por não terem relação com *clean technology* e *environmental costs*. A Tabela 2 mostra os três (3) documentos elegíveis que serão discutidos na sequência.

Tabela 2 – Título, autor(es), data de publicação e revista

	Título	Autor(es) / Data	Revista
1	<i>An integrated full cost model based on extended exergy accounting toward sustainability assessment of industrial production processes</i>	(MENG; HU; SUN; MO <i>et al.</i> , 2019)	<i>Clean Technologies and Environmental Policy</i>
2	<i>Life cycle assessment and costing methods for device procurement: Comparing reusable and single-use disposable laryngoscopes</i>	(SHERMAN; RAIBLEY IV; ECKELMAN, 2018)	<i>Anesthesia & Analgesia</i>
3	<i>DIDEM - An integrated model for comparative health damage costs calculation of air pollution</i>	(RAVINA; PANEPINTO; ZANETTI, 2018)	<i>Atmospheric Environment</i>

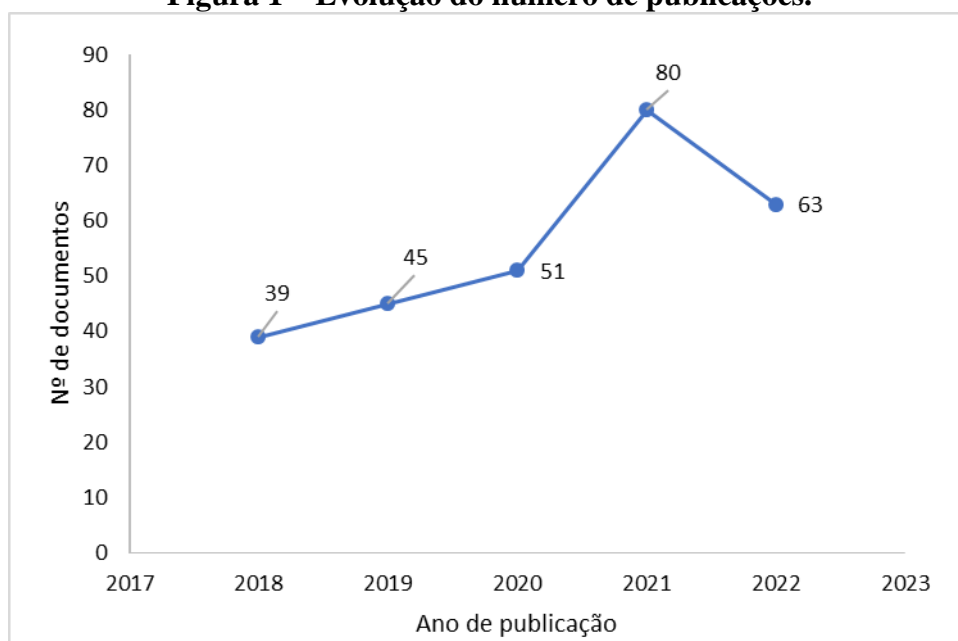
Analisando as publicações descritas na tabela 2, Meng, Hu, Sun, Mo *et al.*, (2019) elaboraram um estudo de caso, a partir da aplicação de um modelo aprimorado de custos ambientais integrado, em uma indústria de fabricação de aço na China. Para os autores, a avaliação econômica tradicional não reflete o nível de sustentabilidade na fabricação do produto por desconsiderar partes importantes do ecossistema. Neste sentido, as identificações de alguns custos podem ser ignoradas como por exemplo os efeitos da fabricação do aço na saúde humana, perda de biodiversidade e alto consumo de consumo de energia. O modelo considerou o custo real de produção, custo com recursos naturais, custo de recursos humanos e custos ambientais. O uso de tecnologias de produção mais adequadas e controles pré-estabelecidos podem auxiliar na redução do consumo de energia, na conscientização quanto à importância de reduzir o uso dos recursos naturais e a preservação do ecossistema (MENG; HU; SUN; MO *et al.*, 2019).

Já os autores Sherman, Raibley IV e Eckelman (2018) abordam em sua pesquisa a falta de conhecimento sobre os custos gerados por equipamentos médicos ao longo de sua vida útil (uso e descarte), como por exemplo: Quais os custos ambientais durante o uso (limpeza e manutenção)? Quais os custos do descarte adequado? Entre, fazer a desinfecção e reuso de um equipamento e usar um equipamento descartável, o que gera menos custos ambientais? Através do uso da metodologia Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) e Custo do Ciclo de Vida (LCC) de berço ao túmulo, foi possível interpretar os impactos ambientais e os custos gerados nas etapas de desinfecção e descarte o que auxiliou na tomada de decisão, resultando em sugestões e aplicação de melhorias na metodologia de uso e limpeza do equipamento estudado (SHERMAN; RAIBLEY IV; ECKELMAN, 2018).

Ravina, Penepinto e Zanetti (2018) levaram em consideração o risco causado pela poluição do ar à saúde humana. Sendo assim, o objetivo da pesquisa foi o de criar um modelo que auxiliasse estrategicamente na tomada de decisão a partir dos custos gerados ao sistema de saúde devido a poluição atmosférica. Para isso, uma técnica de modelagem foi utilizada com a finalidade de propor o cálculo de custos externos devido a este impacto, fazendo um comparativo entre dois cenários de emissões. O modelo proposto não se mostrou eficiente devido sua incerteza nos dados a necessidade de detalhamento maior da base de dados (RAVINA; PANEPINTO; ZANETTI, 2018).

Outros dados também foram obtidos a partir da pesquisa na base de dados *Scopus* tornando possível identificar o aumento de publicações relacionadas ao tema, a partir do ano de 2019. Sendo o pico de documentos publicados no ano de 2021 (80). A Figura 1 representa a evolução das publicações ao longo dos anos.

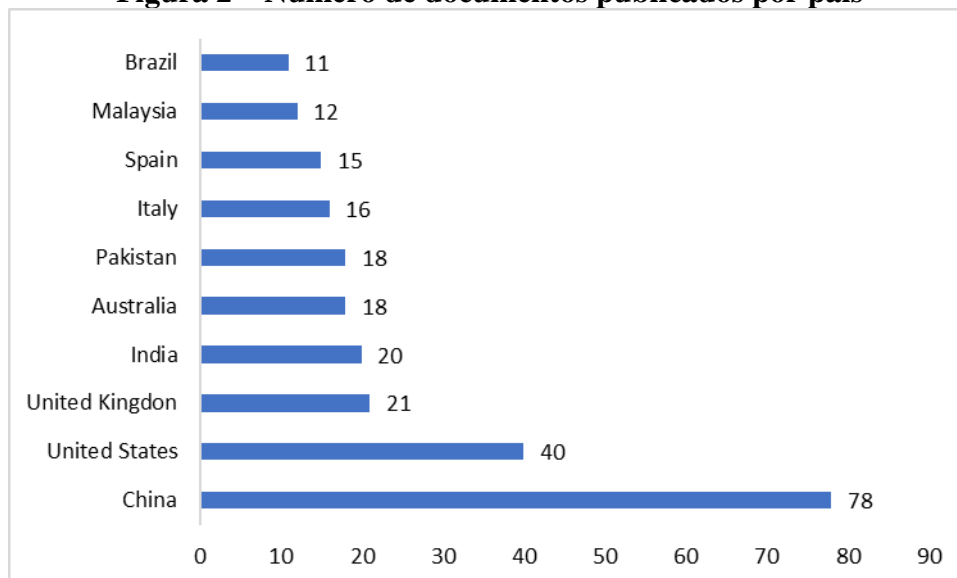
Figura 1 – Evolução do número de publicações.



Fonte: Base de dados *Scopus*. Acesso em: Agosto de 2022.

Dentre os dez países que mais possuem documentos publicados na área de estudo (Figura 2), são China (78 documentos) e Estados Unidos (40 documentos), seguidos por: Reino Unido (21 documentos), Índia (20 documentos), Austrália e Paquistão (18 documentos), Itália (16 documentos), Espanha (15 documentos), Malásia (12 documentos) e Brasil, empatado na décima posição com Alemanha e França (11 documentos).

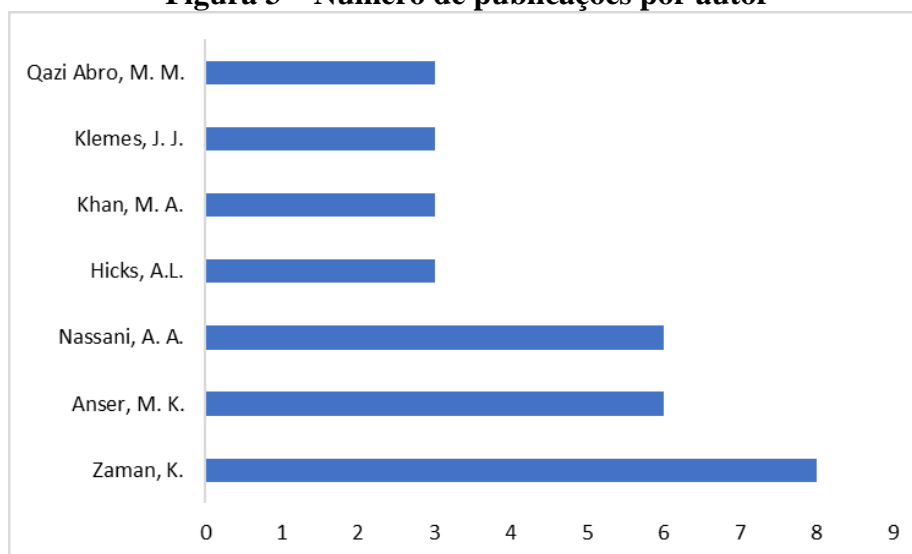
Figura 2 – Número de documentos publicados por país



Fonte: Base de dados *Scopus*. Acesso em: Agosto de 2022.

A fim de aprimorar a pesquisa identificou-se os autores que mais publicam sobre o tema abordado (Figura 3). Sendo eles: Zaman, K., (8 publicações), Anser, M. K. e Nassani, A. A. (6 publicações), seguidos por Hicks, A. L., Khan, M. A., Klemes, J. J. e Qazi, M. M. (3 documentos).

Figura 3 – Número de publicações por autor



Fonte: Base de dados *Scopus*. Acesso em: Agosto de 2022.

A partir da análise da Tabela 3 foi possível identificar os sete (7) documentos mais citados, seus autores e revistas em que os mesmos foram publicados. Destacamos que o documento “*A review on air emissions assessment: Transportation*”, publicado pela revista *Journal of Cleaner Production* e escrito pelos autores (FAN; PERRY; KLEMEŠ; LEE, 2018), foi o mais citado (164 citações). Outra observação foi a de que a revista *Journal of Cleaner Production* publicou 4 dos documentos mais citados.

Tabela 3 – Número de citações por documento

Título do documento	Autor(es) / Data	Nº de citações	Revista
<i>Impact of industry 4.0 on environmental sustainability</i>	(OLÁH; ABURUMMAN; POPP; KHAN <i>et al.</i> , 2020)	103	<i>Sustainability</i>
<i>A review of optimization and decision-making models for the planning of CO2 capture, utilization and storage (CCUS) systems</i>	(TAPIA; LEE; OOI; FOO <i>et al.</i> , 2018)	105	<i>Sustainable Production and Consumption</i>
<i>Integrating the environmental and social sustainability pillars into the lean and agile supply chain management paradigms: A literature review and future research directions</i>	(CICCULLO; PERO; CARIDI; GOSLING <i>et al.</i> , 2018)	114	<i>Journal of Cleaner Production</i>
<i>The circular economy in the construction and demolition waste sector – A review and an integrative model approach</i>	(LÓPEZ RUIZ; ROCA RAMÓN; GASSÓ DOMINGO, 2020)	124	<i>Journal of Cleaner Production</i>
<i>Exergy, environ–economic and economic analyses of a tubular solar water heater assisted solar still</i>	(BAIT, 2019)	133	<i>Journal of Cleaner Production</i>
<i>Flow regime aspects in determining environmental flows and maximising energy production at run-of-river hydropower plants</i>	(KURIQI; PINHEIRO; SORDO-WARD; GARROTE, 2019)	155	<i>Applied Energy</i>
<i>A review on air emissions assessment: Transportation</i>	(FAN; PERRY; KLEMEŠ; LEE, 2018)	164	<i>Journal of Cleaner Production</i>

Fonte: Base de dados *Scopus*. Acesso em: Agosto de 2022.

A revista *Journal of Cleaner Production* possui um *percentile* 98th (A1). Possui acesso aberto (Open Access) e está indexada a *Scopus* desde 1993. Suas publicações são focadas as áreas de *Business, Management and Accounting: Strategy and Management, Engineering: Building and Construction, Environmental Science: General Environmental Science, Engineering: Industrial and Manufacturing Engineering e Energy: Renewable Energy, Sustainability and the Environment* (*Scopus*, 2022).

3.2 Análise dos dados a partir do *VOSviewer*

A partir dos 278 documentos encontrados através da busca cruzada entre os termos “*clean technology*” e, “*environmental costs*”, foi realizada uma análise qualitativa. Para isso utilizamos o *software VOSviewer*. O primeiro gráfico analisado foi o “*Network Visualization*”, representado na Figura 4.

Figura 4 – *VOSviewer*: Rede de Visualização

Ambiental é, muitas vezes, confundida com custos ou despesas ambientais, o que não é verdade.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior -Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Os autores também agradecem ao CNPq (sob o processo 303934 / 2019-0) e a Fapergs, pelo apoio financeiro, à UNISC e ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental.

REFERÊNCIAS

ALBASTAKI, T. Y.; HAMDAN, A., **The Impact of Accounting Information System on the Organizations Financial Performance**. Springer. 41-50.

BAIT, O. Exergy, environ–economic and economic analyses of a tubular solar water heater assisted solar still. **Journal of Cleaner Production**, 212, p. 630-646, 2019. Article.

CICCULLO, F.; PERO, M.; CARIDI, M.; GOSLING, J. *et al.* Integrating the environmental and social sustainability pillars into the lean and agile supply chain management paradigms: A literature review and future research directions. **Journal of Cleaner Production**, 172, p. 2336-2350, 2018. Review.

DÍAZ, D. F.; ÁLVAREZ, M. E. Z.; BASTIDA, E. J. L.; VÁZQUEZ, M. R. *et al.* Procedimiento para integrar la contabilidad ambiental al sistema de información local y territorial. **Universidad y Sociedad**, 14, n. 3, p. 674-681, 2022.

FAN, Y. V.; PERRY, S.; KLEMEŠ, J. J.; LEE, C. T. A review on air emissions assessment: Transportation. **Journal of Cleaner Production**, 194, p. 673-684, 2018. Article.

KAUSHIKA, N. D.; REDDY, K. S.; KAUSHIK, K. **Sustainable energy and the environment: a clean technology approach**. Springer, 2016. 3319294466.

KURIQI, A.; PINHEIRO, A. N.; SORDO-WARD, A.; GARROTE, L. Flow regime aspects in determining environmental flows and maximising energy production at run-of-river hydropower plants. **Applied Energy**, 256, 2019. Article.

LÓPEZ RUIZ, L. A.; ROCA RAMÓN, X.; GASSÓ DOMINGO, S. The circular economy in the construction and demolition waste sector – A review and an integrative model approach. **Journal of Cleaner Production**, 248, 2020. Review.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. Atlas São Paulo, 2003.

MENG, W.; HU, B.; SUN, N.; MO, X. *et al.* An integrated full cost model based on extended exergy accounting toward sustainability assessment of industrial production processes. **Clean Technologies and Environmental Policy**, 21, n. 10, p. 1993-2004, 2019.

OLÁH, J.; ABURUMMAN, N.; POPP, J.; KHAN, M. A. *et al.* Impact of industry 4.0 on environmental sustainability. **Sustainability (Switzerland)**, 12, n. 11, 2020. Article.

RAVINA, M.; PANEPINTO, D.; ZANETTI, M. C. DIDEM-An integrated model for comparative health damage costs calculation of air pollution. **Atmospheric Environment**, 173, p. 81-95, 2018.

SHERMAN, J. D.; RAIBLEY IV, L. A.; ECKELMAN, M. J. Life cycle assessment and costing methods for device procurement: comparing reusable and single-use disposable laryngoscopes. **Anesthesia & Analgesia**, 127, n. 2, p. 434-443, 2018.

SUPRI, Z. et al. The reality of environmental cost concepts in corporate accountant interpretation. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**. IOP Publishing, 2020. p. 012041.

TAPIA, J. F. D.; LEE, J. Y.; OOI, R. E. H.; FOO, D. C. Y. *et al.* A review of optimization and decision-making models for the planning of CO₂ capture, utilization and storage (CCUS) systems. **Sustainable Production and Consumption**, 13, p. 1-15, 2018. Review.

VAN ECK, N. J.; WALTMAN, L. VOSviewer manual. **Manual for VOSviewer version**, 1, n. 0, 2011.