

Contabilidade de Custos de Fluxos de Material: Instrumento para Melhorias Ambientais em Cadeias de Suprimento

FABIO WALTER

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Resumo

Considerando a demanda por processos mais sustentáveis, cabe à academia divulgar ferramentas recentes e menos conhecidas para pesquisa e adoção empresarial. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho é apresentar as características da Contabilidade dos Custos de Fluxos de Material, que é um artefato da Contabilidade Ambiental pouco divulgado no Brasil e com um grande potencial para oportunizar melhorias ambientais nos processos produtivos. Adicionalmente, se discute como a CCFM pode trazer melhorias a cadeias de suprimento e o panorama das publicações sobre este instrumento no Brasil.

Palavras Chave

Contabilidade de Custos de Fluxos de Material, Cadeias de Suprimento, Contabilidade Ambiental

CONTABILIDADE DOS CUSTOS DE FLUXOS DE MATERIAL: INSTRUMENTO PARA MELHORIAS AMBIENTAIS EM CADEIAS DE SUPRIMENTO

1 INTRODUÇÃO

A filosofia da Produção Enxuta de “guerra” aos desperdícios revolucionou a manufatura mundial na segunda metade do último século, tornando-a mais eficiente em termos de custos e qualidade. Posteriormente, preocupações ambientais também passaram a fazer parte da ordem do dia da Administração de Operações, o que se reflete em conceitos como, por exemplo, a “Ecoeficiência”, a qual tem chamado a atenção de gestores para a relevância dos fluxos de materiais, tanto no que se refere ao desempenho ecológico, quanto ao econômico (Christ; Burritt, 2015; Schaltegger; Zvezdov, 2015).

Os crescentes custos com manuseio, armazenamento e descarte de desperdícios têm demandado mais eficiências relacionadas à gestão de materiais (Schaltegger; Zvezdov, 2015). Além disso, com o crescimento populacional e a demanda acrescida por recursos finitos, em face de um suprimento limitado, há um crescente interesse pelo desenvolvimento de ferramentas que apoiem altos níveis de produtividade, enquanto simultaneamente diminuem o uso de recursos e os impactos ambientais adversos (Christ; Burritt, 2015).

Visando apoiar medidas de redução de desperdícios com materiais, foi desenvolvida a Contabilidade dos Custos de Fluxos de Material (CCFM). O trabalho conceitual e empírico é impulsionado por uma ideia simples: combinar informações físicas e monetárias de desempenho com a redução de desperdícios e uma consequente melhor eficiência no uso dos recursos, também melhorando o desempenho ambiental e econômico (Schaltegger; Zvezdov, 2015). Com a CCFM, a transparência dos fluxos de materiais cresce consideravelmente, as ineficiências relacionadas ao consumo de materiais e energia são reveladas e os custos ocultos são descobertos (Walz; Guenther, 2020) e, assim, a CCFM pode ser também considerada como um avanço da Produção Enxuta (May; Guenther, 2020).

A quantificação dos resultados econômicos da “produção de perdas” deve motivar gestores e engenheiros a repensar os processos de produção e a reduzir o uso geral de material e energia por meio da eficiência produtiva. A motivação presente é principalmente econômica, mas a redução do uso de recursos e de emissões não intencionais serve também como um objetivo ambiental (Schmidt; Götze; Sygulla, 2015), que contribui também para o alcance dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (Kokubu *et al.*, 2023).

A CCFM foi continuamente aperfeiçoada até que a correspondente norma ISO 14051:2011 viesse a ser publicada, convertida posteriormente pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013) na equivalente NBR ISO 14051:2013. Posteriormente, a norma ISO 14052:2017 veio a ser publicada (International Organization for Standardization, 2017), oferecendo diretrizes para aplicação da CCFM em cadeias de suprimento.

Considerando a demanda incessante por processos mais sustentáveis nas organizações, cabe à academia continuamente divulgar ferramentas recentes e menos conhecidas para pesquisa e adoção empresarial. Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho é apresentar as características da Contabilidade dos Custos de Fluxos de Material (CCFM), que é um artefato da Contabilidade Ambiental pouco divulgado no Brasil e com um grande potencial para oportunizar melhorias ambientais nos processos produtivos. Adicionalmente, se discute como a CCFM pode trazer melhorias a cadeias de suprimento e o panorama das publicações sobre este instrumento no Brasil.

Este ensaio se caracteriza por ter uma abordagem descritiva e qualitativa, por meio de uma revisão narrativa da literatura, com o uso de artigos encontrados na base Scopus. Adicionalmente, se utilizaram as bases Spell, Scielo e Google Scholar para uma busca adicional de trabalhos, assim como os bancos de teses e dissertações do IBICT e CAPES.

2 FUNDAMENTAÇÃO E DISCUSSÃO

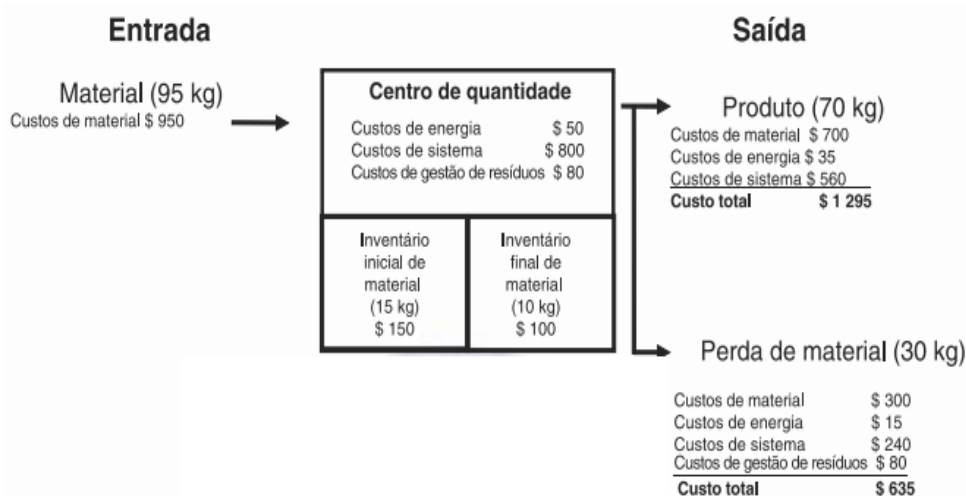
2.1 A CONTABILIDADE DOS CUSTOS DE FLUXOS DE MATERIAL

A Contabilidade dos Custos de Fluxos de Material (CCFM) foi desenvolvida pelo *Institut für Management und Umwelt* (tradução: “Instituto de Gestão e Meio Ambiente), em Augsburg (Alemanha), no final dos anos 90 (Schmidt; Götze; Sygulla, 2015). Seu conceito básico foi levado ao Japão na virada do atual século, despertando um grande interesse neste país (Nakajima; Kimura; Wagner, 2015), cujo governo incentivou a indústria a adotá-lo (Kokubu; Kitada, 2015), de forma a melhorar sua eficiência e sua competitividade. Tanto a Alemanha quanto o Japão têm uma indústria impulsionada pela eficiência e pela tecnologia, o que lançou as bases para o desenvolvimento e a difusão da CCFM nestes países (Schaltegger; Zvezdov, 2015). Atualmente, muitas empresas na Europa, Estados Unidos e Japão utilizam o método MFCA, sendo o Japão o mais ativo e bem-sucedido (Wang; Tang; Shen, 2023).

A Contabilidade dos Custos de Fluxos de Material - em inglês: “Material Flow Cost Accounting” (MFCA) - é, originalmente, um método de custeio desenvolvido para auxiliar a gestão da produção de indústrias manufatureiras. A CCFM mapeia os fluxos de recursos físicos envolvidos (materiais e, eventualmente, energia e/ou emissões) nos processos de manufatura, visando apoiar o custeio dos recursos (1) usados no produto final, (2) desperdiçados ou (3) reciclados para uso posterior. Além do custeio, as informações servem de base para a medição dos impactos ambientais. Os desperdícios identificados devem então subsidiar análises de melhorias, tanto do ponto de vista econômico (custo) quanto ambiental.

A CCFM é baseada no princípio do balanço material, implicando que a quantidade de materiais introduzidos deve ser consistente com a soma dos produtos e perdas de material (desperdícios). Na análise, traçam-se inicialmente os fluxos no processo de manufatura e identifica-se o local e a quantidade da perda de material gerada (Kokubu; Kitada, 2015). No cálculo dos custos, não apenas os custos dos materiais introduzidos e as perdas de material são alocados aos produtos, mas também os custos de processamento, tais como os de mão de obra e os de depreciação, por exemplo (Figura 1).

Figura 1 – Cálculo do custo em um centro de quantidade



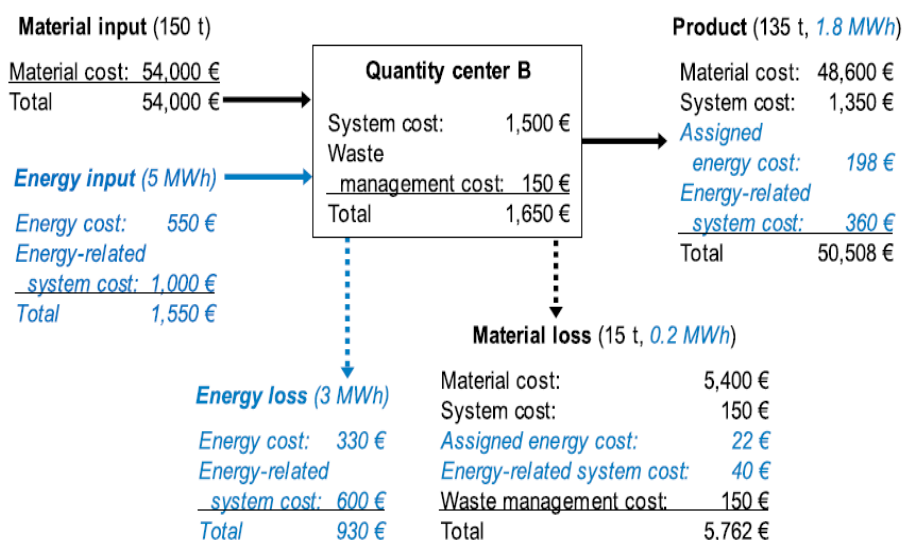
Fonte: ABNT (2013, p. 7)

A CCFM assume que os custos de processamento de materiais desperdiçados necessitam ser explicitados como custos das perdas de materiais. Consequentemente, o desperdício (perda de material) é reconhecido como um “outro” produto. Além dos custos de materiais e de processamento, os custos de descarte de desperdícios são, consequentemente, acrescidos ao custo do desperdício.

A modelagem assim realizada do fluxo de materiais, com a correspondente identificação dos custos dos produtos e desperdícios, proporciona um detalhamento não permitido pelos métodos tradicionais de contabilidade de custos, os quais costumam agregar custos “eficientes” e desperdícios conjuntamente no custo total de produção (custeio integral). Esta quantificação dos desperdícios possibilita então identificar onde ações de melhoria devem ser priorizadas.

A modelagem e o custeio deste fluxo de materiais também podem ser realizados para análise do consumo (e de desperdícios) de energia elétrica, visando análises para sua redução (Schmidt; Götze; Sygulla, 2015), como representado na Figura 2.

Figura 2 – Representação de um modelo de fluxos e custos



Fonte: Bierer *et al.* (2015, p. 8)

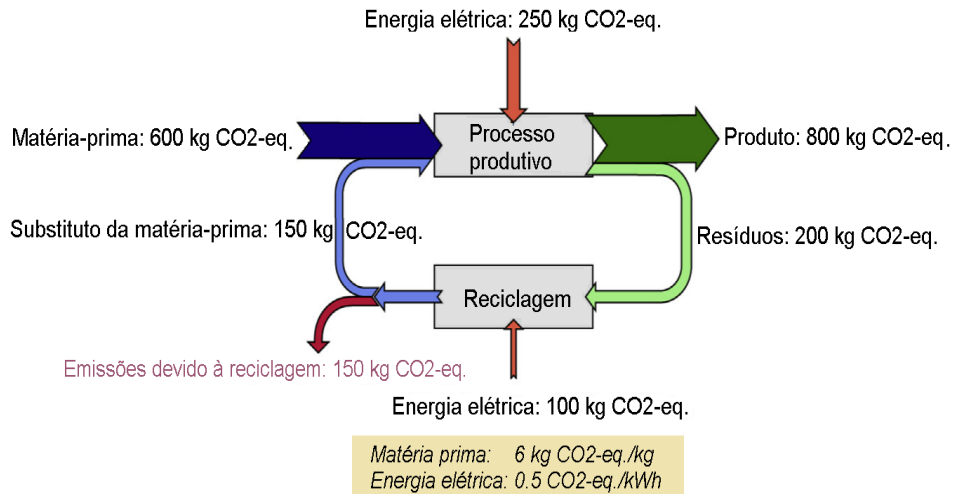
Além disso, a CCFM pode ser utilizada para se analisar, também, impactos ambientais. A Figura 3 representa o balanço de emissões (em CO₂-eq. – dióxido de carbono equivalente) dos fluxos envolvidos em um determinado processo que utiliza, além da matéria-prima, material oriundo de reciclagem. Tal análise permite subsidiar alterações no processo, de forma a buscar menores efeitos ambientais.

Christ e Burritt (2015) afirmam que, de forma resumida, a CCFM pode servir a diferentes propósitos, incluindo:

- Identificação e compreensão de áreas de ineficiência;
- Melhoria da eficiência e redução de custos diretos de materiais;
- Redução da quantidade de desperdício e do impacto ecológico;
- Redução de outros custos de manufatura (p. ex. manuseio de desperdícios, custos de tratamento e da infraestrutura associada);
- Custeio mais acurado de produtos;

- Incentivos à inovação;
- Melhoria da comunicação interdepartamental, no que se refere ao uso de recursos, e
- Melhoria do controle de gestão.

Figura 3 - Representação do Fluxo de Emissões com base na CCFM



Fonte: Adaptado de Viere, Möller e Schmidt (2010, p. 207)

O desenvolvimento progressivo da CCFM e a crescente escassez de recursos não renováveis, assim como os impactos industriais massivos das perdas materiais na produção industrial, levaram à aplicação da CCFM em diferentes setores (Dierkes; Siepelmeyer, 2019). Uma meta-análise da literatura sobre a CCFM (Walz; Guenther, 2020) concluiu que a grande maioria dos estudos descreve aspectos positivos, incluindo ganhos na transparência de processos, melhores bases para custeio e eventuais reduções de custos e mensuração de melhorias. A abordagem sistemática da CCFM em relação à redução de materiais é descrita como uma das forças particulares deste método e, quaisquer que sejam os motivos para aplicação da CCFM, os resultados demonstraram melhorias econômicas e ecológicas.

Enquanto a CCFM tem sido aplicada principalmente para otimizar os fluxos de materiais dentro das empresas, com o propósito de apoiar decisões ecoeficientes, observou-se um crescimento do interesse em como as técnicas da CCFM poderiam ser estendidas à gestão da cadeia de suprimento (Christ; Burritt, 2015), onde se esperava encontrar até mesmo maiores potencialidades para redução de carbono através da otimização sinérgica e cooperação dentro da rede de suprimento (Nakajima; Kimura; Wagner, 2015). Por fim, a ISO reconheceu a importância das análises da CCFM em cadeia de suprimentos, levando à introdução da norma ISO 14052:2017 (International Organization for Standardization, 2017).

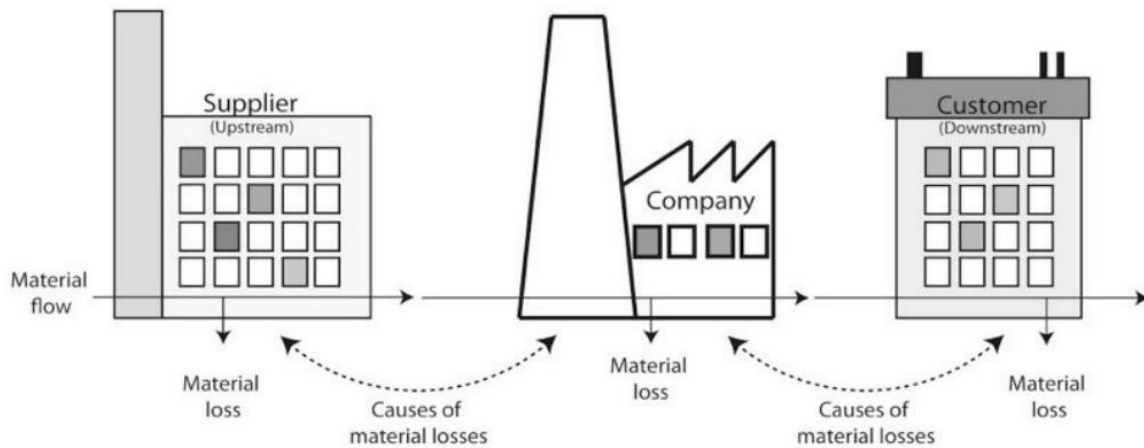
2.2 A CCFM em Cadeias de Suprimentos

A norma ISO 14052:2017 visa fornecer orientação para a implementação prática da CCFM em uma cadeia de suprimentos. Em princípio, a CCFM pode ser aplicado como uma ferramenta da contabilidade de gestão ambiental na cadeia de suprimento, tanto a montante como a jusante da cadeia, e pode ajudar a desenvolver uma abordagem integrada para melhorar a eficiência dos materiais e da energia na cadeia de abastecimento (International Organization for Standardization, 2017).

A aplicação dos princípios da CCFM em cadeias de suprimentos se justificaria, por exemplo, na medida em que o uso de materiais na produção é sempre precedido por fornecedores, assim, reduzir o fluxo de materiais desperdiçados em cada empresa levaria a reduções dos fluxos na cadeia de suprimento como um todo, podendo-se gerar substanciais melhorias ambientais em muitas empresas e países (Burritt; Schaltegger, 2015).

A norma ISO 14052:2017 (International Organization for Standardization, 2017) reforça que, em comparação com a implementação da CCFM dentro de uma empresa, a colaboração entre duas ou mais organizações em uma cadeia de suprimento pode obter uma maior redução das perdas totais de materiais ao longo da cadeia de suprimento (Figura 4).

Figura 4 — Compreendendo as perdas materiais na cadeia de suprimentos

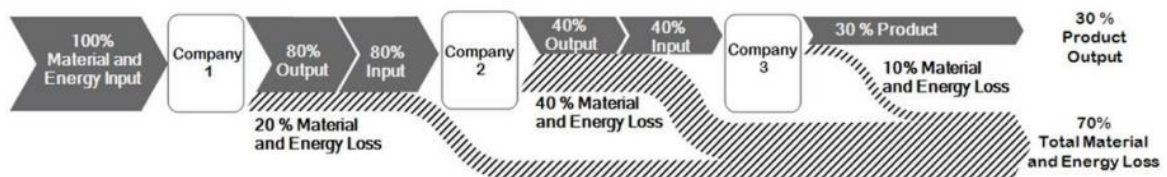


Fonte: International Organization for Standardization (2017, p. 2)

Conforme a norma, em um processo *a montante* na cadeia de suprimentos as perdas de material devem-se a várias causas (p. ex. dimensões ou variações na qualidade dos materiais fornecidos), e, em um processo *a jusante*, as perdas de material podem se dever a um grau excessivo de precisão (projeto e especificações) ou um padrão excessivo de qualidade exigido pelo cliente. Se as organizações *a montante* souberem como seus produtos são usados no processo *a jusante*, elas podem ter a oportunidade de propor projetos colaborativos para melhorar a eficiência geral do material, da energia ou das emissões relacionadas (International Organization for Standardization, 2017).

A importância da CCFM em cadeias de suprimentos se justifica em situações em que as perdas totais de materiais sejam bem significantes, como ilustrado na situação da Figura 5, em que estas chegam a 70% dos recursos de entrada.

Figura 5 – Perdas cumulativas na cadeia de suprimentos

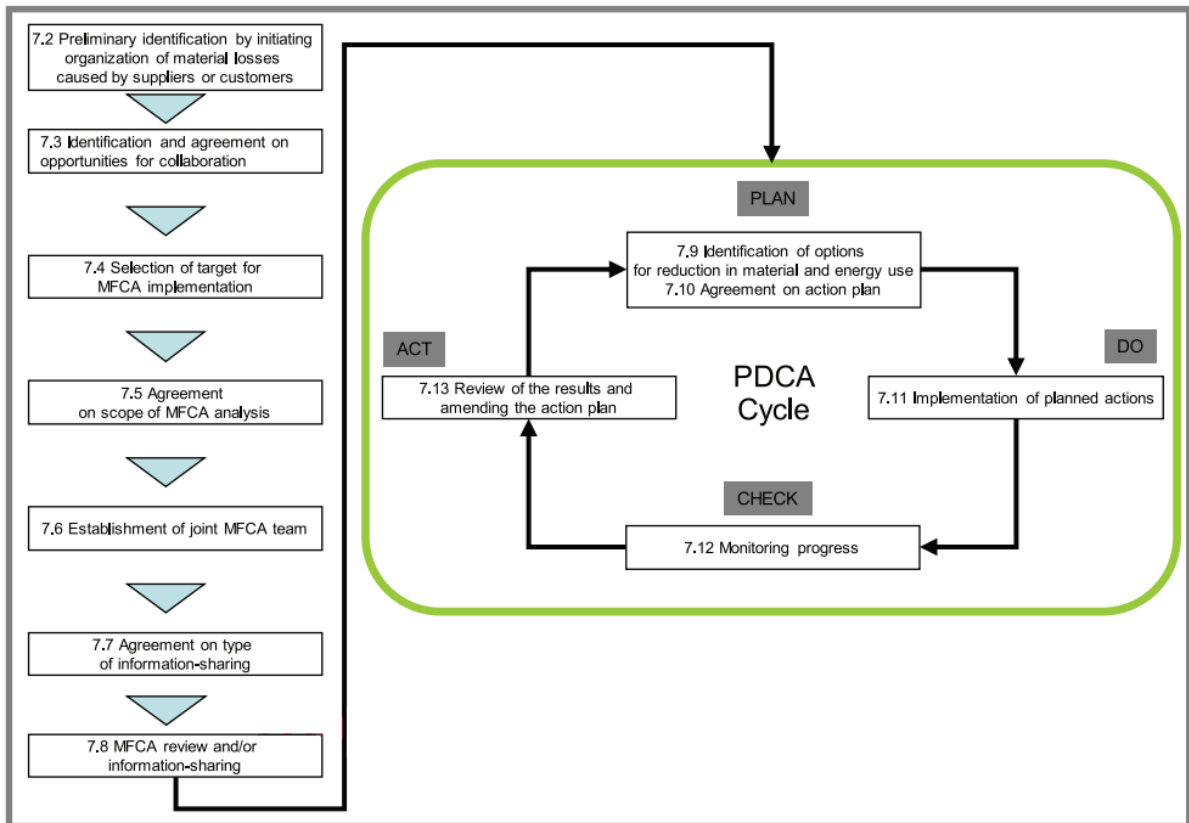


Fonte: International Organization for Standardization (2017, p. 3)

Enquanto a norma ISO 14052 (International Organization for Standardization, 2017) destaca 4 princípios para aplicações bem sucedidas da CCFM em cadeias de suprimentos – comprometimento, confiança, colaboração e benefícios compartilhados -, ela também destaca a importância do compartilhamento de informações entre os membros da cadeia.

Um esquema dos passos necessários para implementação da CCFM em cadeias de suprimento também é fornecido pela norma 14052 (International Organization for Standardization, 2017), em forma de um ciclo PDCA, como representado na Figura 6.

Figura 6 - Ciclo PDCA para implementar a CCFM na cadeia de suprimentos



Fonte: International Organization for Standardization (2017, p. 5)

Ao revisar estudos de caso de implementação da CCFM, Walz e Guenther (2020) encontraram relatos das empresas de que, por meio de sua implementação, elas (1) identificaram novas áreas para melhorar a eficiência de materiais nas cadeias de suprimentos, (2) puderam identificar melhorias de uma forma sistemática em cadeias de suprimentos, e (3) imaginaram que a CCFM precisaria ser expandida ao longo de toda a cadeia de suprimento. Sendo assim, há ainda muitas oportunidades, ainda, na prática e pesquisa sobre a aplicação da CCFM em cadeia de suprimentos.

2.3 A CCFM NO BRASIL

Considerando-se a necessidade de a academia brasileira compreender e divulgar os mais recentes avanços em tecnologias ambientais, é natural que se encontrem publicações relatando a implementação da CCFM no Brasil.

O presente trabalho realizou, em setembro/2023, uma busca por publicações sobre o tema em bancos de teses (CAPES e IBICT), assim como nas bases Google Scholar, Scielo e

Spell, e encontrou um único trabalho relatando a aplicação da CCFM no Brasil, mais especificamente, uma tese (Rocha, 2022) abordando sua implantação em uma gráfica em Teresina/PI.

Além desta, foram encontradas apenas algumas dissertações e teses (Cunha, 2017; Garcia, 2014; Rino, 2016) citando a norma ABNT ISO NBR 14051 como uma das diversas que compõem o conjunto de normas ISO 14000, e breves e pontuais explanações sobre a CCFM em alguns sítios de acadêmicos e consultorias.

Tal pontual resultado corrobora os resultados de Tran e Herzig (2020), que, revisando a literatura publicada, em 5 bases de pesquisa, entre 2008 a 2018 sobre aplicações da CCFM em países em desenvolvimento, não encontraram nenhum trabalho realizado na América Latina. Sendo assim, verifica-se uma imensa lacuna acadêmica relacionada à pesquisa, divulgação e implantação da CCFM em nosso país.

3 CONCLUSÃO

A adoção das mais avançadas tecnologias voltadas à redução de emissões e do consumo de matérias-primas é imperativo no mundo atual, em que o aquecimento global e suas consequências não podem mais ser ignorados. É de se esperar, assim, que tecnologias como a CCFM não sejam mais desconsiderados pela pesquisa brasileira, na medida em que, além de utilizados pela contabilidade gerencial, permitem a orientação de melhorias ambientais pelas indústrias.

Contudo, encontrou-se pelo presente levantamento apenas uma obra (Rocha, 2022) sobre a utilização da CCFM no Brasil, o que sugere um desconhecimento da CCFM em nosso país, apesar de existir, inclusive, a norma técnica NBR ISO 14051:2013 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013) detalhando o método. Sem o envolvimento da academia, possivelmente não haverá como transferir este conhecimento de forma massiva ao setor industrial, onde os ganhos ambientais haveriam de ser realizados.

Atualmente, observam-se discussões sobre a contribuição da CCFM no contexto da Economia Circular (Nishitani *et al.*, 2022; Pauliuk, 2018; Zhou *et al.*, 2017), oportunizando-se novas avenidas de discussão sobre esta ferramenta. Outra abordagem recente é a CCFM em pesquisas sobre o desperdício de alimentos (*food waste*) (p. ex., Amicarelli; Roe; Bux, 2022; Christ; Burritt, 2017; May; Guenther, 2020; Pinto *et al.*, 2022), sendo que a pesquisa sobre este se disseminou, tornando-se uma das preocupações mais atuais entre os pesquisadores ambientais e de sustentabilidade (Bux; Amicarelli, 2022).

Observa-se, por fim, que a Contabilidade de Custos de Fluxos de Material se encontra no escopo de diversas áreas acadêmicas, como a Administração da Produção e da Cadeia de Suprimentos, a Contabilidade Gerencial, a Engenharia Econômica e a Gestão Ambiental, assinalando a oportunidade de muitas contribuições por parte de pesquisadores brasileiros em demandas atuais de investigação, oportunizando-se benefícios à sociedade quando de sua aplicação.

REFERÊNCIAS

AMICARELLI, V.; ROE, B. E.; BUX, C. Measuring food loss and waste costs in the Italian potato chip industry using material flow cost accounting. **Agriculture**, [s. l.], v. 12, n. 523, 2022. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture12040523>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2077-0472/12/4/523>. Acesso em: 30 set. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14051**: Gestão ambiental - Contabilidade dos custos de fluxos de material - Estrutura geral. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BIERER, A. *et al.* Integrating life cycle costing and life cycle assessment using extended material flow cost accounting. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, part B, p. 1289-1301, dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.036>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261400859252614008592>. Acesso em: 12 set. 2023.

BUX, C.; AMICARELLI, V. Material flow cost accounting (MFCA) to enhance environmental entrepreneurship in the meat sector: challenges and opportunities. **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 313, jul. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479722005746>. Acesso em: 30 set. 2023.

BURRITT, R. L.; SCHALTEGGER, S. Accounting towards sustainability in production and supply chains. **The British Accounting Review**, Melbourne, v. 46, n. 4, p. 327-343, dez. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bar.2014.10.001>. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0890838914000626>. Acesso em: 12 set. 2023.

CHRIST, K. L.; BURRITT, R. L. ISO 14051: A new era for MFCA implementation and research. **Revista de Contabilidade**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 1-9, 2016. DOI: <https://10.1016/j.rcsar.2015.01.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1138489115000163>. Acesso em: 8 set. 2023.

CHRIST, K. L.; BURRITT, R. L. Material flow cost accounting: a review and agenda for future research. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, part B, p. 1378-1389, dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.005>. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614009354>. Acesso em: 8 set. 2023.

CHRIST, K. L.; BURRITT, R. L. Material flow cost accounting for food waste in the restaurant industry. **British Food Journal**, [s. l.], v. 119, n. 3, p. 600-612, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1108/BFJ-07-2016-0318>. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/BFJ-07-2016-0318/full/html>. Acesso em: 30 set. 2023

CUNHA, A. S. R. **Cenários para a demanda por acreditação no Brasil em 2030**: Uma perspectiva para a área ambiental. Dissertação (Mestrado em Metrologia e Qualidade) - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia, Rio de Janeiro, 2017.

DIERKES, S.; SIEPELMEYER, D. Production and cost theory-based material flow cost accounting. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 235, p. 483-492, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.212>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619321730>. Acesso em: 13 set. 2023.

GARCIA, M. F. **Utilização das normas da série ISO 14000 para a implementação, manutenção e melhoria de um sistema de gestão ambiental: análise da percepção por parte de organizações.** Dissertação (Mestrado em Sistema de Gestão) – Escola de Engenharia, Universidade Federal Fluminense, 2014.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 14052:** Environmental management - Material flow cost accounting - Guidance for practical implementation in a supply chain. Geneve: ISO, 2017.

KOKUBU, K. *et al.* How material flow cost accounting contributes to the SDGs through improving management decision-making. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, [s. l.], v. 25, n. 5, p. 2783-2793, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10163-023-01696-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10163-023-01696-7>. Acesso em: 9 set. 2023.

KOKUBU, K.; KITADA, H. Material flow cost accounting and existing management perspectives. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, part B, p. 1279-1288, dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.037>. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614008609>. Acesso em: 8 set. 2023.

MAY, N.; GUENTHER, E. Shared benefit by Material Flow Cost Accounting in the food supply chain - The case of berry pomace as upcycled by-product of a black currant juice production. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 245, fev. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118946>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619338168>. Acesso em: 30 set. 2023.

NAKAJIMA, M.; KIMURA, A.; WAGNER, B. Introduction of material flow cost accounting (MFCA) to the supply chain: a questionnaire study on the challenges of constructing a low-carbon supply chain to promote resource efficiency. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, part B, p. 1302-1309, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.044>. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010865>. Acesso em: 8 set. 2023.

NISHITANI, K. *et al.* Material flow cost accounting (MFCA) for the circular economy: An empirical study of the triadic relationship between MFCA, environmental performance, and the economic performance of Japanese companies, **Journal of Environmental Management**, [s. l.], v. 303, fev. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114219>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479721022817>. Acesso em: 30 set. 2023.

PAULIUK, S. Critical appraisal of the circular economy standard BS 8001:2017 and a dashboard of quantitative system indicators for its implementation in organizations. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 129, p. 81-92, fev. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.019>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344917303531>. Acesso em: 30 set. 2023.

PINTO, S. M. *et al.* Environmental and economic assessment of food additive production from mushroom bio-residues. **Cleaner Environmental Systems**, [s. l.], v. 6, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2022.100083>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666789422000149>. Acesso em: 30 set. 2023.

RINO, C. A. F. **Relação entre a certificação pela norma NBR ISO 14001 e a ocorrência de penalidades ambientais em organizações do estado de São Paulo**. Tese (Doutorado em Engenharia Urbana) – Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2016.

ROCHA, J. S. **Contabilidade de Custos de Fluxo de Materiais em Indústria de Teresina - PI com base na Norma 14051:2022**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Centro de Ciências da Natureza, Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2022.

SCHALTEGGER, S., ZVEZDOV, D. Expanding material flow cost accounting. Framework, review and potentials. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, part B, p. 1333-1341, dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.040>. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614008634>. Acesso em: 8 set. 2023.

SCHMIDT, A.; GÖTZE, U.; SYGULLA, R. Extending the scope of Material Flow Cost Accounting – methodical refinements and use case. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, part B, p. 1320-1332, dez. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.039>. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010816>. Acesso em: 9 set. 2023.

TRAN, T. T.; HERZIG, C. Material flow cost accounting in developing countries: a systematic review. **Sustainability**, Basel, v. 12, n. 13, p. 1-18, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12135413>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/13/5413>. Acesso em: 9 set. 2023.

VIERE, T.; MÖLLER, A.; SCHMIDT, M. Methodische Behandlung interner Materialkreisläufe in der Materialflusskostenrechnung. **Umweltwirtschaftsforum**, [s. l.], v. 18, p. 203-208, dez. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00550-010-0187-3>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00550-010-0187-3>. Acesso em: 13 set. 2023.

WALZ, M.; GUENTHER, E. What effects does material flow cost accounting have for companies? Evidence from a case studies analysis. **Journal of Industrial Ecology**, [s. l.], v. 25, p. 593–613, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/jiec.13064>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/jiec.13064>. Acesso em: 9 set. 2023.

ZHOU, Z. *et al.* MFCA extension from a circular economy perspective: model modifications and case study, **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 149, p. 110-125, abr. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.049>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617302536>. Acesso em: 30 set. 2023.

WANG, J.-Z.; TANG, Y.-C.; SHEN, Y.-H. Prioritizing the acid leaching system of spent SmCo magnets through material flow cost accounting and carbon emission analysis, **Journal**

of Cleaner Production, [s. l.], v. 417, set. 2023. DOI:
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.138064>. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652623022229>. Acesso em: 30 set.
2023.