



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE**



**Doutorado em Desenvolvimento
e Meio Ambiente**

**Associação Plena
em Rede**



JOSÉ SANTANA DA ROCHA

**CONTABILIDADE DE CUSTOS DE FLUXO DE MATERIAIS EM INDÚSTRIA DE
TERESINA – PI COM BASE NA NORMA ISO 14051**

**Teresina
2022**

JOSÉ SANTANA DA ROCHA

**CONTABILIDADE DE CUSTOS DE FLUXO DE MATERIAIS EM INDÚSTRIA DE
TERESINA - PI COM BASE NA NORMA ISO 14051**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí, como requisito à obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de concentração: Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Linha de Pesquisa: Relações Sociedade-Natureza e Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. José Machado Moita Neto.

Coorientador: Prof. Dr. João Batista Lopes.

**Teresina
2022**

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Sistema de Bibliotecas da UFPI – SIBI/UFPI
Biblioteca Setorial do CCN

R672c Rocha, José Santana da.
Contabilidade de custos de fluxo de materiais em indústria de Teresina / José Santana da Rocha. – 2022.
134 f. : il.

Tese (Doutorado em Rede) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Natureza, Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA, Teresina, 2022.
“Orientador: Prof. Dr. José Machado Moita Neto.”
Coorientador: Prof. Dr. João Batista Lopes.

1. Contabilidade Ambiental. 2. Contabilidade. 3. Custos de Fluxo de Material - CCFM. I.Moita Neto, José Machado. II.Titulo.

CDD 657

Bibliotecária: Caryne Maria da Silva Gomes – CRB / 1461

JOSÉ SANTANA DA ROCHA

CONTABILIDADE DE CUSTOS DE FLUXO DE MATERIAIS EM INDÚSTRIA DE TERESINA - PI COM BASE NA NORMA ISO 14051

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí, como requisito à obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Área de concentração: Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Linha de Pesquisa: Relações Sociedade-Natureza e Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. José Machado Moita Neto.

Coorientador: Prof. Dr. João Batista Lopes.

Aprovada em 03 de agosto de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. José Machado Moita Neto (UFPI/UFDPar)
(Orientador)

Prof. Dr. Paulo Henrique Franco Rocha (IFMA)
Examinador Externo à UFPI

Prof. Dr. Luciano Brito Rodrigues (PRODEMA-UESC/UESB)
Examinador Externo à UFPI

Prof. Dr. Mário Ângelo de Meneses Sousa (UFPI)
Examinador Interno à UFPI

Prof. Dr. Marcos Antônio Tavares Lira (PRODEMA/UFPI)
Examinador Interno ao Curso

Dedico este trabalho à minha amada esposa Jartenízia Dias de Carvalho, ao meu querido filho Matheus Dias da Rocha, aos meus avós maternos, Maria Santana da Rocha e Raimundo Ribeiro da Rocha (*In Memoriam*), às minhas mães Rosenildes Santana da Rocha e Maria José Santana da Rocha (biológica), meus grandes exemplos de força, luta e humildade.

AGRADECIMENTOS

GRATIDÃO! Primeiramente, ao meu Deus todo poderoso! Minha inspiração, coragem e exemplo de humildade.

À Universidade Federal do Piauí, que tenho como minha segunda família.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Machado Moita Neto, pela confiança no meu trabalho, pelo respeito, por me ensinar, pela compreensão e pelos sábios conselhos sempre que o procurei para conversar.

Ao meu coorientador e amigo, Prof. Dr. João Batista Lopes pelos valorosos e indispensáveis ensinamentos e conselhos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - REDE (PRODEMA), por ter colaborado e me apoiado em todos os momentos desta pesquisa visando à minha capacitação para um melhor desempenho das atividades.

Aos professores e professoras do PRODEMA/UFPI e demais funcionários, pelo aprendizado, parceria e toda a colaboração dispensada a mim.

Aos membros da banca examinadora (titulares e suplentes), que muito contribuíram para a qualidade deste material.

Aos colegas da turma 2019/2023 do doutorado e 2019/2021 do mestrado pela amizade e ajuda incondicional.

Aos meus familiares e amigos, pelo amor, incentivo e apoio.

E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esta pesquisa pudesse ser concluída com êxito. O meu muito obrigado!

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota”.

(Theodore Roosevelt).

RESUMO

A busca por tecnologias e/ou ferramentas que proporcionam produções industriais mais sustentáveis sob o ponto de vista econômico e ambiental, simultaneamente, tem sido cada vez mais frequente e indispensáveis nos diversos sistemas integrados de produção industrial. Dentre as ferramentas que integram a contabilidade da gestão ambiental encontra-se a Contabilidade dos Custos de Fluxo de Material (CCFM), que rastreia os fluxos produtivos industriais por meio da quantificação física e monetária das matérias primas e insumos utilizados, com foco nas perdas de materiais advindas da produção a fim de fornecer informações úteis, que visem a redução dos custos corporativos e ambientais ao mesmo tempo, gerando benefícios econômicos e ambientais para a organização. Esta pesquisa, foi desenvolvida com o objetivo geral de analisar a aplicabilidade da norma ABNT NBR ISO 14051 na realidade de microempresa do ramo industrial gráfico de Teresina - Piauí. Constatou-se que a ciência contábil está se moldando cada vez mais a regras internacionalmente aceitas. Dentre tais regramentos destaca-se um novo campo do saber desta ciência social, a contabilidade ambiental, que vem desempenhando papel de destaque no que se refere a prestação de informações ambientais úteis para tomada de decisões estratégicas nas organizações. No que se refere a CCFM, apesar do crescimento emergente da literatura, evidenciou-se que esta ferramenta vem sendo utilizada de forma tímida e pontual no mundo (ISO 14051 Material flow cost accounting). O continente asiático tem se destacado em estudos a implementação desta ferramenta, especialmente no Japão, um dos principais idealizadores da CCFM juntamente com a Alemanha. Os resultados da aplicação da CCFM em uma microempresa do ramo industrial gráfico situada no município de Teresina (PI), demonstrou que é possível a aplicabilidade e adaptação da norma para este tipo de indústria. Constatou-se que 41,6% de toda produção analisada estava sendo desperdiçada. A etapa de impressão apresentou 70,5% das perdas de material em comparação com os desperdícios totais do processo analisado. Após a identificação das ineficiências apontadas pela CCFM, medidas para melhorias no processo como acondicionamento e proteção da máquina de imprimir, da matéria-prima e insumos utilizados e a redução em 14,5% da área de cada folha de papel impresso destinado ao produto acabado, foram indicadas com o objetivo de auxiliar na redução das perdas advindas da produção. Sugestões de integração de informações sobre custos ambientais nos relatórios contábeis e gerenciais da empresa estudada, também, foram propostas. A CCFM se apresenta como uma ferramenta importante na identificação dos custos ambientais ocultos nos processos produtivos além de servir como suporte para a tomada de decisões, tendo reflexo na melhoria da produção, reduzindo o consumo de material (recursos naturais) e a quantidade de resíduos gerados na fabricação. A metodologia pode ser aplicada em uma estrutura de produção mais ampla e/ou complexa ou em organizações de grande porte ou de produção em larga escala, inclusive em cadeia de suprimentos. Pesquisas futuras podem ser implementadas para apontar se os benefícios, vantagens e entraves, identificados pela execução da CCFM, variam entre diferentes regiões do Brasil ou em outros setores da indústria brasileira.

Palavras-chave: Contabilidade. Contabilidade Ambiental. CCFM. ISO 14051. Ecoeficiência.

ABSTRACT

The search for technologies and/or tools that provide more sustainable industrial production from an economic and environmental point of view, simultaneously, has been increasingly frequent and indispensable in the various integrated systems of industrial production. Among the tools that integrate environmental management accounting is Material Flow Cost Accounting (MFCA), which tracks industrial production flows through physical and monetary quantification of raw materials and inputs used, focusing on waste materials arising from production in order to provide useful information, aimed at reducing corporate and environmental costs while generating economic and environmental benefits for the organization. This research was developed with the general objective of analyzing the applicability of the ABNT NBR ISO 14051 standard in the reality of a microenterprise in the graphic industrial sector in Teresina - Piauí. It was found that accounting science is increasingly shaping itself to internationally accepted rules. Among such regulations, a new field of knowledge of this social science stands out, environmental accounting, which has been playing a prominent role in terms of providing useful environmental information for strategic decision-making in organizations. With regard to MFCA, despite the emerging growth in the literature, it became evident that this tool has been used timidly and occasionally in the world (ISO 14051 Material flow cost accounting). The Asian continent has stood out in studies of the implementation of this tool, especially in Japan, one of the main creators of MFCA along with Germany. The results of the application of the MFCA in a micro-enterprise of the graphic industry located in the city of Teresina (PI), showed that the applicability and adaptation of the standard for this type of industry is possible. It was found that 41.6% of all analyzed production was being wasted. The printing step presented 70.5% of material losses compared to the total waste of the analyzed process. After identifying the inefficiencies pointed out by the MFCA, measures to improve the process such as packaging and protection of the printing machine, the raw material and inputs used and a 14.5% reduction in the area of each sheet of printed paper destined for the finished product, were indicated with the aim of helping to reduce production losses. Suggestions for integrating information on environmental costs into the accounting and management reports of the company studied were also proposed. The MFCA presents itself as an important tool in the identification of hidden environmental costs in production processes, in addition to serving as a support for decision-making, reflecting on the improvement of production, reducing the consumption of material (natural resources) and the amount of waste generated. in manufacturing. The methodology can be applied in a broader and/or complex production structure or in large-scale or large-scale production organizations, including in the supply chain. Future research can be implemented to point out if the benefits, advantages and obstacles, identified by the execution of the MFCA, vary between different regions of Brazil or in other sectors of the Brazilian industry.

Keywords: Accounting. Environmental Accounting. MFCA. ISO 14051. Eco-efficiency.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

➤ A CONTABILIDADE DOS CUSTOS DE FLUXOS DE MATERIAL (CCFM) COM BASE NA ISO 14051	
Figura 1: Modelo de balanço de massa.....	21
Figura 2: Estrutura básica da CCFM para um CQ (exemplo hipotético)	27
Figura 3: Ciclo PDCA para implementação da CCFM.....	30
Figura 4: Modelo básico de fluxo de material.....	37
Figura 5: Modelo de fluxo de material incluindo produtos intermediários.....	39
Figura 6: Quantificação da perda de energia.....	43
➤ PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE A CONTABILIDADE DE CUSTOS DE FLUXO DE MATERIAL: ESTUDO BIBLIOMÉTRICO	
Figura 1: Leis da Bibliometria.....	77
Figura 2: Etapas de busca e os critérios de exclusão dos artigos.....	78
Figura 3: Zonas de distribuição das Palavras-Chave na curva de <i>Zipf</i>	92
Gráfico 1: Quantitativo de publicações por ano.....	83
Gráfico 2: Artigos com vinte ou mais citações segundo a <i>WoS</i>	87
Gráfico 3: Artigos distribuídos por País.....	89
➤ APLICAÇÃO DA CONTABILIDADE DOS CUSTOS DE FLUXOS DE MATERIAL EM MICROEMPRESA DE TERESINA, PIAUÍ, BRASIL	
Figura 1: Fluxo de materiais e custos na CCFM para um processo fabricação de notas fiscais.....	109
➤ AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL COM O REFLEXO ECONÔMICO DE MICROEMPRESA POR MEIO DA CONTABILIDADE DE CUSTO DE FLUXO DE MATERIAL	
Figura 1: Representação das dimensões das folhas impressas.....	129

LISTA DE TABELAS

➤ **A CONTABILIDADE DOS CUSTOS DE FLUXOS DE MATERIAL (CCFM) COM BASE NA ISO 14051**

Tabela 1: Diferença entre a CCFM e a CCC.....	35
Tabela 2: Matriz modelo de custos de materiais em um processo básico.....	38
Tabela 3: Custos de materiais para um processo incluindo produtos intermediários.....	40
Tabela 4: Alocação dos CE, CS e CGR para cada CQ.....	41
Tabela 5: Alocação dos CE, CS e CGR para produtos e perdas de material para o CQ 1 e CQ 2.....	42

➤ **PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE A CONTABILIDADE DE CUSTOS DE FLUXO DE MATERIAL: ESTUDO BIBLIOMÉTRICO**

Tabela 1: Autores mais produtivos.....	86
Tabela 2: Palavras-chave mais frequentes.....	91

➤ **APLICAÇÃO DA CONTABILIDADE DOS CUSTOS DE FLUXOS DE MATERIAL EM MICROEMPRESA DE TERESINA, PIAUÍ, BRASIL**

Tabela 1: Alocação dos custos de energia, sistema e de gestão de resíduos.....	110
Tabela 2: Matriz dos custos do fluxo de materiais com base nas diretrizes gerais da ABNT NBR ISO 14051.....	111

➤ **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL COM O REFLEXO ECONÔMICO DE MICROEMPRESA POR MEIO DA CONTABILIDADE DE CUSTO DE FLUXO DE MATERIAL**

Tabela 1: Custos do fluxo de material no processo analisado.....	126
--	-----

LISTA DE QUADROS

➤ **PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE A CONTABILIDADE DE CUSTOS DE FLUXO DE MATERIAL: ESTUDO BIBLIOMÉTRICO**

Quadro 1: Artigos selecionados para a análise bibliométrica.....	79
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABIGRAF	Associação Brasileira da Indústria Gráfica
ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
AIC	Associação Interamericana de Contabilidade
APO	<i>Asian Productivity Organization</i>
BACEN	Banco Central do Brasil
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CE	Custos de Energia
CCC	Contabilidade de Custos Convencional
CCFM	Contabilidade de custos de fluxo de material
CFC	Conselho Federal de Contabilidade
CGA	Contabilidade da Gestão Ambiental
CGR	Custos de Gestão de Resíduos
CM	Custos de Material
cm	Centímetro
cm ²	Centímetro Quadrado
CNPq	Conselho Nacional de Pesquisa
CNUMAD	Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente das Nações Unidas
CNE	Conselho Nacional de Educação
CPC	Comitê de Pronunciamentos Contábeis
CQ	Centro de Quantidade
CRC` s	Conselhos Regionais de Contabilidade
CS	Custos de Sistema
CVM	Comissão de Valores Mobiliários
DFC	Demonstração de Fluxo de Caixa
DOAR	Demonstração de Origens e Aplicações de Recursos
DVA	Demonstração do Valor Adicionado
ENADE	Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes
FCEA	Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade
FEA	Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade
FECAP	Fundação Escola de Comércio Álvares Penteado
FGV	Fundação Getúlio Vargas
h	Hora
IASB	<i>International Accounting Standards Board</i>
IASC	<i>International Accounting Standards Committee</i>
IBRACON	Instituto dos Auditores Independentes do Brasil
IES	Instituições de Ensino Superior
IFAC	<i>International Federation of Accountants</i>
ISEC	Instituto Superior de Ensino Contábil
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JCP	<i>Journal of Cleaner Production</i>
JCR	<i>Journal Citations Reports</i>
kg	Quilograma
kW	<i>Quilowatt</i>
kWh	<i>Quilowatt-hora</i>
ME	<i>Microempresa</i>
MPEs	<i>Micro e Pequenas Empresas</i>
METI	<i>Ministry of Economy, Trade and Industry</i>
MFCA	<i>Material Flow Cost Accounting</i>

m	Metro
mm	Milímetro
NBC	Normas Brasileiras de Contabilidade
NBR	Norma Brasileira
ONU	Organização das Nações Unidas
PDCA	<i>Plan, Do, Check e Act</i>
PI	Piauí
PUC-SP	Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
PMEs	Pequenas e Médias Empresas
R\$	Real Brasileiro
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
S. A	Sociedade Anônima
SCA	Sistema de Contabilidade Ambiental
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SUSEP	Superintendência de Seguros Privados
TC	<i>Technical Committee</i>
US\$	Dólar Americano
UERJ	Universidade Estadual do Rio de Janeiro
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UFPI	Universidade Federal do Piauí
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
USP	Universidade de São Paulo
W	<i>Watt</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	A CONTABILIDADE DOS CUSTOS DE FLUXOS DE MATERIAL (CCFM) COM BASE NA ISO 14051.....	19
2.1	Objetivo e princípios da CCFM.....	24
2.2	Caracterização dos elementos fundamentais da CCFM.....	26
2.3	Etapas de implementação da CCFM.....	29
2.4	Diferença entre a CCFM e a Contabilidade de Custos Convencional (CCC) na ABNT NBR ISO 14051:2013.....	34
2.5	Cálculo e alocação de custos na CCFM.....	36
2.5.1	<i>Cálculo dos custos de material.....</i>	<i>36</i>
2.5.2	<i>Cálculo e alocação dos custos de energia, custos de sistema e custos de gestão de resíduos.....</i>	<i>40</i>
3	METODOLOGIA.....	47
	REFERÊNCIAS.....	48
4	A CIÊNCIA CONTÁBIL NO BRASIL E REFLEXÕES EM TORNO DA CONTABILIDADE AMBIENTAL COMO NOVO CAMPO DO SABER.....	51
5	PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE A CONTABILIDADE DE CUSTOS DE FLUXO DE MATERIAL: ESTUDO BIBLIOMÉTRICO.....	73
6	APLICAÇÃO DA CONTABILIDADE DOS CUSTOS DE FLUXOS DE MATERIAL EM MICROEMPRESA DE TERESINA, PIAUÍ, BRASIL	101
7	AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL COM O REFLEXO ECONÔMICO DE MICROEMPRESA POR MEIO DA CONTABILIDADE DE CUSTO DE FLUXO DE MATERIAL.....	117
8	CONCLUSÃO.....	134

1 INTRODUÇÃO

As preocupações com o uso de forma irracional dos recursos naturais e os altos índices de poluição no planeta, têm sido cada vez mais frequentes, especialmente a partir da segunda metade do século XX. A procura por tecnologias, ferramentas e mecanismos menos poluentes vem atraindo de forma contínua a atenção das muitas organizações pelo mundo. No entanto, tais ferramentas devem oferecer suporte capaz de contribuir para o equilíbrio entre a preservação do meio ambiente e a economia.

No final da década de 1980 e início dos anos 90, estudos pioneiros sobre o rastreamento e quantificação física e monetária de fluxos de materiais em processos produtivos foram desenvolvidos na Alemanha e, posteriormente, no Japão com o objetivo precípuo de contabilizar os custos advindos dos desperdícios originados de todas as etapas de fabricação de um determinado produto (WAGNER, 2015). Assim, tornou-se relevante identificar os pontos críticos de desperdício em cada uma destas etapas de produção para então, fornecer informações úteis para tomada de decisões que resultem nas melhorias econômicas e ambientais dentro das organizações (WAGNER, 2015).

Após estudos e aplicações em organizações dos dois países (Japão e Alemanha), em setembro de 2011, a *International Organization for Standardization* (ISO) publicou a norma 14051 (*Environmental management — Material flow cost accounting — General framework*), que trata de uma estrutura geral para a Contabilidade de Custos de Fluxo de Material (CCFM) (WAGNER, 2015).

A CCFM é considerada uma ferramenta de gestão ambiental que contribui para auxiliar as empresas na busca por melhorias em seus sistemas produtivos nos aspectos econômico e ambiental, de forma concomitante, otimizando o uso de material e energia, reduzindo custos e, conseqüentemente, a diminuição dos impactos negativos sobre o meio ambiente. A CCFM pode ser considerada uma ferramenta de gerenciamento que contribui de forma significativa para a busca e promoção do desenvolvimento econômico de forma sustentável, ambientalmente (HUANG *et al.*, 2019).

A utilização da CCFM nos processos produtivos pode permitir a identificação e avaliação de oportunidades de melhorias ambientais com benefícios econômicos paralelos dentro da organização (TRAN; HERZIG, 2020). Dentre as melhorias possíveis a serem analisadas, pode-se incluir: revisões nos fluxos de materiais e processos produtivos, a fim de identificar e reduzir desperdícios em todas as etapas da produção; reanálise na logística do consumo de insumos ou matérias primas substituindo por materiais mais econômicos e

ambientalmente viáveis; utilização de equipamentos com maior eficiência energética e de trabalho; melhorias nos sistemas contábeis e de engenharia de produção da organização, permitindo se ter um sistema de análise de dados providos, com o mínimo possível de subestimação de custos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Portanto, a CCFM pode auxiliar na implantação de melhorias nos sistemas produtivos, por meio de maior transparência nas etapas de produção, possibilitando assim, a redução e/ou otimização de consumo de matérias primas/insumos, sem prejudicar as margens de lucros e, simultaneamente, reduzir os impactos negativos ambientais por meio da diminuição de desperdícios gerados. Além disso, os sistemas contábeis e de análise de custos podem adquirir mais confiabilidade, transparência e amplitude em decorrência do volume e disponibilidade de dados mais completos.

1.1 Problema e objetivos da pesquisa

A pesquisa intitulada “CONTABILIDADE DE CUSTOS DE FLUXO DE MATERIAIS (CCFM) EM INDÚSTRIA DE TERESINA - PIAUÍ COM BASE NA NORMA ISO 14051” teve como intuito investigar e responder as seguintes questões-problema: É possível a aplicabilidade da norma ISO 14051 (CCFM) em microempresa do segmento industrial em Teresina, Piauí? A implementação da norma ISO 14051 (CCFM) pode contribuir para melhorar o desempenho econômico e ambiental, simultaneamente, em microempresa do segmento industrial em Teresina, Piauí?

O objetivo geral deste estudo foi analisar a aplicabilidade da norma ISO 14051 (CCFM) na realidade de microempresa do ramo industrial gráfico de Teresina - Piauí. Teve-se ainda os seguintes objetivos específicos: 1) Apresentar o perfil histórico da contabilidade no Brasil do século XX até a ano de 2020, aprofundando-se para o ramo da contabilidade ambiental com destaque para a CCFM; 2) Verificar se a CCFM pode ser adotada e adaptada, com base nas diretrizes gerais da ISO 14051, para apoiar decisões na redução de perdas de materiais e de energia em microempresa localizada no município de Teresina - Piauí; 3) avaliar o desempenho ambiental, bem como o reflexo econômico, do processo de fabricação de material impresso em microempresa, de Teresina, Piauí, por meio da aplicação da Contabilidade de Custo de Fluxo de Material (CCFM).

1.2 Justificativa e relevância da pesquisa

Para Santos *et al.* (2018, p. 2), as micro e pequenas empresas (MPEs) “possuem papel fundamental no cenário econômico do Brasil, sendo importante contribuinte do desenvolvimento social do país”. Segundo estes mesmos autores, as MPEs chegam a alcançar 99% da totalidade de empresas no Brasil. O Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) (2018), expõe que o Brasil possuía, aproximadamente, 4 milhões de Microempresas (MEs) instaladas no país em 2017. Deste Total, 17,8% estavam situadas na região Nordeste. No Piauí, por sua vez, haviam em torno de 41.435 MEs no mesmo período considerado. No que se refere à distribuição das MEs por setor econômico e atividades, a indústria representava 14,5% em 2017 (SEBRAE, 2018).

Especificamente em relação às MEs do setor da indústria gráfica, a Associação Brasileira da Indústria Gráfica (ABIGRAF) (2021) relata que a abrangência da indústria gráfica no Brasil, até junho de 2021, era de 17.671 estabelecimentos sendo que 81,2% deste total são MEs. A região Nordeste contava com 3.149 MEs registradas neste período, representando 18% das existentes no cenário nacional (ABIGRAF, 2021).

Em relação aos segmentos da indústria gráfica brasileira, a Associação Brasileira da Indústria Gráfica (2021) afirma que 56% da produção industrial estão relacionados à fabricação de embalagens, impressos de segurança, fiscais, formulários (materiais para escritório em geral). A produção industrial, em valores nominais, atingiu R\$ 41,9 bilhões em 2020 (ABIGRAF, 2021).

No que se refere aos números da indústria gráfica piauiense, em 2015 o estado possuía 193 estabelecimentos formalizados dos quais 123 localizados em Teresina, ou seja, 63,7% das microempresas do ramo de indústrias gráficas estavam concentradas na capital piauiense (ABIGRAF, 2015).

Diante do exposto, este estudo justifica-se pela importância da utilização da CCFM nos processos industriais nas microempresas das indústrias gráficas, tendo em vista que esta ferramenta permite identificar, com maior transparência, as ineficiências nas etapas de produção, oferecer oportunidades de melhorias para reduzir desperdícios e contribuir consideravelmente para o avanço na qualidade de dados e informações sobre os sistemas custos dentro das empresas como, também, para melhorar o sistema de gestão ambiental delas, reduzindo os custos corporativos sobre insumos, melhorando assim, o sistema de gerenciamento de resíduos e, como consequência, reduzindo os impactos ambientais negativos, especialmente em microempresas do segmento industrial, objeto do estudo.

Destaca-se, também, a ausência de estudos e pesquisas sobre a utilização ou aplicação da CCFM em indústrias, seja de pequeno ou grande porte, no estado do Piauí, o que corrobora com o preenchimento dessa lacuna no conhecimento sobre a temática no Estado referenciado.

1.3 Hipótese

Pressupõe-se que a CCFM pode ser adotada e adaptada, com base nas diretrizes gerais da ISO 14051, para apoiar decisões na redução de perdas de materiais e de energia em microempresas do ramo industrial gráfico, que utilizam matérias-primas, insumos e energia para transformação em produtos acabados. A ferramenta pode contribuir de forma relevante para o aumento na transparência do fluxo de material e de energia, bem como para identificar os custos implícitos contidos nas perdas de materiais (desperdícios) advindos do processo produtivo analisado, ajudando a reduzir os custos corporativos nos fluxos de materiais e energia e a mitigação dos impactos ambientais, simultaneamente.

1.4 Estrutura da tese

Esta tese está estruturada em forma de artigos e está dividida da seguinte maneira: introdução, referencial teórico, metodologia, quatro artigos e as conclusões do estudo. Destaca-se que os quatro artigos elaborados correspondem aos três objetivos específicos propostos nesta pesquisa.

No primeiro artigo, buscou-se, por meio de uma revisão de literatura e pesquisa documental, apresentar o perfil histórico da contabilidade no Brasil do século XX até a ano de 2020, aprofundando-se para o ramo da contabilidade ambiental com destaque para a CCFM. No segundo artigo, foi realizada uma bibliometria acerca do panorama da produção científica sobre a Contabilidade de Custos de Fluxo de Material (CCFM), após a publicação da norma 14051 pela *International Organization for Standardization* (ISO) em 2011, com intuito de complementar os estudos realizados no primeiro artigo e elaborar o estado da arte sobre o tema de estudo.

O terceiro artigo teve como propósito a verificação da aplicabilidade da Contabilidade de Custos de Fluxo de Material (CCFM) em uma microempresa, do ramo industrial gráfico, localizada no município de Teresina, estado do Piauí, conforme as diretrizes gerais indicadas na ABNT NBR ISO 14051:2013. O quarto artigo, por sua vez, destinou-se avaliar o desempenho ambiental, bem como o reflexo econômico, do processo de fabricação de material impresso em microempresa, situada no município de Teresina, Piauí, decorrente da aplicação da Contabilidade de Custo de Fluxo de Material (CCFM).

2 A CONTABILIDADE DOS CUSTOS DE FLUXOS DE MATERIAL (CCFM) COM BASE NA ISO 14051

As preocupações com os impactos ambientais negativos advindos dos sistemas de produção em massa, em que ocorre a produção de elevados níveis de resíduos associados à crescente escassez dos recursos naturais, têm sido motivo de preocupação nos mais diferenciados setores da sociedade. A Organização das Nações Unidas (ONU) assume relevante papel sobre a temática ambiental, pois esta organização tem reunido as principais nações do mundo no intuito de criar estratégias para a proteção e preservação ambiental por meio de um modelo de desenvolvimento econômico sustentável viável, em que o meio ambiente possa ser afetado, minimamente, garantindo, assim, que as futuras gerações tenham acesso aos recursos naturais de forma adequada. Um exemplo é a criação dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), que tem como intuito diminuir e/ou erradicar os principais problemas ambientais no mundo.

Neste contexto, a contabilidade ambiental tem despontado como uma alternativa analítica ambiental, capaz de medir e fornecer informações sobre custos e benefícios econômicos e seus efeitos gerais. No cenário internacional, a contabilidade vem atraindo atenção dos meios técnico, científico e produtivo, considerando-se a incorporação e divulgação de relatórios contábeis com custos ambientais corporativos (HUANG *et al.*, 2019). Com essa perspectiva, Nakano e Hirao (2011) afirmam que a crescente importância das questões ambientais globais tem exigido das indústrias melhor desempenho econômico e ambiental de forma sustentável na produção de seus produtos e serviços.

A quantidade de insumos ou material resultante do fluxo de produção, não destinado ao produto e/ou serviço pretendido, precisa ser considerado, quando se visualiza os custos necessários com a gestão dessas “sobras” (MACENO; PAWLOWSKY; CARDOSO, 2015).

Ferramentas e indicadores de sustentabilidade têm sido, sistematicamente, desenvolvidos e utilizados nos processos produtivos em indústrias. Neste sentido, a contabilidade ambiental tem exercido importante protagonismo, pois “o custo ambiental e o equilíbrio ecológico continuam sendo um tópico de intensa discussão no campo da contabilidade ambiental” (HUANG *et al.*, 2019, p. 3).

Dentro do campo de estudo da contabilidade de gestão ambiental, encontra-se a Contabilidade dos Custos de Fluxos de Material (CCFM), que se caracteriza como um importante instrumento no auxílio às organizações, que tendem a promover uma gestão financeira e ambientalmente sustentável, pautada, ao mesmo tempo, no incremento dos lucros

com o máximo de redução dos impactos ambientais negativos (NAKAJIMA, 2006).

Para Dekamin e Barmaki (2019), a CCFM é uma ferramenta de gerenciamento ambiental que pode ajudar os gestores a compreenderem melhor as consequências financeiras e ambientais do uso de material e energia em seus processos produtivos e possibilitar a identificação de oportunidades de melhorias para o alcance da sustentabilidade financeira e ambiental na produção.

Ainda sobre a CCFM, Behnami (2019, p. 617) relata que se trata de “uma ferramenta que analisa as relações de entrada / saída do fluxo de material no processo de produção com base no princípio do balanço de massa”. Contudo, para se estabelecer um balanço de massa preciso no sistema analisado, a qualidade das medições precisa ser verificada da forma mais eficiente possível para que a conciliação dos dados e a confiabilidade das informações não sejam comprometidas e nem comprometam as tomadas de decisões (BEHNAMI, 2019).

Wagner (2015) afirma que a CCFM ou *Material Flow Cost Accounting* (MFCA) nasceu de um projeto de gestão ambiental na companhia Kunert, indústria têxtil, localizada no Sul da Alemanha, no final dos anos 80 e início dos anos 90 do século XX. O autor afirma ainda, que a CCFM não teve origem na contabilidade convencional e sim na gestão ambiental. Tal ferramenta tem como finalidade básica reduzir, simultaneamente, os impactos ambientais e os custos corporativos em um processo produtivo.

A origem dos estudos sobre a CCFM despontou em decorrência do desenvolvimento de um projeto de pesquisa da empresa Imu-Augsburg, afiliada à Universidade de Augsburg, liderada pelo professor e pesquisador Bernd Wagner (WAGNER, 2015; HUANG *et al.*, 2019).

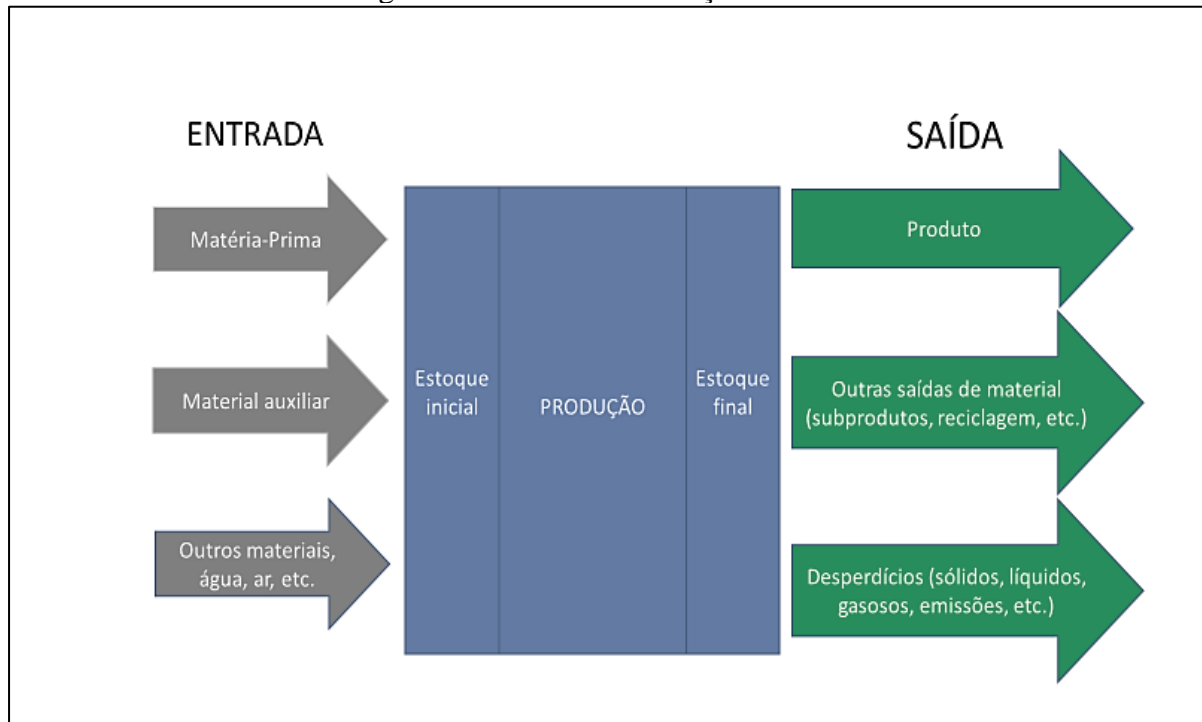
Destaca-se, no entanto, que a CCFM não foi uma ferramenta criada como consequência de conceitos criados a partir de projetos desenvolvidos na Kunert. Algumas evidências históricas contribuíram para a formação da definição acerca da ferramenta. Estudos sobre fluxos de materiais em produções industriais na Alemanha, nas décadas de 20 e 30 do século XX, destacaram informações sobre balanços de massa de entrada e saída de materiais em fluxos produtivos (WAGNER, 2015).

Outro aspecto histórico que contribuiu para a consolidação do conceito da CCFM se deu nos anos 60 e 70 do século XX, quando a literatura científica, especialmente a alemã e inglesa, passou a enfatizar medidas técnicas de proteção ambiental, voltadas para preocupações com as temáticas ambientais (WAGNER, 2015). Este mesmo autor afirma, ainda, que a Kunert publicou seus primeiros relatórios ambientais em 1991, fundamentado em um balanço de massa de entrada e saída corporativo, que foi amplamente divulgado pela

mídia alemã, o que contribuiu para a publicação de outros relatórios ambientais nos anos seguintes.

Na Figura 1, encontra-se apresentado o modelo de balanço de massa corporativo, em consonância com o utilizado na Kunert.

Figura 1 - Modelo de balanço de massa



Fonte: Adaptada de Wagner (2015).

O balanço de massa realizado na Kunert, inicialmente, foi estabelecido com o propósito de desenvolver indicadores de eficiência de recursos, evidenciando as quantidades físicas de material de entrada, confrontados com as quantidades de saída deste mesmo material, só que em forma de produto pretendido. Também, foi evidenciada a ineficiência determinada pelas perdas oriundas do processo produtivo como: resíduos, emissões e efluentes (WAGNER, 2015).

O estudo para o balanço de massa corporativo foi inspirado na Lei de Lavoisier, que corresponde à Lei da Conservação das Massas mesmo após um processo de transformação, e, com isso, pressupõe que todo material e energia que entram em um processo produtivo numa indústria é passível de rastreamento em quantidades exatas, em que tais elementos não podem ser criados ou destruídos, e sim transformados (WAGNER, 2015). Na CCFM, o balanço de massa pode ser compreendido de forma que “todos os materiais de entrada são iguais a quantidade de produtos acabados ou pretendidos (produtos positivos) mais a de resíduos

gerados (produtos negativos). Esta equação representa a identificação do balanço de materiais” (HUANG *et al.*, 2019, p. 3).

Dessa forma, baseado no balanço de massa é que a CCFM pode ser de grande valia para as indústrias conhecerem de forma transparente os fluxos produtivos e analisarem possibilidades de melhorias. A metodologia empregada por meio da aplicação desta ferramenta pode resultar maior transparência para a compreensão dos sistemas de produção, e assim, ajudar a identificar com mais facilidade e precisão os pontos que merecem atenção em termos de melhorias (SCHMIDT, 2015).

O projeto desenvolvido na Kunert separou saldos corporativos dos saldos de processos. O primeiro trata da confrontação de todo material de entrada com material de saída, na forma de produto ou de resíduos. Os saldos de processo baseavam-se no acompanhamento do fluxo de material, pelo monitoramento dos vários pontos de movimentos na linha de produção (WAGNER, 2015).

Na visão de Bautista-Lazo e Short (2012), a CCFM, por meio da análise de saldos de processos, é capaz de determinar o verdadeiro custo direcionado aos resíduos, tratando-os como um produto negativo separado. “Quantidades apropriadas de custos são alocadas aos resíduos proporcionalmente aos pesos do produto e da produção que não é do produto” (BAUTISTA-LAZO; SHORT, 2012, p. 143).

Wagner (2015) ressalta que, diferentemente do modelo tradicional de análise de processos produtivos, o balanço de massa realizado foi desenvolvido a partir de análise das entradas (compras de materiais ou insumos), do fluxo desses materiais na linha de produção (movimentos) para os diversos locais de transformação ou armazenamento, conhecidos como Centros de Quantidade (CQ`s), até chegar ao saldo corporativo de saída (produto acabado ou resíduos).

Enquanto nos modelos gerenciais tradicionais, analisa-se apenas o fluxo de caixa como ferramenta de análise, passou-se a utilizar as entradas e saídas físicas e as mudanças de estoque. Essa nova visão no processo produtivo denominou-se balanceamento de massa termodinâmico, que defendia a ideia de que massa e energia não eram “consumidas” durante o processo produtivo e sim transformadas em produtos e não-produtos (resíduos, emissões, efluentes, etc.) (WAGNER, 2015).

Fakoya e Poll (2013) afirmam que a essência da CCFM está em identificar todas as perdas de material como desperdício ou não-produto, enquanto o sistema de custeio convencional negligencia as perdas que estão além do padrão estabelecido. Com a aplicação da CCFM, se rastreia todos os insumos que entram no processo produtivo e, na saída,

classifica-os como "produtos positivos", aqueles comercializáveis, ou "produtos negativos", resíduos que não são comercializáveis (FAKOYA; POLL, 2013).

De acordo com Wagner (2015), em 1993, as experiências testadas na Kunert chamaram a atenção da Fundação Ambiental Federal Alemã, que passou a colaborar com os projetos voltados para estudos relacionados com a contabilidade de custos de fluxo ou contabilidade de custos ambientais. O processo de divulgação internacional da CCFM teve como marco inicial, a apresentação do projeto de ecoeficiência, realizado na Kunert em workshops internacionais, que contaram com “grande número de visitantes, incluindo uma delegação japonesa com os professores Katsuhiko Kokubu e Michijasu Nakashima” (WAGNER, 2015, p. 1260).

Por meio de cooperações entre os dois países, Alemanha e Japão, os estudos para implementação da ferramenta ganharam forte apoio do Ministério Japonês do Comércio Internacional e Indústria (METI), que passou a disseminar e implementar tais estudos na indústria japonesa. Entre os anos de 1999 e 2003, o METI adotou uma série de medidas para implementação da CCFM, dentre elas, a integração do grupo de trabalho de custos de material, iniciado na Alemanha. A CCFM foi apresentada para testes em quatro empresas japonesas (Nitto Denko, Canon, Tanabe, Seiyaku e Takiron). Em 2004, o METI iniciou novo projeto incentivando o uso da CCFM (SCHMIDT; GOTZE; SYGULLA, 2015; WAGNER, 2015).

Contudo, somente em 2007, a CCFM passou a integrar a pauta do METI como projeto de transformação da ferramenta em uma norma padronizada:

Em 2007, o METI iniciou o desenvolvimento de uma nova norma ISO sobre CCFM dentro da família ISO 14000 em Gestão Ambiental. Uma versão condensada da abordagem CCFM foi então preparada por um grupo de trabalho ISO / TC 207 / WG 8 como uma “Estrutura Geral” e foi discutida em 28 comitês nacionais em todo o mundo dentro do processo de padronização da ISO. O padrão ISO foi finalizado e publicado em setembro de 2011 como “ISO 14051:2011 - Gestão ambiental - Contabilidade de custos de fluxo de material - Estrutura geral”. Hoje, a Contabilidade de custos de fluxo de materiais (CCFM) é um instrumento padronizado dentro da família de normas ISO 14000 sobre gestão ambiental, seguindo o ciclo Planejar-Fazer-Verificar-Agir (WAGNER, 2015, p. 1260).

Vinte anos depois da publicação do relatório contábil, contendo informações ambientais pela Kurnet, associado a vários testes feitos, principalmente, pelos japoneses, em 2011, a *International Organization for Standardization* (ISO) publicou a norma 14051, que faz parte da família 14.000 (gestão ambiental) (ASIAN PRODUCTIVITY ORGANIZATION, 2014). A ISO 14051:2011 foi traduzida, tal como, e publicada no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da norma ABNT NBR ISO

14051, com vigência a partir 22 de fevereiro de 2013 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Portanto, a CCFM é considerada uma ferramenta da Contabilidade da Gestão Ambiental (CGA), que quantifica, em unidades físicas e monetárias, os fluxos e estoques de materiais em processos ou linhas de produção de qualquer organização, que utiliza material e energia em seu processo produtivo, independentemente, do seu ramo, porte ou objeto de negócio (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION 14051, 2011; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). Para Schmidt (2015), a CCFM também pode ser entendida como um método que permite a alocação especial para distribuir os custos em um sistema de produção para os produtos pretendidos e as perdas de material consequentes da fabricação de tal produto.

Desta forma, a CCFM permite o acompanhamento de forma mais transparente e mais eficiente de determinado fluxo de material e energia em alguma organização, que utiliza estes elementos em seu processo produtivo. A análise de fluxos de material por meio desta ferramenta, possibilita se ter uma visão crítica e detalhada do consumo de energia e de recursos naturais, propiciando condições favoráveis de disponibilizar diagnóstico para auxiliar na tomada de decisão interna.

A CCFM baseia-se em mensurações físicas e monetárias dos fluxos de produção, o que proporciona maior segurança, por parte da gestão da empresa, na tomada de decisões no que se refere não só a melhoria nos sistemas de análises de custos, no sentido de otimizá-los, como, também, criar mecanismos para redução e/ou melhoria na gestão de resíduos e, conseqüentemente, na redução de impactos negativos sobre o meio ambiente. O foco principal da CCFM está na mensuração, física e monetária, dos produtos negativos (desperdícios na produção) (FAKOYA; POLL, 2013).

2.1 Objetivo e Princípios da CCFM

A CCFM encontra-se alicerçada no objetivo de motivar e dar apoio às organizações para que elas possam melhorar o desempenho financeiro e ambiental, propiciando melhor uso de material e energia. Para se atingir este objetivo, se torna imprescindível percorrer alguns critérios, indicados pela norma, como: a) aumentar a transparência do fluxo de materiais e uso de energia, em relação aos custos inerentes e aspectos ambientais; b) apoiar decisões organizacionais em áreas como engenharia de processos, planejamento de produção, controle de qualidade, projeto de produtos e gerenciamento da cadeia de suprimentos; c) melhorar a coordenação e comunicação sobre o uso de energia e materiais dentro de uma organização

(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Para Dekamin e Barmaki (2019, p. 460-461), o principal objetivo da CCFM deve ser o de “aumentar a transparência do fluxo de materiais, os padrões de uso de energia e reduzir o impacto ambiental e o custo da produção”. Para tanto faz-se necessário seguir as orientações gerais propostas e recomendadas pela ISO 14051.

Para que o objetivo principal da CCFM seja alcançado com êxito, torna-se necessário seguir alguns princípios listados pela norma ISO 14051. O primeiro princípio trata da compreensão do fluxo de materiais e o uso de energia. É fundamental que se conheça o processo produtivo de uma determinada organização, para se criar um modelo de fluxo de materiais e energia para todos os centros de quantidade considerados. Em sequência, surge o segundo princípio direcionado para conexão dos dados físicos e monetários. Neste preceito, destaca-se a importância de se compreender que a tomada de decisões sobre os aspectos ambiental e financeiro dentro de uma determinada organização deve estar atrelada às informações sobre as quantidades físicas do uso de materiais e energia e sobre seus custos associados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). Na norma, é ressaltada ainda, que a integração dos dados físicos e monetários devem ser apresentados de forma mais clara e objetiva, dentro do modelo de fluxo de material apresentado.

O terceiro princípio, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013), trata de assegurar a precisão, plenitude e comparabilidade dos dados físicos. As informações sobre os fluxos de materiais devem estar dispostas em unidades mensuráveis para simplificar a conversão em unidade padronizada comum com intuito de facilitar a análise e comparação das entradas e saídas de material e energia de um determinado balanço de fluxo produtivo.

Por fim, o quarto princípio apresentado pela norma diz respeito a estimar e atribuir custos à perda de materiais, em que os custos relacionados “com a perda de materiais deverão ser estimados da forma mais precisa e prática possível, e estes custos deverão ser atribuídos para perda de materiais que gerou os custos, e não aos produtos” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 13).

Pela análise dos princípios da CCFM, pode ser traçado um percurso a ser seguido durante a aplicação desta ferramenta em qualquer processo produtivo, dentro das diretrizes da norma. O primeiro relata que é necessário conhecer o processo produtivo e criar um modelo de fluxo de material e energia, o segundo expõe a importância da conexão e integração entre os dados físicos e monetários, o terceiro princípio destaca a eficiência e precisão no momento da conversão das unidades (físicas e monetárias) para o atendimento dos propósitos no momento da análise e comparação dos dados. O quarto princípio, por sua vez, defende a

necessidade de se estimar da forma mais precisa, prática e transparente possível, os custos relacionados com a perda de material.

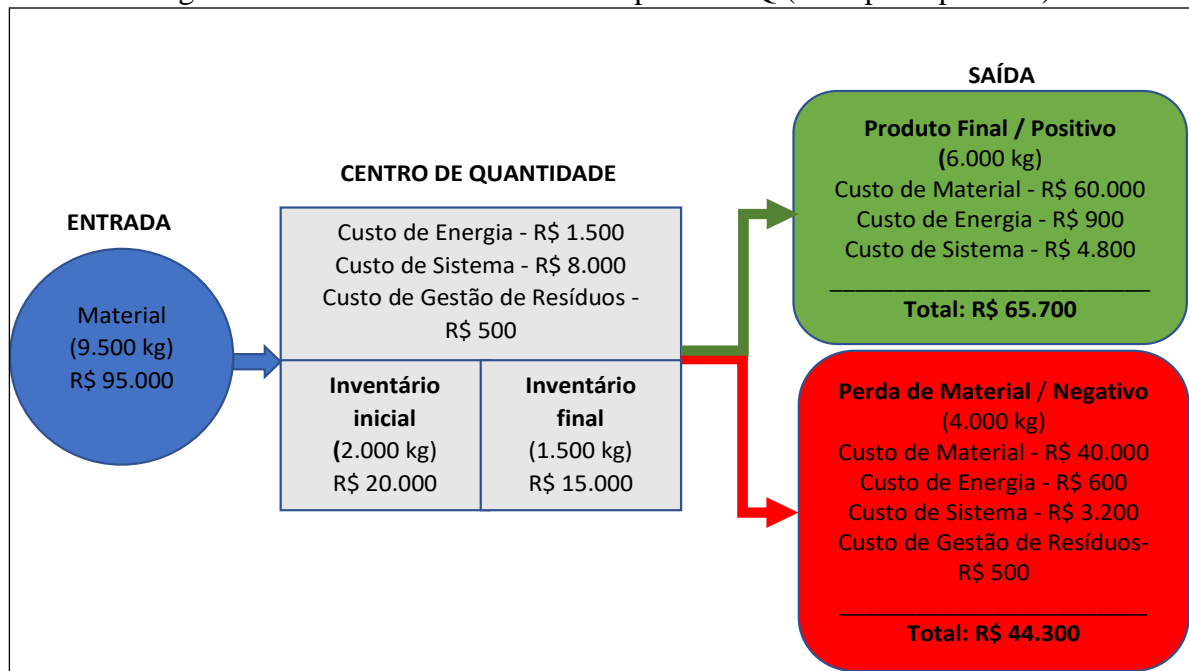
2.2 Caracterização dos elementos fundamentais da CCFM

São três os elementos considerados fundamentais da CCFM segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013): a) Centro de Quantidade (CQ), que é constituído de uma ou mais partes selecionadas de um processo produtivo para o qual as entradas e saídas são quantificadas e mensuradas em unidades físicas e monetárias; b) Balanço de Materiais, que se caracteriza como um demonstrativo, que aponta todo material que entra e que eventualmente deixa um CQ na forma de produto ou perda de material; e, por fim, c) Cálculo dos Custos, que se refere às alocações monetárias, que permitem o fluxo do processo produtivo.

Na CCFM, há quatro tipos de custos que devem ser levados em consideração no momento da implementação da ferramenta e análise dos CQ's determinados: a) Custos de Material, que representam os custos para uma substância, material ou insumos, os quais entram e/ou saem de um CQ; b) Custos de Sistemas, que envolvem os adquiridos durante a produção no fluxo de material considerado, que não estejam relacionados aos custos de materiais, energia e gestão de resíduos. Assim, são direcionados a gastos com mão de obra, depreciação e manutenção e custo de transporte; c) Custos de Energia se referem a tudo que é gasto por meio de eletricidade, combustível, vapor, calor, ar comprimido ou outros semelhantes; d) Custos com Gestão de Resíduos, que contemplam os custos necessários para o manejo de perda de materiais (resíduos) gerada por determinado CQ (HUANG *et al.*, 2019).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013), os custos de energia podem ser englobados nos custos de material ou calculados separadamente, ficando a critério da organização, embora a própria norma recomenda que seja calculado, separadamente. A estrutura básica da CCFM encontra-se apresentada na Figura 2, simbolizada por determinado processo produtivo para um CQ, com a indicação de entradas e saídas em termos físicos e monetários bem como pela alocação dos custos de material, energia, sistema e gestão de resíduos para um produto acabado e perdas de material, levando-se em consideração as variações de estoque (realização de inventário inicial e final).

Figura 2 - Estrutura básica da CCFM par um CQ (exemplo hipotético)



Fonte: Adaptada de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2013).

Na Figura 2, a unidade física foi definida como quilograma (kg), enquanto para cada tipo de custo, a unidade monetária usada foi o Real brasileiro (R\$). A entrada total no processo foi calculada pela soma da quantidade do Material (9.500 kg) adicionada do saldo de inventário, que correspondeu a 500 kg, sendo proveniente da diferença entre o inventário inicial e o inventário final ($500 \text{ kg} = 2.000 \text{ kg} - 1.500 \text{ kg}$), totalizando o total na entrada de 10.000 kg ($9.500 \text{ kg} + 500 \text{ kg}$). Este valor da entrada deve representar a saída do CQ, que foi distribuído entre o Produto Final ou Pretendido (6.000 kg) e a Perda de Material (4.000 kg). A distribuição dos custos na saída teve a proporção de 60% destinada ao Produto e 40%, para perda de materiais. Na análise desta Figura, constata-se que o valor do custo total das entradas foi de R\$ 110.000,00 (soma dos custos de material R\$100.000,00; custos de energia R\$ 1.500,00; custos de sistema R\$ 8.000,00 e os custos de Gestão de Resíduos R\$ 500,00), que deve ser igual ao valor total dos custos da saída (R\$ 110.000,00 = Produto R\$ 65.700,00 + Perda de Material R\$ 44.300,00). Cabe ressaltar que, por convenção da norma, os custos com gestão de resíduos devem ser alocados diretamente para a perda de materiais.

O valor de R\$ 44.300,00 representa os custos totais equivalentes a perda de materiais durante o processo produtivo. Estes custos diferenciam a CCFM da contabilidade de custos convencional, tendo em vista que agrega todos os custos de produção ao produto desejado, os tornando uma ferramenta importante no sentido de demonstrar de forma clara, mensurável e objetiva, o quanto e onde se está gerando perdas de materiais e energia dentro do sistema de

produção de uma organização. Neste sentido, a CCFM pode auxiliar na tomada de decisões, que contribuem para redimensionar as políticas gerenciais e de estratégias das empresas que possam gerar melhorias econômicas e ambientais em seu fluxo de material.

Em relação a alocação de custos, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013), recomenda que sejam calculados a partir de dados disponíveis para CQ`s individuais e fluxos de materiais também individuais, no intuito de se ter uma melhor precisão na análise destes custos. No entanto, os custos de energia, sistema e gestão de resíduos, frequentemente, só estão disponíveis para um processo ou instalação como um todo. Quando isto ocorre, faz-se necessário primeiro alocar os custos em CQ`s individualmente, e em seguida, fazer a alocação para os produtos e perdas de material.

Segundo a norma, este procedimento deve ser realizado em dois passos básicos: a) deve-se alocar os custos de todos os processos ou a instalação para diferentes CQ`s; b) alocar os custos dos CQ`s para produtos e perdas relativas ao processamento deste produto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Destaca-se a importância de se descrever, claramente, os critérios adequados de alocação de custos em um determinado processo produtivo, tendo em vista que tais critérios facilitarão a identificação e alocação de custos em cada etapa do fluxo de materiais nos CQ`s. Em relação a este aspecto a norma recomenda que:

Durante cada etapa de alocação, um critério adequado de alocação poderá ser selecionado, que reflita da forma mais próxima possível o principal direcionador para os custos que estão sendo alocados. Quando custos de todos os processos ou da instalação estão sendo alocados para centros de quantidade, critérios adequados de alocação podem incluir horas de uso de máquinas, volume de produção, número de funcionários, horas de trabalho, número de atividades executadas, espaço das instalações, etc. Para a segunda etapa, a alocação de custos de um centro de quantidade para produtos e perda de materiais, outro critério de alocação apropriado poderá ser selecionado, por exemplo, a porcentagem total de distribuição de material, a porcentagem de distribuição de material do principal material. Em todos os casos, a determinação do critério de alocação mais apropriado fica à cargo da organização (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 8).

Ressalta-se que tais critérios são recomendações propostas pela norma, o que não implica, necessariamente, uma obrigação de mudança nos sistemas de alocação de custos consolidados em uma determinada organização.

Um aspecto relevante destacado pela ABNT NBR ISO 14051:2013, diz respeito à maneira como deve ser feita a transição de custos alocados, que se tem em um fluxo de materiais que envolva mais de um CQ. A norma determina que os custos destinados ao produto pretendido (positivo) na saída de um CQ devem ser transmitidos, em sua totalidade,

para integrarem o total de custos com as entradas de material de um outro CQ subsequente. É importante que se verifique de que o valor total dos custos que envolvem os produtos pretendidos, que serão transmitidos já esteja englobado nos custos de energia, sistema e material realizados no fluxo de materiais no CQ anterior.

Em relação ao processo de reciclagem interna sobre materiais dentro dos limites da CCFM, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013, p. 8), destaca que “tanto benefícios financeiros quanto ambientais podem ser gerados. Porém, o fato de que materiais necessitam ser reciclados aponta para ineficiências no processo original”. Neste sentido, se tal perda de material ocorrer dentro do limite do CQ e for destinado para reciclagem interna, convém, que tal processo de reciclagem seja gerido da mesma forma que qualquer outro tipo de perda de material. Isto se justifica pela razão de que, se vai para o processo de reciclagem, em algum momento o fluxo de material apresentou uma ineficiência, e ineficiências devem ser analisadas dentro da vertente de perdas, no processo produtivo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

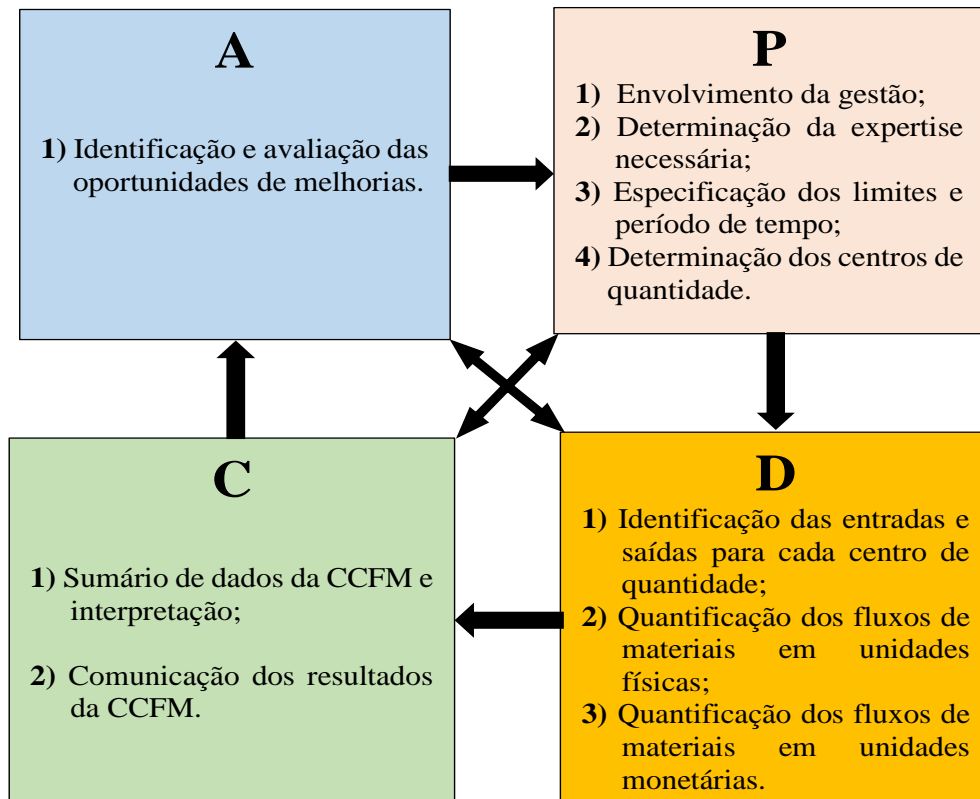
2.3 Etapas de implementação da CCFM

Para a aplicação prática da CCFM em determinada organização, além da utilização de material e energia, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013) determina algumas etapas baseadas na ferramenta de gestão de melhoria contínua, o ciclo PDCA: Plan (Planejar), Do (Fazer), Check (Checar) e Act (Agir).

O ciclo PDCA se caracteriza como um método de cunho gerencial, muito utilizado na administração, especialmente, de recursos humanos, tendo como foco a eficiência no desenvolvimento de tarefas. A ferramenta PDCA foi desenvolvida em 1930, pelo estadunidense Walter Andrew Shewhart, contudo, se tornou, popularmente, conhecida a partir de 1950, quando William Edwards Deming passou a aplicá-la em trabalhos no Japão, por esta razão, a ferramenta ficou conhecida como ciclo PDCA ou ciclo de Deming (ALVES, 2015).

A ABNT NBR ISO 14051:2013 estabelece as etapas de implementação da CCFM, com base no ciclo PDCA para se obter êxito na implementação desta ferramenta dentro de alguma organização. Na figura 3, estão representadas as etapas do PDCA, com detalhes, em cada fase do ciclo.

Figura 3 - Ciclo PDCA para implementação da CCFM



Fonte: Elaborada pelo Autor (2022).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013) destaca em uma das etapas de implementação da CCFM, dentro da fase de planejamento, que não basta ter apenas o conhecimento da norma, mas sim, ter interesse em inovar. O envolvimento da gestão deve ser o primeiro passo para a implantação da ferramenta. A CCFM pode ser implementada em qualquer organização que utilize material e energia, que possua ou não em sua gestão um “sistema de gestão ambiental (SGA) implantado (por exemplo, ABNT NBR ISO 14001), mas o processo de implementação é mais fácil e mais rápido naqueles que o fazem dentro do contexto de um SGA existente” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 18).

Quanto ao papel da gestão na implementação da CCFM, de acordo com a norma, deverá atender os seguintes aspectos: a) liderar a implementação; b) designar papéis e responsabilidades, por exemplo, a montagem de uma força-tarefa de CCFM; c) prover recursos; d) monitorar o progresso; e) rever resultados e; f) decidir sobre medidas de melhoria baseadas nos resultados da CCFM. Desta forma, torna-se relevante que os gestores de uma organização entendam a importância e a praticidade da CCFM, pois esta ferramenta pode

auxiliar no planejamento de metas financeiras e ambientais de forma efetiva, no entanto, para que isto ocorra de forma eficiente, deve-se ter um forte apoio da gestão (HUANG *et al.*, 2019).

A segunda etapa dentro da fase de planejamento trata da determinação da expertise necessária. Para a implementação da CCFM, é necessário que se tenha uma boa dose de competência ou qualidade de especialista no assunto, considerando que isto trará diversos tipos de informações úteis e necessárias no momento da análise dos dados. A norma apresenta cinco quesitos que podem contribuir para uma eficiente implementação da CCFM dentro da etapa de expertise:

expertise operacional do projeto, aquisição, e produção com relação ao fluxo de materiais e uso de energia através de toda a organização;

expertise técnica e/ou de engenharia sobre as implicações do balanço de material dos processos, incluindo a combustão e outras reações químicas;

expertise de controle de qualidade em questões como a frequência da rejeição de produtos, causas, e atividades de retrabalho;

expertise sobre aspectos e impactos ambientais, tipos de resíduos, e atividades de gestão de resíduos; e

expertise contábil sobre práticas e dados de contabilidade, por exemplo, alocação de custo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 11).

A terceira etapa dentro da fase de planejamento envolve a especificação do limite e do período de tempo. Antes de qualquer análise sobre execução da CCFM, é necessário que um limite ou fronteira seja especificado, que poderá englobar, um ou mais processos, toda uma instalação, ou uma cadeia de suprimentos, conforme cada organização. Porém, recomenda-se que o foco inicial recaia sobre um ou mais processos com impactos econômicos e ambientais, potencialmente significativos (HUANG *et al.*, 2019).

Neste sentido, na determinação da fronteira de estudo, se torna imprescindível que se delimite o período de tempo necessário para a coleta dos dados. O período de tempo pode variar de acordo com a extensão do que se está observando, sendo importante que seja um período suficiente, que permita a coleta de dados e variações de quaisquer variáveis ou oscilações, que sejam inerentes ao processo. Inclusive, o limite pode ser o tempo necessário para a análise de um lote de produção (SCHMIDT, 2015). Ao final, o que se pretende é obter dados úteis e confiáveis.

A quarta etapa dentro do processo de planejamento corresponde à determinação dos Centros de Quantidade (CQ`s), que se caracterizam como partes interrelacionadas dentro de um processo de produtivo, onde entradas e saídas são quantificadas em termos físicos e monetários (HUANG *et al.*, 2019). Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013), vários processos podem ser considerados como um CQ, por exemplo: receber, limpar, cortar, misturar, montar, aquecer, empacotar, inspecionar e embarcar, bem como áreas de armazenamento de materiais, etc. O importante é que os CQ`s dentro da fronteira de CCFM “podem ser determinados a partir de informações do processo, registros do centro de custos, e outras informações existentes” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 12).

Após a conclusão da fase de planejamento da CCFM, é necessário partir para o próximo passo do ciclo PDCA, o de fazer com que o planejado seja executado. Na fase da execução, três caminhos devem ser percorridos: a) identificação de entradas e saídas para cada centro de quantidade; b) quantificação do fluxo de materiais em unidades físicas; e, c) quantificação do fluxo de materiais em unidades monetárias (MACENO; PAWLOWSKY; CARDOSO, 2015).

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013), é necessário que as entradas (material e energia) e as saídas (produto e perdas de material) sejam identificadas para cada CQ, dentro do limite da CCFM. Ressalte-se em relação aos custos destinados a energia e perda de energia, que estes itens podem ser incluídos nos custos de material e perdas de material, respectivamente, ou alocados de forma segregada, pois, a norma deixa a critério de cada organização.

Além disso, a partir do momento em que as entradas e saídas forem identificadas para cada CQ, “elas podem ser utilizadas para conectar os centros de quantidade dentro das fronteiras da CCFM, para que os dados dos centros de quantidade possam ser conectados e avaliados através de todo o sistema sob estudo” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 12).

As unidades físicas podem ser, por exemplo, massa, comprimento, volume, número de peças, etc., dependendo do tipo de material que se está analisando. O importante é que todas as unidades físicas sejam possíveis de conversão em uma única unidade padronizada, tendo em vista que isto facilitará a condução dos balanços de informações dos materiais de cada CQ (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Outro passo relevante é a quantificação dos fluxos de materiais em unidades monetárias nas entradas e saídas para cada CQ, em que se deve alocar os custos em unidade

monetária para o material, energia, sistema e custos com gestão de resíduos.

Em relação aos custos de material, o método de custeio fica a critério de cada organização, sendo importante que sejam feitas alocações para cada CQ de forma segregada nas entradas e nas saídas (produtos e perdas de materiais). Deve-se levar em consideração que, de modo geral, os custos de material para cada entrada e saída são quantificados ao multiplicar a quantidade física pelo custo unitário do material ao longo do período de tempo determinado para a análise (HUANG *et al.*, 2019).

No que se refere aos custos de energia, é importante que eles sejam quantificados para cada CQ. Caso não seja possível mensurar ou estimar tais custos para cada CQ, será necessário alocar o total dos custos de energia dos processos selecionados para análise, envolvendo todos os CQ's e após, identificar e mensurar, com critérios explícitos, os custos com energia para cada CQ (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Segundo Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013), a mesma lógica aplicada à alocação dos custos de energia e de material deve ser aplicada em relação aos custos de sistema (qualquer outro gasto que não envolvam custos de material, energia e gestão de resíduos) e de gestão de resíduos. Em relação aos custos de sistema, tem-se como exemplos mais comuns, os custos de mão de obra, depreciação, manutenção, transporte, etc.

A fase seguinte do ciclo PDCA envolve a checagem do que foi executado dentro dos limites da CCFM. Neste momento, deve-se ter o resumo ou sumário e interpretação dos dados coletados, bem como a comunicação dos resultados achados. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013) destaca que é importante que os resultados obtidos sejam resumidos e organizados de forma a facilitar a identificação e compreensão. Pode-se fazer uso de planilhas, matrizes e/ou diagramas de fluxos de materiais do processo analisado.

As vantagens propiciadas neste passo estão vinculadas ao fato de permitir que a organização possa identificar em qual fase do fluxo de material, dentro de cada CQ ou do processo como um todo ocorrem perdas consideráveis, tanto econômicas quanto ambientais e assim, apontar quais fatores estão contribuindo para tais perdas de forma detalhada, e desta forma poder identificar oportunidades que possam corroborar com o aumento da eficiência no uso de materiais e assim melhorar o desempenho dos negócios (HUANG *et al.*, 2019).

Após a análise completa da CCFM, é necessário que os resultados sejam comunicados para as partes interessadas responsáveis pelas tomadas de decisão na organização. “A gerência pode usar as informações da CCFM para dar suporte para diversos tipos de decisões com o objetivo de melhorar o desempenho tanto financeiro quanto ambiental”

(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 14).

Cabe destacar que é importante que os funcionários da organização, também, tenham conhecimento destas análises, pois eles estão diretamente ligados ao processo produtivo e poderão ajudar nas ações de melhorias em relação ao fluxo de materiais na produção.

Por fim, a última fase do ciclo PDCA será a de identificar e avaliar as oportunidades para melhorias no processo produtivo. Nesta fase é importante destacar dois possíveis tipos de melhorias que podem ocorrer: a) melhorias de sistemas de informação e contabilidade e; b) melhorias no processo. Em relação ao primeiro tipo de vantagem, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013, p. 15), destaca que “possíveis melhorias de sistema que são descobertas durante a implementação do CCFM poderão ser observadas e incluídas no plano geral de melhorias resultante da análise de CCFM na organização”, em que novas informações podem influenciar no planejamento de projetos futuros e na criação de novas tecnologias e sistemas contábeis, que possam otimizar o sistema produtivo da organização, diminuindo as perdas de material e os impactos ambientais negativos.

Sobre as melhorias trazidas para os processos produtivos, a organização poderá rever suas políticas e/ou metodologias relacionadas ao consumo de matérias primas e otimizar o processo produtivo como um todo. Dentre algumas medidas de melhorias nos processos pode-se citar: “a substituição de materiais, modificação de processos, linhas de produção ou produtos, e intensificar as atividades de pesquisa e desenvolvimento com relação à eficiência energética e de materiais” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 15).

2.4 Diferença entre a CCFM e a Contabilidade de Custos Convencional (CCC) na ABNT NBR ISO 14051:2013

Para uma implementação eficaz da CCFM em uma organização, é relevante que se compreenda as principais diferenças entre esta ferramenta e a Contabilidade de Custos Convencional (CCC). A CCFM, como posta na norma ABNT NBR ISO 14051:2013, é implementada com o intuito de rastrear, por meio de fluxo de materiais em unidades físicas e monetárias, dando ênfase nas ineficiências do processo produtivo analisado (perda de materiais), ao contrário do que ocorre com a CCC, que analisa os custos de forma mais generalizada e os atribui exclusivamente ao produto final pretendido.

Na visão de Huang *et al.*, (2019), na CCC, a análise dos dados é usada para identificar se os custos incorridos no processo são recuperados na venda do produto final. Segundo esses autores, mesmo que os desperdícios sejam identificados quantitativamente, os custos para

produzir as perdas materiais são integrados como parte dos custos totais de processamento.

Na Tabela 1, estão apresentadas, de forma esquematizada, as diferenças básicas entre a CCFM e a CCC.

Tabela 1 - Diferença entre a CCFM e a CCC

CCFM		CONTABILIDADE CONVENCIONAL	
Vendas	R\$ 15.000.000	Vendas	R\$ 15.000.000
Custo do Produto	R\$ 3.000.000	Custo das Vendas	R\$ 4.500.000
Custo da Perda de Material	R\$ 1.500.000	N/D	N/D
Lucro Bruto	R\$ 10.500.000	Lucro Bruto	R\$ 10.500.000
Outras Vendas e Despesas Administrativas	R\$ 8.000.000	Outras Vendas e Despesas Administrativas	R\$ 8.000.000
Lucro Operacional	R\$ 2.500.000	Lucro Operacional	R\$ 2.500.000

Fonte: Adaptada de ASIAN PRODUCTIVITY ORGANIZATION (2014).

Como se pode observar na Tabela 1, na CCFM, os custos são detalhados, principalmente, em relação aos custos de processamento, para que se possa, por meio de critérios adequados, estimar e alocar os custos detalhados para as saídas (produto e perdas de material). Na CCC, todos os custos relacionados às entradas e processamento em determinado CQ, são alocados para o produto final vendido (custo das vendas R\$ 4.500.000), ou seja, os custos não são identificados, separadamente, daqueles que são direcionados ao produto e a perdas de materiais, como é feito na CCFM. Os custos relativos às perdas e materiais na CCC são embutidos como custos indiretos ao produto.

Na CCFM, é possível ter uma visão mais detalhada de mensuração e alocação dos custos melhores distribuídos pois, a CCFM considera a saída em produtos e perdas de materiais, em que adotando critérios adequados de alocação, é feita a distribuição de custos de material, energia e sistema entre produto pretendido e as perdas advindas do processo. Cabe destacar que os custos com gestão de resíduos na CCFM são direcionados 100% para perdas de material, conforme determina a norma ISO 14051.

Huang *et al.* (2019) afirmam que ao contrário da CCFM, a CCC não considera os resíduos como um processo de agregação de valor, pois, a CCFM visa recuperar o valor agregado a um produto em um processo produtivo, levando-se em consideração todas as

saídas em um processo de fabricação. Para estes autores as práticas adotadas pela CCC, geralmente, negligenciam custos significativos inseridos nos desperdícios (custos ocultos na produção).

Ao usar métodos tradicionais de contabilidade de custos, as autoridades de gerenciamento concentram-se principalmente sobre os custos de fabricação de um produto, que cobrem todos os custos incorridos durante a produção, incluindo custos diretos de materiais, mão de obra e produção. Todos os custos incorridos quando a fabricação de um produto compreende o custo do produto. Independentemente da quantidade de perdas geradas em um processo de produção, o custo das perdas ainda é alocado ao custo do produto (HUANG *et al.*, 2019, p. 5).

Desta forma, observa-se que os valores alocados, em regra, continuam os mesmos, porém, há um detalhamento que permite uma visualização melhor de como e onde os custos precisam ser otimizados. A CCFM é mais analítica e pode contribuir com a gerência na tomada de decisões, já que, esta ferramenta fornece um leque maior de informações em relação aos custos da perda de materiais e ineficiências no processo. Também, pode-se observar, como diferencial, que a CCFM “além de reduzir os custos de perda de material, esta abordagem pode ajudar a organização a mitigar seus impactos ambientais adversos pela redução do consumo de recursos naturais e a geração de resíduos e emissões” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 16).

2.5 Cálculo e Alocação de custos na CCFM

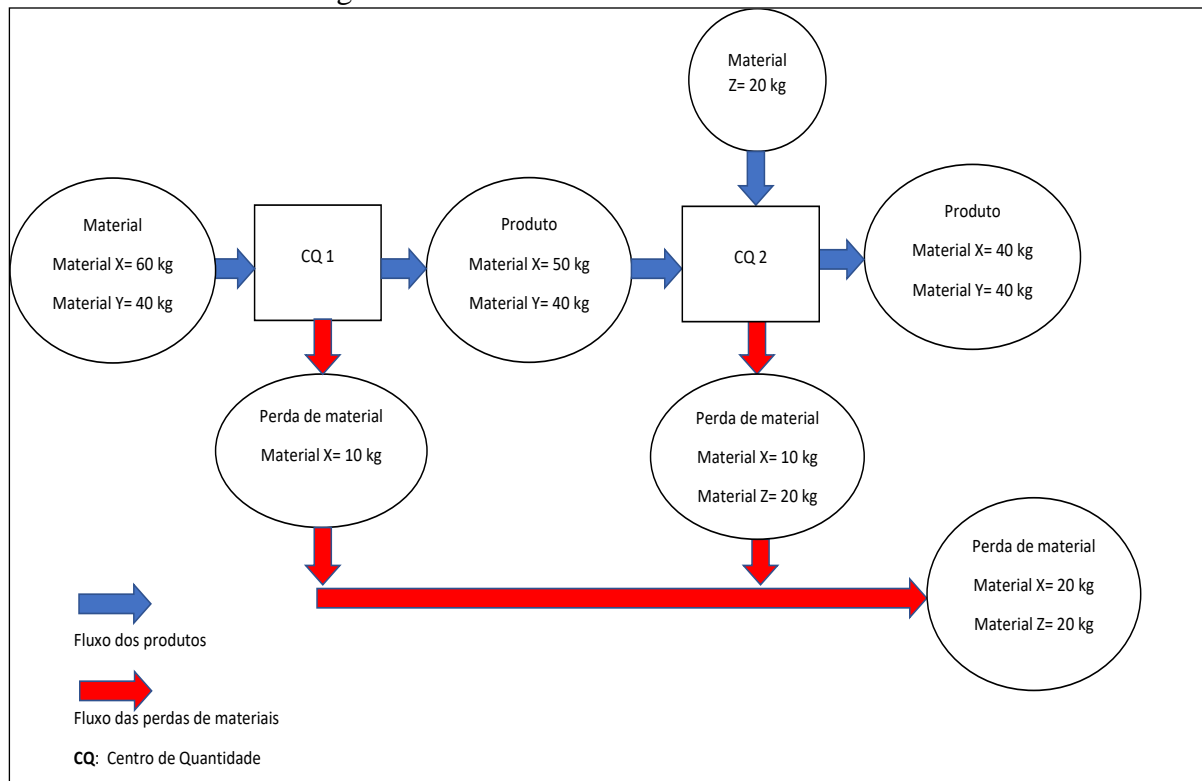
A ABNT NBR ISO 14051:2013 traz em seu Anexo B, alguns critérios, que podem ser aplicados no momento dos cálculos e alocações dos custos de materiais, sistema, energia e gestão de resíduos. Esses critérios abrangem os cálculos e alocações, levando em consideração todo o fluxo de materiais de forma detalhada em cada CQ, desde que todas as análises estejam dentro do limite proposto na CCFM.

2.5.1 Cálculo dos custos de material

Conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013), o cálculo dos custos de material pode ser considerado em dois tipos de situações: nos processos básicos - o fluxo de cada material pode ser, facilmente, rastreado do início ao fim, porém, nos processos mais complexos, que contemplam produtos intermediários - o rastreamento de cada material se torna inviável.

Na Figura 4 pode ser visualizado o fluxo de um processo básico, em que a natureza de cada material (X, Y e Z) pode ser seguida até o final do fluxo tanto para produto como para perda de material.

Figura 4 - Modelo básico de fluxo de material



Fonte: Adaptada de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2013).

Dentro da fronteira definida (Figura 4), é possível visualizar a natureza de cada material mantida por todo o processo dentro dos dois CQ's definidos, em que cada CQ gera um produto pretendido e uma perda de material.

Após a definição das fronteiras, a identificação dos CQ's e a determinação da unidade física padronizada (kg), o próximo passo contempla a quantificação monetária e alocação dos custos em cada CQ, tendo em vista que se trata de um processo básico de aplicação da CCFM. Esta etapa pode ser realizada, multiplicando a quantidade física de cada material por um custo unitário, que varia de acordo com cada organização, para que haja a conversão de toda a saída (produto e perda de material) em unidades monetárias dentro do limite e tempo da análise (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Assim, buscando esclarecer a estrutura do fluxo de material, adotou-se os seguintes valores unitários para cada quantitativo de material, conforme apresentado na Figura 4: Material X com custo unitário de R\$ 80,00; Material Y (R\$ 40,00), e Material Z (R\$ 25,00). Para alocação dos custos em cada CQ, bem como para os produtos e perdas de materiais, os dados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Matriz modelo de custos de materiais em um processo básico

Produtos e perdas de material		CQ 1			CQ 2		Produção (kg)	Totais (R\$)
Produtos	Massa (kg)	Custo unitário (R\$)	Custo (R\$)	Massa (kg)	Custo unitário (R\$)	Custo (R\$)	80	10.400
Material X	50	80	4.000	40	80	3.200	40	7.200
Material Y	40	40	1.600	40	40	1.600	40	3.200
Material Z	—	25	—	—	25	—	—	0
Perdas de material	Massa (kg)	Custo unitário (R\$)	Custo (R\$)	Massa (kg)	Custo unitário (R\$)	Custo (R\$)	40	2.100
Material X	10	80	800	10	80	800	20	1.600
Material Y	—	40	—	—	40	—	—	0
Material Z	—	25	—	20	25	500	20	500
Custos totais de material neste processo (R\$)								12.500

Fonte: Elaborada pelo Autor (2022).

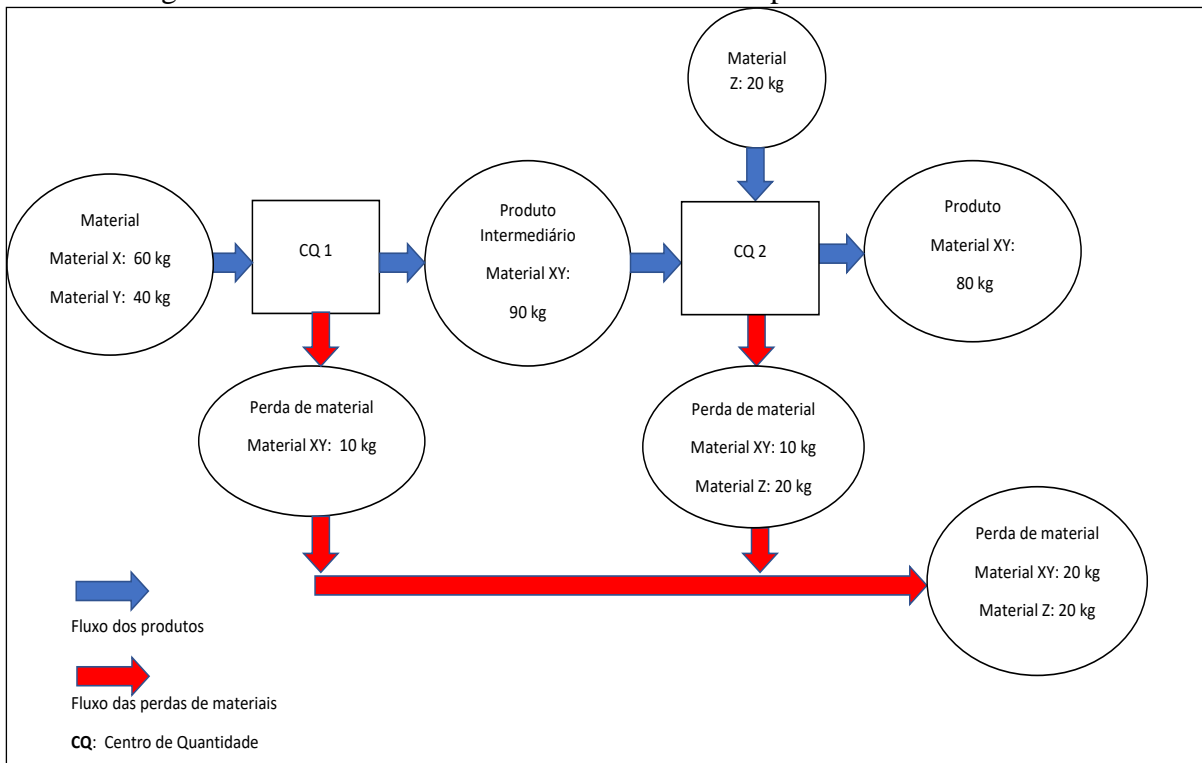
Os custos totais de materiais para o processo analisado (Tabela 2) foram de R\$ 12.500, sendo que deste valor, R\$ 10.400 foram alocados para o produto pretendido, e o restante, (R\$ 2.100), foi alocado para perdas de materiais (desperdícios). O valor destinado a perdas de materiais constitui uma informação de relevância para a gestão da organização, pois com a disponibilidade dessas informações, pode-se rever como e onde implantar melhorias no fluxo de material, tendo em vista que neste modelo de análise, é possível verificar as perdas em cada etapa ou CQ, durante o fluxo dos materiais X, Y e Z, desde o início até o final do processo.

Contudo, nem sempre é possível lidar com processos ou fluxos de materiais de maneira simplificada, considerando que em processos complexos, a aplicação da CCFM pode se tornar inviabilizada, em decorrência da dificuldade da identificação da natureza dos materiais, desde a entrada até a saída. Assim, podem ocorrer transformações no decorrer dos fluxos, em que as quantidades de variedades de materiais na entrada podem ser transformadas em uma ou diversas saídas, como produtos, produtos intermediários, perdas de material (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

No entanto, se tais variedades de materiais estiverem contidas nos CQ`s analisados, a norma determina que se deve considerar essas variedades de materiais em produtos intermediários, caso não seja possível rastrear os materiais X e Y em um determinado fluxo, em decorrência da impossibilidade de se reconhecer seus custos separadamente, assim, deve-se considerar o produto intermediário XY (Figura 5). Neste sentido, no CQ 1 entram dois tipos de materiais X e Y, porém, na saída desde CQ, como não é possível identificar e

quantificar esses materiais separadamente, tem-se como solução analisar o produto intermediário (XY), resultante do fluxo dos dois materiais. No CQ 2, será analisada a entrada de apenas dois materiais, o XY (produto intermediário) e um novo material Z. Da mesma forma será tratado na saída com o produto e a perda de material.

Figura 5 - Modelo de fluxo de material incluindo produtos intermediários



Fonte: Adaptada de ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2013).

No entanto, quando se aloca os custos aos produtos intermediários, em que na entrada, os produtos de origem apresentam custos unitários diferentes, neste caso, se determina o custo unitário para esse produto intermediário. Uma solução proposta pela norma é que “um único custo unitário de material para todos os fluxos de composição incerta é estimado, usando os custos de material unitários das entradas materiais originais” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 21).

Assim, o custo unitário do produto intermediário XY da Figura 5 pode ser calculado da seguinte forma:

$$\frac{(60 \text{ kg} \times \text{R\$ } 80) + (40 \text{ kg} \times \text{R\$ } 40)}{(60 \text{ kg} + 40 \text{ kg})} = \frac{(\text{R\$ } 4.800 + \text{R\$ } 1.600)}{(100 \text{ kg})} = \text{R\$ } 64,00 / \text{kg}$$

Na Tabela 3, encontram-se os custos de materiais para um processo, envolvendo produtos intermediários. Destaca-se que os valores monetários foram aproveitados da Tabela 2. Cabe destacar, que alguns valores dos custos totais de material direcionado para produto e perda de material contidos na Tabela 3, evidentemente, são diferentes dos contidos na Tabela 2, pelo motivo dos custos unitários serem diferentes.

Tabela 3 - Custos de materiais para um processo incluindo produtos intermediários

Composição dos produtos e perdas de material	Resultado da produção (massa)	Custos unitário	Total
Produtos	80 kg		R\$ 5.120
Material XY	80 kg	R\$ 64	R\$ 5.120
Material Z	0 kg	R\$ 25	R\$ 0
Perdas de material	40 kg		R\$ 1.780
Material XY	20 kg	R\$ 64	R\$ 1.280
Material Z	20 kg	R\$ 25	R\$ 500
Total	120 kg		R\$ 6.900

Nota: Para simplificar o entendimento, nesta tabela não está demonstrado cada tipo de custo nos CQ's.
Fonte: Elaborada pelo Autor (2022).

2.5.2 Cálculo e alocação dos custos de energia, custos de sistema e custos de gestão de resíduos

Calcular e designar os Custos com Energia (CE), Custos de Sistema (CS) e Custos de Gestão de Resíduos (CGR) para as saídas (produto e perda de material) constituem o passo seguinte ao cálculo e alocação dos Custos de Materiais (CM). Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013), assim como nos custos de materiais, o ideal é que os CE, CS e CGR sejam calculados a partir de cada CQ. Porém, caso não seja possível, deve-se partir dos valores estimados no processo como um todo, e em sequência, por critérios adequados, alocar tais custos para cada CQ, a fim de identificar os pontos críticos de gastos e perdas em pontos específicos do fluxo de material.

Na Tabela 4, estão apresentados a alocação dos CE, CS e CGR para todo o fluxo de produção e o valor alocado, proporcionalmente para cada CQ. O critério de distribuição dos valores foi a alocação de 70% e 30% do valor total para CQ1 e CQ2, respectivamente. Cabe destacar que os valores contidos na Tabela 4 e o critério de distribuição das porcentagens para os valores em cada CQ foram aleatórios e hipotéticos, apenas para ilustrar a situação.

Neste contexto, os custos de CE, CS e CGR não foram obtidos de forma direta do fluxo produtivo de cada CQ. Neste caso, são utilizados os dados agregados de todo o processo ou instalação para depois, usando critérios adequados, alocar tais custos em cada CQ.

Portanto, este procedimento é feito em duas etapas, a primeira destina-se calcular os custos para o processo como um todo e a segunda alocar tais custos para cada CQ, dentro dos limites da CCFM.

Tabela 4 - Alocação dos CE, CS CGR para cada CQ

Tipos de custo	Total	CQ 1	CQ 2
Custos de Energia (CE)	R\$ 1.500	R\$ 900	R\$ 600
Custos de Sistema (CS)	R\$ 8.000	R\$ 4.800	R\$ 3.200
Custos de Gestão de Resíduos (CGR)	R\$ 500	R\$ 300	R\$ 200

Fonte: Elaborada pelo Autor (2022).

É importante destacar que na Tabela 4, os critérios adequados de distribuição de custos não foram especificados, pois, buscou-se demonstrar, apenas, como funciona este aspecto de alocação de custos. No entanto, a norma cita exemplos de critérios, que podem ser adotados para alocação de custos em cada CQ, como por exemplo: horas-máquina, volume de produção, número de funcionários, horas de trabalho, número de tarefas executadas e espaço disponível.

Por outro lado, quando os custos de cada CQ são possíveis de se identificar, os CE e CS devem ser alocados para produtos e perdas de materiais, por critérios adequados, e os CGR devem ser alocados, em sua totalidade, para as perdas de materiais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Na Tabela 5, encontra-se ilustrada a distribuição dos custos para cada CQ, em que se adotou os percentuais na proporção de 80% para produtos e 20% para perdas de materiais do total de cada CQ. Ressalte-se que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013) não define critérios adequados para alocação de custos em CQ's, apenas, ficam ressaltados alguns exemplos de alternativas e critérios para distribuição de materiais e alocação de custos.

Como alternativa aos percentuais aplicados aos produtos, pode-se aplicar os percentuais em relação às massas de todos os materiais. No entanto, quando o percentual não pode ser aplicado ou não está disponível para todos os materiais utilizados no fluxo da produção dentro dos limites da CCFM, recomenda-se a utilização deste critério ao principal material dentro do processo ou fluxo produtivo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

É importante que critérios adequados sejam analisados, cuidadosamente, na escolha do material principal, quando não for possível a identificação, com precisão, dos insumos relevantes utilizados no fluxo produtivo. Quando um volume significativo de água é usado em

um CQ como material de lavagem, o volume de perdas de material pode ser maior que o volume destinado ao produto pretendido, o que pode causar desproporção na alocação dos custos de energia e de sistema para as perdas de material. Isto não tem relevância e utilidade para tomada de decisões pela organização (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). Isto pode ocorrer em empresas de lava-jato, lavanderias, por exemplo, ou outros processos produtivos que utilizem a água como principal material utilizado. O fato de não ter interesse na tomada de decisões pela gerência se dá pela não necessidade de se medir por meio da CCFM a quantidade de água desperdiçada, tendo em vista que pode ser visível a perda sem o auxílio da ferramenta e decisões podem ser tomadas de forma a racionar o material e energia e assim reduzir custos tanto na esfera econômica, e por consequência, na ambiental.

Tabela 5 - Alocação dos CE, CS e CGR para produtos e perdas de material para o CQ1 e CQ2

Tipos de custo	CQ 1	CQ 2
Custos de Energia (CE)	R\$ 900	R\$ 600
Produtos	R\$ 720	R\$ 480
Perdas de material	R\$ 180	R\$ 120
Custos de Sistema (CS)	R\$ 4.800	R\$ 3.200
Produtos	R\$ 3.840	R\$ 2.560
Perdas de material	R\$ 960	R\$ 640
Custos de Gestão de Resíduos (CGR)	R\$ 300	R\$ 200
Produtos	R\$ 0	R\$ 0
Perdas de material	R\$ 300	R\$ 200

Fonte: Elaborada pelo Autor (2022).

Um outro tipo de critério de alocação de custos destacado pela norma ABNT NBR ISO 14051:2013, é a *abordagem alternativa para os critérios de alocação para o uso de energia*. Normalmente, a distribuição proporcional de massa de entradas de materiais em saídas (produtos e perdas de materiais) é utilizada como critério para alocar o uso de energia para os produtos e perdas de materiais. No entanto, se informações mais precisas sobre a eficiência energética estiverem disponíveis dentro do fluxo produtivo nos limites da CCFM, elas podem contribuir para uma quantificação mais precisa da eficiência energética e dos resíduos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

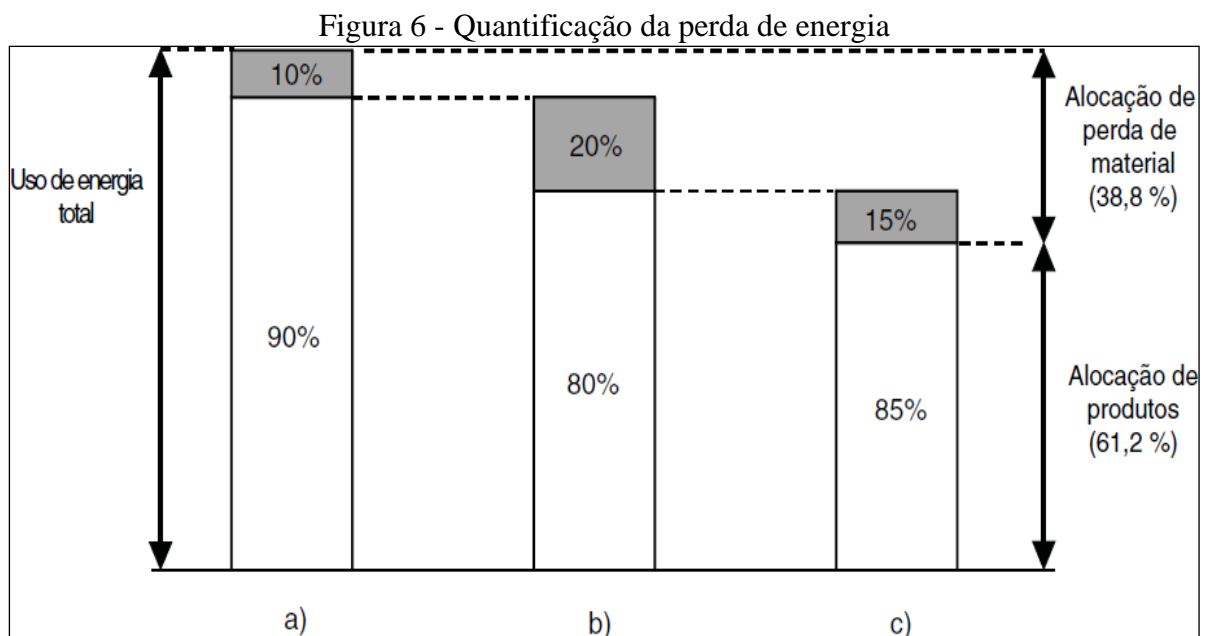
A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013) destaca três situações em que se pode ter informações específicas sobre o uso de energia em um fluxo produtivo, que pode colaborar para identificação de eficiência energética: a) Se uma máquina gasta 10% do seu tempo de operação para inicialização, desligamento e manutenção, esta porcentagem de tempo não está relacionada, diretamente, com a produção, portanto, esta proporção de uso

energético deve ser considerada desperdício e, por consequência, deve ser alocada para perdas de materiais; b) Caso a ineficiência de material de 20% seja identificada com precisão dentro do fluxo de tais materiais, por consequência, a alocação de 80% do uso de energia remanescente deve ser alocada para os produtos; c) Caso seja constatado que uma máquina é 15% menos eficiente que uma outra máquina que opera de forma otimizada, isto resulta na alocação dos restante, ou seja, 85% do uso de energia para produtos.

Diante das três situações mencionadas (a, b e c), se o critério de alocação for a *alternativa à porcentagem de distribuição de material*, o uso de energia é alocado na proporção de 80% para produtos e 20% para perdas de materiais. Por outro lado, se o critério for somente a *Abordagem alternativa para os critérios de alocação para o uso de energia*, o uso de energia é alocado da seguinte forma:

- 1) Alocação de energia aos produtos: $90\% \times 80\% \times 85\% = 61,2\%$
- 2) Alocação de energia às perdas de material: $100\% - 61,2\% = 38,8\%$

Na Figura 6, está apresentada a alocação dos custos de energia para o produto e perda de material para as situações a, b e c, tratadas em conjunto e da forma como é realizada.



Nota: As porcentagens dentro de cada barra (a, b, c) representam o aproveitamento (90%, 80% e 85%) e desperdício (10%, 20% e 15%) de energia em cada situação, respectivamente. A porcentagem 61,2% representa a alocação de energia para os produtos ($90\% \times 80\% \times 85\%$), enquanto a proporção 38,8% indica a alocação de energia às perdas de material ($100\% - 61,2\% = 38,8\%$).

Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (2013).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013, p.24) destaca, nesta situação, que “uma porcentagem mais alta de energia alocada às perdas de material indicadas ao usar a

abordagem alternativa fornece um reflexo mais preciso das ineficiências sobre as quais a gerência deve focar sua atenção”.

No Anexo C da norma ABNT NBR ISO 14051:2013, estão evidenciados cinco estudos de casos, como amostras de aplicação da CCFM em seus processos produtivos, que obtiveram êxito diante dos objetivos pretendidos. Os estudos foram realizados em empresas com ramos de negócio, tipos e tamanho diferentes: como indústrias de manufatura (Seção C.2 e C.3), indústria farmacêutica (Seção C.5), de processamento de alimento (Seção C.4 e C.6), de agricultura (Seção C.4), de pequenas e médias empresas (Seção C.3) e a de cadeia de suprimentos (Seção C.2 e C.4).

Antes da padronização da CCFM em 2011, pela ISO, a ferramenta ganhou apoio significativo do Ministério do Comércio e Indústria do Japão (METI) no que se refere a divulgação e incentivo a aplicação do método em indústrias japonesas (WOHLGEMUTH; LÜTJE, 2018). A CCFM foi aplicada pela primeira vez no Japão em 2000, por meio de projetos incentivados pelo METI, que financiou os primeiros estudos de caso, nas empresas Nitto Denko e Canon (SCHMIDT; NAKAJIMA, 2013).

Schmidt e Nakajima (2013, p. 360) afirmam que desde a primeira aplicação da ferramenta em 2000, até 2013, “o número de empresas no Japão que acumulou experiência com a CCFM é superior a 300. Enquanto isso, numerosos estudos sobre o método e a experiência prática foram publicados novamente, especialmente no Japão e na Alemanha”. Estes autores, ainda, afirmam que países como Brasil, Reino Unido, Finlândia, Malásia, México e África do Sul apoiaram o Japão e a Alemanha na padronização da CCFM em 2011, por meio da ISO 14051.

Entre 2004 e 2012, a Canon (empresa japonesa) já havia implantado a CCFM em 17 fábricas, incluindo filiais fora do Japão. Os custos economizados, neste período, foram de aproximadamente, US\$ 51 milhões. Os benefícios foram alcançados, principalmente, pela redução na compra de materiais, decorrentes de medidas de redução de encargos ambientais, que diminuiriam o consumo de recursos, e em consequência, trouxeram benefícios econômicos para as empresas, reduzindo seus custos corporativos (SCHMIDT; NAKAJIMA, 2013).

Schmidt e Nakajima (2013, p. 365) afirmam ainda, que uma seleção de 15 estudos de caso em diferentes empresas de ramos variados da indústria japonesa evidenciou que, por meio da aplicação da CCFM, “em média, cerca de 20% a 30% dos custos estão associados aos produtos "negativos". As empresas envolvidas, geralmente, já implementaram várias medidas, visando reduzir os fluxos de materiais”.

Um levantamento relacionado a 26 estudos de casos, envolvendo 14 países diferentes da Europa, Ásia e África, sobre a aplicação da CCFM, realizado por Sahu *et al.* (2021), evidenciou que a implementação da ferramenta resultou em melhor desempenho financeiro e ambiental nas indústrias estudadas.

Em decorrência de resultados satisfatórios como os apontados pela literatura, outras normas sobre a aplicação da CCFM foram criadas com o objetivo de adaptar a ferramenta, de modo mais específico ao tipo de indústria a ser analisada, tendo em vista que a ISO 14051 oferece uma estrutura geral para a implementação da CCFM. Em 2017, a ISO padronizou a norma 14052, que trata de diretrizes para implementação prática em uma cadeia de suprimentos, e está atualmente em desenvolvimento a ISO 14053, que aborda a aplicação prática da CCFM em pequenas e médias empresas (PMEs) (WOHLGEMUTH; LÜTJE, 2018; SAHU *et al.*, 2021).

Contudo, cabe destacar, que o nível de conhecimento da ferramenta é o primeiro pressuposto importante e tem sido o principal entrave para sua aceitação a aplicação. Segundo Christ e Burritt (2016), alguns fatores que interferem no nível de conhecimento do padrão ISO 14051 (CCFM) estão ligados à falta de divulgação em canais de publicação e publicidade. Os autores relatam, ainda, que o processo de disseminação sobre a aplicação da CCFM está restrito a estudos de casos, vinculados a pesquisas acadêmicas, não havendo engajamento das organizações, na ausência da academia.

A relutância em se aplicar a CCFM, mesmo que se tenha conhecimento de suas vantagens e desvantagens, representa outro aspecto que deve ser considerado. Neste sentido, convém que “ao tomar a decisão de adotar uma inovação, as organizações observarão um processo que incorpore cada uma das seguintes etapas: conhecimento; persuasão; decisão; implementação; e confirmação” (CHRIST; BURRITT, 2016, p. 4).

O processo de implantação da CCFM dentro de um sistema convencional de custos, em uma organização, vai além da apropriação da norma técnica, pois requer conhecimento e flexibilidade para recepcionar aspectos inovadores, que podem trazer benefícios para a organização. Assim, relata Kokubu e Kitada (2015, p. 1), “para aplicar a CCFM nas empresas continuamente, é necessário superar os conflitos entre a CCFM e as perspectivas de gestão existentes”.

Um outro aspecto relevante está relacionado ao fato de que não se pode pensar na aplicação de uma ferramenta, que auxilia no apoio a redução de impactos ambientais negativos, sem o engajamento do poder público. Um exemplo prático é a criação da própria norma (versão original), a ISO 14051:2011, que teve apoio e influência, imprescindíveis, do

governo alemão e do Ministério da Economia, Comércio e Indústria (METI) do Japão (YAGI; KOKUBU, 2018).

Contudo, a CCFM tem desenvolvido importante papel dentro da contabilidade de gestão ambiental nas instituições. O uso desta ferramenta pode não só contribuir para a evolução da contabilidade ambiental, como também, para a modernização, em termos de adaptação a práticas ecoeficientes e sustentáveis da ciência contábil como um todo.

A contabilidade ambiental poder ser caracterizada como um instrumento de responsabilidade social, tendo em vista que este ramo recente da ciência contábil tem a capacidade de informar e registrar procedimentos e métodos de proteção e preservação ambiental (GONÇALVES; OLIVEIRA, 2017). Tais registros e métodos devem ser demonstrados com a maior segurança e confiabilidade possível e a CCFM pode contribuir neste aspecto como ferramenta capaz de fornecer informações detalhadas sobre encargos ambientais, sem prejudicar os métodos convencionais utilizados na contabilidade.

Gonçalves e Oliveira (2017, p. 2), ainda destacam a importância de se refletir a respeito da relevância da contabilidade ambiental no currículo dos cursos de Ciências Contábeis, “para que futuros contadores se tornem aprendizes e educadores no processo de mudanças de paradigmas nas questões ambientais”.

Por tanto, a contabilidade ambiental pode ser considerada como um ramo da ciência contábil que mais se aproxima do alinhamento desta ciência social com os paradigmas ecológicos. Essa importância se estende não só dentro da academia, mas nas ações implementadas pelo novo perfil do profissional contábil que se exige atualmente, ou seja, um profissional com expertise e responsabilidade social, econômica e ambiental, simultaneamente.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada em duas fases nas quais foram elaborados quatro artigos, sendo dois em cada fase. No primeiro texto, foi realizada uma revisão de literatura em artigos publicados em periódicos nacionais e internacionais bem como uma pesquisa documental em leis, decretos e resoluções, sobre a história da ciência contábil no Brasil e as reflexões em torno da contabilidade ambiental como um novo campo do saber da contabilidade a partir do século XX até o ano de 2020.

O segundo artigo teve como intuito realizar um levantamento bibliométrico sobre o panorama da literatura científica relacionada a CCFM no período de 2011, quando foi lançada a norma 14051 pela ISO, até 2020. Para isso foi realizada uma busca na base de dados *Web of Science (WoS)* de artigos publicados exclusivamente na língua inglesa com a utilização de palavras-chave e operadores booleanos com a seguinte estrutura de busca: “*Material Flow Cost Accounting*” OR “*ISO 14051*”.

Na segunda fase da pesquisa, foram realizadas visitas técnicas na microempresa, objeto de estudo, localizada no município de Teresina, Piauí, Brasil, durante o mês de agosto de 2021 com o objetivo de verificar a aplicabilidade da CCFM com base nas diretrizes gerais da ISO 14051. Dois artigos foram elaborados a partir dos resultados obtidos durante a pesquisa de campo. O texto 1 tratou da aplicação da CCFM na microempresa pesquisada e o artigo 2 teve como intuito avaliar e indicar sugestões de melhorias no desempenho econômico e ambiental de microempresa decorrentes da aplicação da CCFM. Nestes dois artigos, foi utilizada a técnica de observação direta do processo produtivo analisado, anotações em diário de campo, bem como a realização da pesquisa documental nos sistemas contábeis e gerenciais da indústria com objetivo de coletar dados para subsidiar as informações coletadas durante a análise do processo de produção determinado na fronteira do estudo.

Ressalta-se que 10 indústrias (universo) situadas no município de Teresina -PI foram contactadas e convidadas a colaborarem com esta pesquisa. Deste total, 7 (sete) não manifestam interesse, 2 (duas) não deram retorno ao convite e 1 (uma - amostra) mostrou-se interessada em colaborar. O critério de escolha da amostra adotado, além da exigência de que fosse do segmento industrial, foi a aceitação das empresas em colaborar com a pesquisa.

Os dados coletados foram tabulados, organizados e analisados em quadros, tabelas, planilhas eletrônicas, fluxogramas, gráficos e figuras. Ressalta-se que os procedimentos metodológicos estão detalhados em cada um dos quatro artigos apresentados nos tópicos 4, 5, 6 e 7 desta tese.

REFERÊNCIAS

ALVES, É. A. C. O PDCA COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DA ROTINA. **XI CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO**, [S. l.], p. 1-12. 2015. Disponível em: https://www.inovarse.org/sites/default/files/T_15_017M_7.pdf. Acesso em: 31 ago. 2021.

ASIAN PRODUCTIVITY ORGANIZATION (APO). **Manual on Material Flow Cost Accounting: ISO 14051**. 1. ed. TOKYO: [s. n.], 2014. 37 p. v. 1. ISBN 978-92-833-2450-8. Disponível em: <https://www.apo-tokyo.org/publications/ebooks/manual-on-material-flow-cost-accounting-iso-14051/>. Acesso em: 22 out. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14051: Gestão Ambiental – Contabilidade de Fluxos de Material – Estrutura Geral**. Rio de Janeiro, p. 49. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA GRÁFICA (ABIGRAF). **Números da Indústria Gráfica Brasileira**. [S. l.], 2021. Disponível em: [https://www.taiwanservices.com.tw/oppFile/Ind%C3%BAstria%20Gr%C3%A1fica%20Brasileira%20Mar%C3%A7o-21\(9\).pdf.pdf](https://www.taiwanservices.com.tw/oppFile/Ind%C3%BAstria%20Gr%C3%A1fica%20Brasileira%20Mar%C3%A7o-21(9).pdf.pdf). Acesso em: 23 fev. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA GRÁFICA (ABIGRAF). **Os números da indústria gráfica piauiense**. [S. l.], 2015. Disponível em: <http://abigraf.org.br/documents/278>. Acesso em: 25 ago. 2021.

BAUTISTA-LAZO, S.; SHORT, T. Introducing the All Seeing Eye of Business: a model for understanding the nature, impact and potential uses of waste. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 40, p. 141-150, 2013. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612004763?via%3Dihub>. Acesso em: 10 jun. 2021.

BEHNAMI, A. *et al.* Integrating data reconciliation into material flow cost accounting: The case of a petrochemical wastewater treatment plant. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 218, p. 616-628, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.218>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619302318?via%3Dihub>. Acesso em: 16 jul. 2021.

CHRIST, K. L.; BURRITT, R. L. ISO 14051: A new era for MFCA implementation and research. **REVISTA DE CONTABILIDAD: Spanish Accounting Review**, Espanha, v. 19, ed. 1, p. 1-9, 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.rcsar.2015.01.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1138489115000163?via%3Dihub>. Acesso em: 17 ago. 2021.

DEKAMIN, M.; BARMAKI, M. Implementation of material flow cost accounting (MFCA) in soybean production. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 210, p. 459-465, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.057>. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez17.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652618334577?via%3Dihub>. Acesso em: 29 jul. 2021.

FAKOYA, M. B.; POLL, H. M. van der. Integrating ERP and MFCA systems for improved waste-reduction decisions in a brewery in South Africa. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 40, p. 136-140, 2013. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612004787?via%3Dihub>. Acesso em: 22 jul. 2021.

HUANG, S. Y. *et al.* The Application of Material Flow Cost Accounting in Waste Reduction. **Sustainability**, [s. l.], v. 11, ed. 5, p. 1-27, 27 fev. 2019. DOI <https://doi.org/10.3390/su11051270>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/5/1270/htm>. Acesso em: 27 jul. 2021.

GONÇALVES, L. H. T.; OLIVEIRA, J. J. de. Importância da contabilidade ambiental na formação do profissional de Ciências Contábeis. **7º Congresso UFSC de Controladoria e Finanças: Transparência, Corrupção e Fraudes**, Florianópolis, p. 1-12, 2017. Disponível em: https://dvl.ccn.ufsc.br/congresso/artigos/trabalhos_aprovados. Acesso em: 22 out. 2021.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 14051: Environmental management - Material flow cost accounting — General framework**. Switzerland: ISO, 2011.

KOKUBU, K.; KITADA, H. Material flow cost accounting and existing management perspectives. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 108, p. 1279 - 1288, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.037>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614008609?via%3Dihub>. Acesso em: 18 set. 2021.

MACENO, M.; PAWLOWSKY, U.; CARDOSO, R. C. MEDIÇÃO DE DESEMPENHO AMBIENTAL PELA CCFM EM UMA INDÚSTRIA DE EMBALAGENS PLÁSTICAS DE ALIMENTOS. **XI CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO**, [S. l.], p. 1-13, 2015. Disponível em: https://www.inovarse.org/sites/default/files/T_15_184.pdf. Acesso em: 24 ago. 2021.

NAKANO, K.; HIRAO, M. Collaborative activity with business partners for improvement of product environmental performance using LCA. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 19, p. 1189-1197, 2011. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.03.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652611000837?via%3Dihub>. Acesso em: 10 jul. 2021.

NAKAJIMA, M. The new management account field established by material flow cost accounting (MFCA). **Kansai University Review of Business and Commerce**, Kansai, v. 8, p. 1-22, mar. 2006.

SAHU, A. K. *et al.* Improving financial and environmental performance through MFCA: A SME case study. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 279, p. 1-19, 10 jan. 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123751>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620337963?via%3Dihub>. Acesso em: 24 ago. 2021.

SANTOS, P. V. S. *et al.* UM ESTUDO ACERCA DA SOBREVIVÊNCIA DE MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (MPEs). **Simpósio de Engenharia de Produção da Região**

Nordeste (SEPRONe) & Simpósio de Engenharia de Produção do Vale do São Francisco (SEPVASF), Juazeiro - BA, 2018. Disponível em: <https://doity.com.br/anais/seprone/trabalho/43605>. Acesso em: 23 fev. 2022.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). Perfil das Microempresas e Empresas de Pequeno Porte. *In*: SEBRAE. **Perfil das Microempresas e Empresas de Pequeno Porte**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/ufs/ro/artigos/perfil-das-microempresas-e-empresas-de-pequeno-porte-2018,a2fb479851b33610VgnVCM1000004c00210aRCRD>. Acesso em: 23 fev. 2022.

SCHMIDT, M.; NAKAJIMA, M. Material Flow Cost Accounting as an Approach to Improve Resource Efficiency in Manufacturing Companies. **Resources**, [s. l.], v. 2, ed. 3, p. 358-369, 2013. DOI 10.3390 / resources2030358. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/272660018_Material_Flow_Cost_Accounting_as_an_Approach_to_Improve_Resource_Efficiency_in_Manufacturing_Companies. Acesso em: 22 out. 2021.

SCHMIDT, M. The interpretation and extension of Material Flow Cost Accounting (MFCA) in the context of environmental material flow analysis. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, p. 1-10, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.038>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614012189?via%3Dihub#!>. Acesso em: 6 set. 2021.

SCHMIDT, A.; GOTZE, U.; SYGULLA, R. Extending the scope of Material Flow Cost Accounting e methodical refinements and use case. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, p. 1320-1332, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.039>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010816?via%3Dihub>. Acesso em: 7 maio 2020.

TRAN, T. T.; HERZIG, C. Material Flow Cost Accounting in Developing Countries: A Systematic Review. **Sustainability**, [S. l.], v. 12, n. 13, p. 1-18, 4 jul. 2020. DOI <https://doi.org/10.3390/su12135413>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/13/5413#>. Acesso em: 24 ago. 2021.

WAGNER, B. A report on the origins of Material Flow Cost Accounting (MFCA) research activities. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], 2015. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0959652615014043?token=B0045175ACEAC1B56D3FCC64C57E0CF8D20378CFA04718E58993C771AC55D2DE49EFCF5C0B9730D9677EA3DA1877568B>. Acesso em: 16 set. 2021.

WOHLGEMUTH, V.; LÜTJE, A. A. Using the Method of Material Flow Cost Accounting (MFCA) to quantify Industrial Organic Waste Streams for Energetic Utilization. **ResearchGate**, [s. l.], p. 1-10, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/329118375_Using_the_Method_of_Material_Flow_Cost_Accounting_MFCA_to_quantify_Industrial_Organic_Waste_Streams_for_Energetic_Utilization. Acesso em: 22 out. 2021.

YAGI, M.; KOKUBU, K. Corporate material flow management in Thailand: The way to material flow cost accounting. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 198, p. 763-775, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618319747>. Acesso em: 17 set. 2021.

4 A CIÊNCIA CONTÁBIL NO BRASIL E REFLEXÕES EM TORNO DA CONTABILIDADE AMBIENTAL COMO NOVO CAMPO DO SABER

RESUMO:

O conhecimento contábil marcou presença nas mais diversas etapas das relações econômicas empreendidas pelo homem, graças ao caráter versátil que a contabilidade adquiriu ao longo dos ciclos econômicos. São notáveis os avanços do conhecimento contábil, a partir de um saber prático relacionado aos cálculos matemáticos e aplicado às transações comerciais, ao conhecimento teórico, já inserido no ambiente do capitalismo ocidental e, marcadamente, vinculado às técnicas de escrituração e das movimentações financeiras/administrativas de organizações públicas e privadas. O presente estudo teve como objetivo apresentar o perfil histórico da contabilidade no Brasil ao longo do século XX até o ano de 2020, com direcionamento para o ramo da contabilidade ambiental. Por meio de uma pesquisa histórica, documental e bibliográfica, evidenciou-se que a ciência contábil no Brasil sofreu influências de teorias europeias, especialmente italianas, e norte-americanas, não constituindo assim, uma ciência genuinamente influenciada por escolas brasileiras. Constatou-se ainda, que a contabilidade está se moldando cada vez mais a regramentos internacionalmente aceitos, com destaque para o novo campo do saber desta ciência social, a contabilidade ambiental.

Palavras-Chave: Contabilidade. Contabilidade Ambiental. Sustentabilidade.

ABSTRACT:

Accounting knowledge was present in the most diverse stages of economic relations undertaken by man, thanks to the versatile character that accounting has acquired over the economic cycles. The advances in accounting knowledge are remarkable, based on practical knowledge related to mathematical calculations and applied to commercial transactions, to theoretical knowledge, already inserted in the environment of western capitalism and, markedly, linked to bookkeeping techniques and financial/administrative transactions. of public and private organizations. The present study aimed to present the historical profile of accounting in Brazil throughout the 20th century until the year 2020, with a focus on the field of environmental accounting. Through a historical, documentary and bibliographical research, it was evidenced that accounting science in Brazil was influenced by European theories, especially Italian, and North American, not constituting, therefore, a science genuinely influenced by Brazilian schools. It was also found that accounting is increasingly shaping itself to internationally accepted regulations, with emphasis on the new field of knowledge of this social science, environmental accounting.

Keywords: *Accounting. Environmental Accounting. Sustainability.*

1 INTRODUÇÃO

O uso do cálculo, seja para fins de transações comerciais, relações de trocas e/ou medições de terras, se constitui como uma das mais antigas práticas do homem. A complexidade das relações econômicas influenciou diretamente nas "ciências das contas", como é conhecida vulgarmente a contabilidade, que em sequência, foi definindo o cálculo contábil e deixando para trás o *status* de mero instrumento de controle de contas, passando a desenvolver um papel mais representativo dentro de determinada entidade ou instituição. Assim, a ciência das contas tornou-se uma ferramenta imprescindível no processo de análise da saúde econômica e financeira dessas entidades, propiciando informações concretas, confiáveis e úteis para a tomada de decisões que interferem no planejamento estratégico e nos objetivos precípuos de uma instituição, seja pública ou privada, com ou sem fins lucrativos.

A complexidade econômica e social que se ampliou, especialmente, na segunda metade do século XX, com o surgimento de questões ambientais significativas, envolvendo produtos, processos e serviços, foi determinante no despontar do ramo da contabilidade ambiental, voltada para a mensuração e análise de demonstrativos, tendo reflexos na forma como as entidades devem conciliar processos produtivos frente aos dilemas ambientais do mundo contemporâneo. É no interior dessa problemática que o presente estudo se encontra ancorado.

Com essa perspectiva, o presente estudo despontou das seguintes questões-problema: existe/existiu uma contabilidade essencialmente brasileira? A contabilidade ambiental está inserida no contexto de consolidação da contabilidade como ciência que contribui para adoção de práticas ambientais sustentáveis? Dessa forma, considerou-se a hipótese, que o Brasil sempre foi aberto ao fluxo das ideias estrangeiras, participando do mercado global e aberto aos contatos e trocas de conhecimentos sobre o tema. Assim, este estudo teve como objetivo apresentar o perfil histórico da contabilidade no Brasil ao longo do século XX até o ano de 2020, com direcionamento para o ramo da contabilidade ambiental, ressaltando-se os principais marcos históricos, que contribuíram para a consolidação da contabilidade como ciência e o alinhamento desta ciência com a temática ambiental, especialmente nos processos produtivos industriais.

2 METODOLOGIA

Quanto aos aspectos metodológicos, trata-se de uma pesquisa histórica, documental e bibliográfica envolvendo artigos publicados em periódicos, nacionais e internacionais, anais de eventos, livros, normas legais e infralegais, que regulam o ensino contábil e o regramento

da contabilidade no Brasil. Também, buscou-se como suporte bibliográfico, dissertações e teses que abordaram a temática investigada. Os instrumentos utilizados apresentam conteúdo interdisciplinar, envolvendo áreas de conhecimento como história, economia, ciências ambientais e a contabilidade.

O marco temporal deste estudo está situado, principalmente, entre a segunda metade do século XX até o ano de 2020, considerando o marco da inserção do Brasil na ordem econômica global, com rápido crescimento do setor industrial e do agronegócio, potencializando assim, forte migração da população para os principais centros urbanos do país, aspecto este que tornou a ciência contábil relevante não só para o registro de transações comerciais (livros contábeis) mas, também, como uma ferramenta gerencial de tomada de decisões frente ao novo cenário econômico brasileiro.

Assim, este artigo está dividido em três partes. Inicialmente, evidenciou-se o processo histórico que influenciou o conhecimento contábil no Brasil durante o século XX, desde os primeiros anos da República até o processo de reabertura econômica na década de 1990. Contextualizou-se, também, a contabilidade no Brasil desde o início século XX até o ano de 2020, demonstrando como se deu o processo de harmonização da ciência contábil às normas internacionais impulsionadas pelo sistema capitalista do mundo moderno. No segundo momento, analisou-se o contexto mais amplo em torno dos debates ecológicos, os custos de capitais e como a ciência contábil absorveu no interior das suas práticas e metodologias, as discussões ambientais a tal ponto de formular uma área de conhecimento voltada para a contabilidade ambiental. Por fim, no terceiro momento, levantou-se algumas considerações sobre a agenda contábil ligada à questão ambiental e como os futuros profissionais devem aliar-se nos seus ofícios, bem como a importância da produção e a necessidade da preservação ambiental.

3 A CONTABILIDADE NO BRASIL: PERCURSO HISTÓRICO

Por ser uma ciência social, a contabilidade tende a se modificar conforme as necessidades sociais e mediante a criação de novos mecanismos e teorias decorrentes da quebra de paradigmas culturais, políticos, sociais e econômicos. No Brasil, a contabilidade passou por diversas transformações, adquirindo caráter profissionalizante, a partir do final do século XIX, com a ampliação do mercado atlântico, sobretudo, com a economia do café. Antes, nos séculos XVII e XVIII, os agentes que ocupavam cargos próximos aos de contadores eram, na sua maioria, vassalos que, ao receberem o cargo das autoridades coloniais, exerciam atividades relacionadas à organização comercial, arrecadação de tributos e

combate ao contrabando (RICUPERO, 2009). Nesse período, as regras contábeis no Brasil eram herança do modelo europeu do Antigo Regime, provindas de Portugal, resguardadas pelo Código Felipino e amplamente adotadas nos mais diversos locais que os portugueses circulavam.

Como consequência, a contabilidade no Brasil seguia, até meados do século XX, influências das escolas teóricas europeias, especialmente italianas. Entretanto, constatou-se de relevante no pensar contábil, a criação do Erário Régio, uma espécie de Tesouro Geral ou Público e, a Implantação das partidas dobradas, que se tratava de um método descrito pelo Frei italiano Luca Pacioli no livro "*Summa de Arithmetica, Geometria, Proportioni et Proportionalità*", em 1494. Tal método indica que para cada débito registrado teria que se registrar um crédito correspondente em igual valor (ZANLUCA; ZANLUCA, 2016).

No Brasil, um marco importante da contabilidade pensada de forma científica se deu com a criação do Código Comercial em 1850. Instituído durante o reinado de D. Pedro II, tais reformas tiveram a relevante contribuição do Barão de Mauá, empreendedor sintonizado com as novas diretrizes contábeis adotadas na Europa e EUA (UFSC, 2017). Durante os 30 anos que antecederam a proclamação da República no Brasil, foram aprovadas algumas leis com o intuito de acompanhar e adequar modelos econômicos, advindos principalmente da Europa, ao Brasil. Em 22 de agosto de 1860, foi criada a Lei 1.083, considerada a primeira lei a mencionar sobre Sociedades por Ações (S.A).

A Lei 1.083/1860 “possuía oito artigos e uma grande preocupação com o sistema financeiro, e obrigava que a entidade tivesse autorização do governo para seu funcionamento” (UFSC, 2017, p. 3). Tais afirmações podem ser notadas no § 10 do primeiro artigo da referida lei em que se menciona:

Nenhum Banco, que não for dos atualmente estabelecidos por Decretos do Poder Executivo, Companhia ou Sociedade de qualquer natureza, comerciante ou indivíduo de qualquer condição, poderá emitir, sem autorização do poder Legislativo, notas, bilhetes, vales, papel ou título algum ao portador, ou com o nome deste em branco, sob pena de multa do quádruplo do seu valor, a qual recairá integralmente tanto sobre o que emitir como sobre o portador. (BRASIL, 1860, p. 1).

Embora, a Lei 1.083 de 1860 tenha mencionado os termos Sociedade e Companhia, o intuito desta norma legal era o de controlar a emissão, pelos bancos, de notas, bilhetes, vales, papel ou títulos com autorização do Estado. Silva e Assis (2015) relatam que o Brasil, no final do século XIX, passava por uma crise de cunho econômico e social, motivada em nível interno, sobretudo, pela desagregação da instituição escrava e, em nível externo, das crises econômicas do neocolonialismo na Europa e da iminência de conflito entre os principais

países do ocidente. Além das pressões pelo fim da escravatura, as pressões políticas minavam o sistema monárquico brasileiro, o que de fato se concretizou em 1888 com a abolição da escravidão e, em 1889, com a mudança da forma de governo para o republicano (SILVA; ASSIS, 2015).

Como consequência, o fim da escravidão e o nascimento da República trouxeram sérios problemas econômicos, políticos e sociais para o Brasil. A insatisfação dos grandes fazendeiros pela perda da mão-de-obra escrava e a não indenização por tais prejuízos, fez com que a miséria se alastrasse ainda mais. No cenário internacional, a quebra da bolsa de Nova York e o acirramento entre as principais potências europeias constituíram outro fator que contribuiu para o recrudescimento da economia do café (MAYER, 1987). Em termos gerais, o Brasil, durante toda a segunda metade do século XX, não apresentava condições econômicas e industriais suficientemente capazes para alavancar seu desenvolvimento social (SILVA; ASSIS, 2015). Ressalte-se que as Sociedades por Ações no Brasil, só ganharam regulamentação própria durante o governo militar, com a publicação da Lei 6.404 de 15 de dezembro de 1976. Com 300 artigos atualmente, a Lei 6.404/76 expõe sobre as características, natureza e formas de controle de capital e ações das S.A (BRASIL, 1976).

Segundo Reis, Reis e Silva (2007), em 1929, com a “quebra” da bolsa de Nova York, instalou-se no Brasil a chamada crise do café, cujos reflexos políticos, econômicos e sociais levaram à decadência do período da República Velha. O mundo pós-crise de 1929, precisava se reinventar com novas teorias que contribuíssem para o reerguimento da economia mundial. O campo da contabilidade sofreu mudanças em termos de visibilidade como ciência e consolidação do reconhecimento do profissional desta área (REIS; SILVA; SILVA, 2007).

No período de 1889 a 1930, o Brasil viveu um processo de estagnação econômica e praticamente não houve grandes transformações no campo da ciência contábil (UFSC, 2017). Porém, em 1902, foi criada a primeira escola especializada em ensino de contabilidade no país, a Escola Prática de Comércio, que posteriormente fora nomeada de Fundação Escola de Comércio Álvares Penteado (FECAP), que tinha como seus principais precursores: Antônio de Álvares Leite Penteado, Horácio Berlinck, Francisco D’Auria, Frederico Herrmann Júnior e Coriolano Martins (COTRIN; SANTOS; ZOTTE JUNIOR, 2012).

Segundo Soares *et al.* (2011), em 1905, a Academia de Comércio do Rio de Janeiro passou a oferecer dois cursos: um de cunho mais amplo, que contemplava a formação em várias funções, entre elas a de guarda-livros; o segundo, superior, que habilitava funções mais específicas e um porte maior de responsabilidade, como por exemplo, chefes de contabilidade de instituições financeiras e grandes empresas comerciais.

Com a criação das entidades supracitadas e com atuação importante de personalidades como Carlos de Carvalho, Francisco D'Áuria, Frederico Hermann Júnior, João Lyra Tavares, durante a República Velha, o campo da ciência contábil teve relevantes ganhos na busca pelo reconhecimento da profissão contábil no Brasil (HOMERO JUNIOR, 2017). No ano de 1911, “cria-se a Revista Brasileira de Contabilidade; em 1916, criam-se o Instituto Brasileiro de Contadores Fiscais e a Associação dos Contadores, em São Paulo, e o Instituto Brasileiro de Contabilidade” (HOMERO JUNIOR, 2017, p. 6).

Na Europa, especialmente na Itália, desenvolvia-se uma corrente de pensadores da chamada Escola Patrimonialista. Esses pensadores afirmavam que o objeto de estudo que concretizava a contabilidade como ciência era o patrimônio das entidades. Segundo Reis, Silva e Silva (2007, p. 5), o italiano Vincenzo Masi afirmou em 1923, “que o objeto da Contabilidade era o patrimônio, declarando seu pensamento em um artigo, cujo título denominava *La Regioneria come Scienza Del Patrimonio*”.

A Teoria Patrimonialista ordena os componentes que devem compor o patrimônio das entidades e divide as contas em dois grupos: o primeiro, as chamadas contas patrimoniais compostas por Ativo, Passivo e Patrimônio Líquido e o segundo grupo, as contas de resultado compostas por Receitas e Despesas. A Escola Patrimonialista teve ampla aceitação no Brasil e suas teorias são praticadas até os dias atuais na academia brasileira e um dos principais motivos da aceitação, era o tradicionalismo de escolas italianas no campo de estudo contábil (REIS; SILVA; SILVA, 2007).

Em 1924, de 16 a 24 de agosto, foi realizado o I Congresso Brasileiro de Contabilidade, na cidade do Rio de Janeiro, presidido pelo então contabilista e Senador João de Lyra Tavares (CFC, 2008). No evento, houve apresentações de 70 trabalhos e teve como principais temas debatidos: Contabilidade, Ensino Técnico, Exercício Profissional, Comércio e Legislação (CFC, 2008; HOMERO JUNIOR, 2017). Também, neste Congresso foi oficializada a definição de que a contabilidade seria a “ciência que estuda e pratica as funções de orientação, de controle e de registro, relativos aos atos e aos fatos de administração econômica” (CFC, 2008, p. 13).

Com a revolução de 1930, houve um rompimento de paradigma político e social no Brasil, com isso, deu-se início no país a troca de um modelo econômico agroexportador por um modelo de industrialização influenciado por novas teorias econômicas norte-americanas, e foi nesse período que a contabilidade no Brasil passou a sofrer fortes influências das escolas contábeis americanas que veio a se consolidar em 1976 com a promulgação da Lei 6.404 (Lei das S.A) (REIS; SILVA; SILVA, 2007; HOMERO JUNIOR, 2017).

Segundo Sayed, Duarte e Kussaba (2017, p. 7), “as grandes mudanças em muitos campos do conhecimento, inclusive na contabilidade e nas ciências em geral são provocadas por crises, que denotam processos de mudança”. Tal afirmação pode ser constatada com as mudanças no cenário político, econômico e social no Brasil a partir dos anos 1930 até os dias atuais no tocante ao avanço da contabilidade.

Em 1931, um importante passo foi dado pelo Governo provisório do Brasil no campo da ciência contábil, pois, o novo cenário econômico exigia que o profissional desta área fosse além da função de “guarda-livros”, passasse a exercer um papel de coadjuvante na gerência de organizações, fossem elas públicas ou privadas (SOARES *et al.*, 2011). Para tanto, era preciso criar estruturas para capacitação e regulamentação da profissão contábil, e isso foi concretizado por meio do Decreto 20.158 de 30 de junho de 1931, que teve como objetivo organizar o ensino comercial, regulamentar a profissão de contador e dá outras providências neste sentido (BRASIL, 1931). A partir de então, o ensino de contabilidade e o registro deste profissional se tornaram obrigatórios na Superintendência de Ensino Comercial (SILVA; ASSIS, 2015).

A conjuntura econômica do “Estado Novo” exigia maior qualificação das empresas brasileiras frente à concorrência estrangeira, no campo contábil, pois a Europa e os EUA já possuíam escolas de ensino de contabilidade com novos métodos e conhecimentos para serem aplicados dentro de suas organizações. O Brasil precisava evoluir neste quesito e qualificar ainda mais os profissionais de contabilidade para que eles pudessem estar capacitados para atuarem dentro das organizações, assessorando, de forma mais eficaz a administração delas, a fim de manter o Brasil no cenário de competitividade no mercado externo e doméstico (SOARES *et al.*, 2011; MARASSI; MELZI, 2017). Um passo significativo foi dado neste quesito com a criação do Decreto-Lei nº. 7.988, de 22 de setembro de 1945, que reorganizou o ensino de contabilidade no Brasil, com regulamentação do curso superior de Ciências Contábeis e Atuariais no país (BRASIL, 1945).

Com o processo de corporativismo estatal e de industrialização se acentuando e o ensino de contabilidade se consolidando de forma regulamentada, segmentos sociais, como sindicatos no estado de São Paulo, por exemplo, iniciaram ações no sentido de levar a contabilidade ao patamar de sua real importância. O Decreto-Lei nº 9.295 de 27 de maio de 1946, criou o Conselho Federal e Regionais de Contabilidade e institucionalizou a Perícia Contábil no Brasil (COTRIN; SANTOS; ZOTTE JUNIOR, 2012). Neste mesmo período, algumas universidades brasileiras criaram o curso superior de Contabilidade no Brasil. O pioneirismo na graduação em contabilidade se deu na Universidade de São Paulo (USP), na

Faculdade de Ciências Econômicas e Administrativas (FCEA) que, posteriormente, passou a ser nomeada de Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade (FEA) (SILVA; ASSIS, 2015).

Até o final dos anos 40 do século XX, o Brasil ainda era demandado, predominantemente, por influências teóricas de escolas europeias, especialmente as italianas, porém, com o final da segunda guerra mundial, os EUA passaram a exercer influências nos processos brasileiros de produção por meio de exigências de indústrias norte-americanas instaladas em território nacional (SAYED; DUARTE; KUSSABA, 2017). A contabilidade, por sua vez, caminhava para se consolidar como uma ferramenta gerencial dentro de tais organizações. Entre os anos de 1950 e 1960 havia normas conflitantes de contabilidade pois a prática contábil no Brasil sofria predominância europeia e norte-americana, o que possibilitou o emperramento, neste período, de mudanças no pensamento contábil. A hegemonia das escolas norte-americanas firmou-se por meio de convênios com instituições brasileiras de ensino para a disseminação de seus conhecimentos e teorias, principalmente por meio de parcerias com a FEA/USP (REIS; SILVA; SILVA, 2007).

Segundo Silva e Assis (2015), na década de 1970, com o capitalismo instalado como modelo econômico no Brasil, surge a necessidade de capacitar ainda mais os profissionais da contabilidade para que os mesmos acompanhassem o arcabouço de normas contábeis aplicadas por empreendimentos estrangeiros a fim de não deixar o país aquém, em relação às mudanças no contexto global. Para tanto, precisou-se reorganizar e avançar o ensino de contabilidade no Brasil. Em 1970, a USP criou o primeiro curso de pós-graduação em ciências contábeis no Brasil. Neste mesmo ano, na Fundação Getúlio Vargas (FGV), no Rio de Janeiro, é criado o Mestrado em Contabilidade, que em 1991 foi reestruturado e transferido para a Universidade Estadual do Rio de Janeiro. Em 1978, a FEA/USP cria o Doutorado em Contabilidade, o único neste nível no país até 2006 (PELEIAS *et al.*, 2007; SILVA; ASSIS, 2015).

Os investimentos na academia no campo contábil no Brasil vêm demonstrando crescimento considerável. Segundo Homero Junior (2017), a conjuntura se mostrou otimista em relação ao ensino de contabilidade. Isto se deve à necessidade de capacitar e adaptar contadores ao cenário global, de forma a inserir esses profissionais na gestão das empresas com a perspectiva de propiciar informações mais seguras e com menos riscos no tocante aos investimentos.

No entanto, o acúmulo de capital cultural e científico por si só, não eram suficientes para adaptar o país à realidade de mercado. Era preciso reformas no que se refere à legislação,

tendo em vista que o arcabouço de normas legais já estava ultrapassado diante do cenário econômico da época, ou seja, harmonizar o que estava sendo disseminado nas academias com a prática adotada no mercado. Ainda na década de 1970, foram implementadas reformas na legislação brasileira em relação a esta matéria (SAYED; DUARTE; KUSSABA, 2017).

Com o objetivo de organizar e inovar a legislação para adaptação ao atual cenário de mercado vigente no Brasil, Reis, Silva e Silva (2007) expõem que durante os anos 70, foram regulamentados e criados alguns órgãos e instituições responsáveis pelo controle e fiscalização de atividades do mercado. Em 1971, foi criado o Instituto dos Auditores Independentes do Brasil (IBRACON), com a incumbência de representar o Brasil diante algumas entidades internacionais como: o *International Accounting Standards Committee* (IASC); *International Federation of Accountants* (IFAC); Associação Interamericana de Contabilidade (AIC); etc. Em 7 de setembro de 1976, por meio da Lei 6.385, a Comissão de Valores Mobiliários (CVM), autarquia federal, foi criada com o objetivo de regular o mercado de capital aberto. Tais instituições vêm desenvolvendo importante papel dentro do sistema de contabilidade no Brasil ainda nos dias atuais (REIS; SILVA; SILVA, 2007).

No entanto, é consenso na literatura que o passo mais importante no cenário da contabilidade no Brasil, tanto em termos de adaptação à realidade econômica da época, como para a adoção de vez a normas e teorias influenciadas pelas escolas norte-americanas, veio com o advento da Lei 6.404 de 15 de dezembro de 1976 (Lei das Sociedades por Ações). Por meio desta norma legal, houve normatização dos princípios contábeis e controle e fiscalização mais eficaz das companhias abertas. Em 1981, o Conselho Federal de Contabilidade (CFC), no intuito de especificar a condução dos procedimentos práticos contábeis, para atender aos ditames da Lei 6.404, criou as chamadas Normas Brasileiras de Contabilidade (NBC), que servem de referência para vários ramos da contabilidade como Auditoria, Perícia Contábil, entre outras (SILVA; ASSIS, 2015; SAYED; DUARTE; KUSSABA, 2017).

Estes conjuntos de normas (Leis, Resoluções, Normas Técnicas, etc.) conduziram o sistema contábil no Brasil, até o início do século XXI, quando a globalização da economia pressionou as instituições brasileiras a adotarem novos padrões internacionalmente aceitos.

4 AS PRÁTICAS CONTÁBEIS BRASILEIRAS NOS PRIMEIROS 20 ANOS DO SÉCULO XXI

Os primeiros vinte anos do século XXI trouxeram mudanças significativas no campo da ciência contábil. O processo de globalização da economia se intensificou influenciado pelo avanço tecnológico da comunicação e da informação. Mais uma vez, a conjuntura econômica

mundial exigia harmonização nos processos de comunicação no intuito de uniformizar as ferramentas que auxiliam na tomada de decisão. Neste contexto, a contabilidade teve papel importante dentro das organizações que precisavam acompanhar a velocidade das informações no mercado globalizado. Nesta conjuntura, mais uma vez a ciência contábil teve que ser adaptada para acompanhar tais mudanças no cenário atual, mudanças estas que deveriam ocorrer tanto no campo científico (academia) como na inovação de normas jurídicas que atendessem tais exigências internacionais (SAYED; DUARTE; KUSSABA, 2017).

Diante deste cenário emergente de mudanças, “a pressão (internacional) foi determinante nesse processo. A contabilidade brasileira deveria seguir novos rumos” (SAYED; DUARTE; KUSSABA, 2017, p. 9). A Lei das S.A, por exemplo, necessitava passar por mudanças, visando a harmonização com as novas normas internacionais de contabilidade. Segundo Silva e Assis (2015), em 2005, o Brasil já dava sinais de inserção no processo de harmonização de normas contábeis criando o Comitê de Pronunciamentos Contábeis (CPC), órgão responsável por emitir pronunciamentos técnicos contábeis que acompanhassem de forma harmonizada o padrão de informações contábeis internacionais. Nos dias atuais, a contabilidade é regulada por normas emitidas pelos seguintes órgãos no Brasil: CFC; CPC; CVM; Banco Central (BACEN), Superintendência de Seguros Privados (SUSEP) e IBRACON (SILVA; ASSIS, 2015).

Visando aproximar e adaptar as instituições aos novos sistemas e normas internacionais, o CFC, por meio da Resolução nº 1.003 de 19 de agosto de 2004, cria a NBC T 15 cujo propósito, como expõe seu artigo 1º, é estabelecer “procedimentos para evidenciação de informações de natureza social e ambiental, com o objetivo de demonstrar à sociedade a participação e a responsabilidade social da entidade” (CFC, 2004, p.1). A NBC T 15 estabelece que, informações de natureza social e ambiental deveriam ser entendidas como: a) a geração e a distribuição de riqueza; b) os recursos humanos; c) a interação da entidade com o ambiente externo; e d) a interação com o meio ambiente (CFC, 2004). Com vigência a partir de 2006, esta norma, quando utilizada, deve ser tratada de forma complementar às demonstrações contábeis das empresas.

A primeira mudança, em termos de legislação, foi a alteração da Lei 6.404/76 para adequar a mesma aos novos padrões internacionais. Tal fato ocorreu em 28 dezembro 2007 com a edição da Lei 11.638, que alterou alguns dispositivos e revogou outros das Leis nº 6.404 de 15 de dezembro de 1976 e de nº 6.385 de 7 de dezembro de 1976, se estendendo às sociedades de grande porte disposições relativas à elaboração e divulgação de demonstrações financeiras (BRASIL, 2007).

A Lei 11.638/07 trouxe mudanças em termos de convergência da contabilidade às normas internacionais emitidas pelo *International Accounting Standards Board* (IASB) e alterações importantes no sentido de melhor direcionar as empresas brasileiras para atender às exigências do mercado externo e, assim, não perder competitividade.

Dentre as mudanças propostas na Lei 11.638/07, uma das mais significativas foi a não exigência de publicação de algumas demonstrações contábeis e a obrigatoriedade da criação de outras. Como exemplo, podemos citar a não obrigatoriedade da publicação da Demonstração de Origens e Aplicações de Recursos (DOAR) das empresas, substituindo-a pela Demonstração de Fluxo de Caixa (DFC), e tornou obrigatória a divulgação, pelas companhias abertas, da Demonstração do Valor Adicionado (DVA) a partir do exercício social iniciado em janeiro de 2008. Cabe ressaltar que a Lei 11.638/07 não excluiu a DOAR, mas, sim determinou que a mesma não tenha sua divulgação de cunho obrigatório (BRASIL, 2007).

Diante do cenário de mudanças, era preciso adequar, também, algumas normas fiscais brasileiras para atender às exigências da harmonização com as regras propostas pelo IASB, tendo em vista que, mesmo com a promulgação da 11.638/07, a contabilidade ainda tinha predominância do controle da legislação tributária brasileira. Visando às adequações fiscais, em 27 de maio 2009, foi publicada a Lei 11.941 que: a) alterou a legislação tributária federal relativa ao parcelamento ordinário de débitos tributários; b) concedeu remissão nos casos em que especifica; c) instituiu regime tributário de transição, alterando o Decreto nº 70.235/1972, as Leis n.º 8.212/1991, 8.213/1991, 8.218/1991, 9.249/1995, 9.430/1996, 9.469/1997, 9.532/1997, 10.426/2002, 10.480/2002, 10.522/2002, 10.887/2004, e 6.404/1976, o Decreto-Lei nº 1.598/1977, e as Leis n.º 8.981/1995, 10.925/2004, 10.637/2002, 10.833/2003, 11.116/2005, 11.732/2008, 10.260/2001, 9.873/1999, 11.171/2005, 11.345/2006; prorroga a vigência da Lei nº 8.989/1995; revoga dispositivos das Leis n.º 8.383/1991 e 8.620/1993, do Decreto-Lei nº 73/1966, das Leis n.º 10.190/2001, 9.718/1998, 6.938/1981, 9.964/2000, e, a partir da instalação do Conselho Administrativo de Recursos Fiscais, os Decretos n.º 83.304/1979, 89.892/1984, e o art. 112 da Lei nº 11.196/2005; d) e dá outras providências (BRASIL, 2009).

Como destacado, a Lei 11.638/07 trouxe um arcabouço de mudanças que visavam a harmonização das normas contábeis brasileiras às estrangeiras, no entanto, do ponto de vista acadêmico e de capacitação de profissionais contábeis, para atender as demandas proporcionadas pelas novas mudanças, precisava-se de normas que regulamentassem não só o novo perfil que se exigia do profissional da contabilidade, mas, também, determinar e

consolidar as competências do CFC e dos CRC^s (HOMERO JUNIOR, 2017).

Neste sentido, em 11 de junho de 2010, foi promulgada a Lei nº 12.249, que alterou os Decretos-Leis 9.295 de 1946 e 1.040 de 1969, aumentando os poderes do CFC em relação a fiscalização da profissão contábil e resgatou o Exame de Suficiência, até então suspenso, para bacharéis em contabilidade. As medidas proporcionadas pela Lei 12.249/10 tiveram como objetivo principal fazer com que os profissionais da área contábil tivessem competência necessária para auxiliar os novos *Stakeholders* (partes interessadas) na tomada de decisões em relação a investimentos e controle de seus patrimônios (BRASIL, 2010; HOMERO JUNIOR, 2017).

O processo de harmonização das normas contábeis do Brasil às exigências internacionais ainda continua em curso, seja por meio de alteração de leis ou por publicação de instrumentos infralegais visando a adequação a tais mudanças. O CFC por meio de Resoluções e Pronunciamentos Contábeis, também, contribui para este processo de adequação. Recentemente, em 24 de abril de 2019, com a publicação da Lei 13.318, que aplicou mais alterações na Lei 6.404/76, teve-se a confirmação de que o Brasil tem avançado neste sentido.

Como consequência de tais mudanças, atualmente há uma exigência maior de que o profissional da contabilidade esteja sempre atento e atualizado para subsidiar a tomada de decisões, ou seja, a figura do contador deixou de vez de ser apenas um profissional de registro de contas para ser um gerenciador do patrimônio das empresas, sejam elas públicas ou privadas, com ou sem fins lucrativos. Entretanto, cabe ressaltar, que a essência dos princípios contábeis basilares e das normas da ética contábil continuam vigentes mesmo com as mudanças efetuadas na legislação.

No que se refere às mudanças no perfil profissional do contador, Reis, Silva e Silva, (2007, p. 11) mencionam que:

O profissional da área contábil no século XXI deve ter um conhecimento vasto e qualificado. Diante das novas necessidades do mercado, que dispõe de muitas informações em reduzido espaço de tempo, e devido às inovações tecnológicas, é exigido do profissional ética, agilidade diante dos problemas, auxílio na tomada de decisões, além de manter-se atualizado continuamente. Para isso os Conselhos Regionais e o Conselho Federal de Contabilidade atuam realizando cursos, seminários e fóruns.

Portanto, a contabilidade vem se tornando cada vez mais imprescindível no que se refere ao controle e fornecimento de informações indispensáveis para tomada de decisões em uma determinada organização relacionada ao controle do seu patrimônio.

No cenário atual, percebe-se ainda, uma preocupação das entidades com a preservação ambiental e a adoção de novas tecnologias, que proporcionem a otimização dos padrões de consumo e a utilização racional dos recursos naturais com a finalidade de se reduzir os custos corporativos nos processos produtivos e, simultaneamente, reduzir os impactos negativos sobre o meio ambiente e inserir as organizações no contexto de responsabilidade social e ambiental. A contabilidade ambiental, como ramo da ciência contábil, tem desenvolvido um papel importante para a formação e capacitação de profissionais nesta área, proporcionando um olhar sensível para práticas sustentáveis sobe ponto de vista econômico-ambiental.

5 A CONTABILIDADE AMBIENTAL NO BRASIL

Com o processo de globalização, o acirramento da competitividade, o desenvolvimento de novas tecnologias nas organizações e as mudanças nos padrões de consumo no mundo, cresceu, de modo preocupante, a exploração de forma irracional dos recursos naturais. É perceptível a preocupação de alguns órgãos e entidades, a partir dos debates iniciados na década de 1970 sobre a relação do homem com o meio ambiente, de como tais recursos naturais têm sido tratados, impactando de forma negativa o meio ambiente e comprometendo as gerações futuras (SANTOS *et al.*, 2006; VERONEZE *et al.*, 2015).

O Brasil, durante os anos de 1970, transformou-se em um país de fortes características agrárias para industriais em um espaço curto de tempo. O resultado dessa inserção na economia global foi a utilização desenfreada dos recursos ambientais sem, necessariamente, passar por uma consolidação de políticas nacionais de preservação e de desenvolvimento econômico sustentável. As consequências disso não demoraram a chegar em forma de precariedade do saneamento básico das cidades, concentração do poder econômico, desmatamentos ilegais e ineficácia do poder público e privado em lidar com a relação integrada de políticas econômicas e ambientais.

Neste contexto, um importante passo foi dado no ano de 1972, em Estocolmo na Suécia, com a realização Primeira Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente das Nações Unidas (CNUMAD), que demonstrou preocupação com o tratamento do meio ambiente, e, principalmente, com a poluição provocada pelo processo industrial crescente (SANTOS *et al.*, 2006).

Na década de 1980, surgiram nos EUA alguns movimentos ativistas objetivando pressionar as empresas a revisarem suas políticas ambientais. Como exemplo, podemos citar o *Earth First*. Nos anos de 1986 e 1987, quando já se planejava uma nova Conferência das Nações Unidas, foi divulgado o relatório Nosso Futuro Comum (*Our Common Future*) ou

Relatório de *Bruntland*, que enfatizava a pobreza como principal causa dos problemas ambientais no mundo (FLORES; FLORES, 2012).

A preocupação com os problemas ambientais, causados principalmente pelo processo de industrialização, foram se tornando inquietação das principais nações no mundo, por exemplo, “na Inglaterra, no início dos anos 90, a ISO (*International Organization for Standardization*) constituiu o grupo estratégico consultivo sobre o meio ambiente, com a finalidade de elaborar normas internacionais de proteção ambiental” (SANTOS *et al.*, 2006, p. 3).

Neste cenário, em 1992, na cidade do Rio de Janeiro, foi realizada a Segunda Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente das Nações Unidas (CNUMAD), que ficou conhecida como ECO-92 e reuniu 178 países a fim de elaborar estratégias para controle e redução dos efeitos da degradação ambiental no mundo. Neste mesmo ano, a Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu o *International Accounting and Reporting Issues* (Questões Internacionais de Contabilidade e Relatórios), que destacou a contabilidade ambiental em suas recomendações finais (FLORES; FLORES, 2012).

Em 2015, importante passo foi dado em relação a temática ambiental no mundo. A Organização das Nações Unidas (ONU) lançou a Agenda 2030 em que trata de um planejamento de ações coordenadas para que as partes interessadas trabalhem com intuito de combater as questões socioambientais adversas até 2030. A referida agenda contempla 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS). Dentre os ODS, está aquele relacionado ao consumo e produção sustentáveis (ODS 12), que converge com o que preconiza a aplicabilidade da Contabilidade de Custos de Fluxo de Material (CCFM), que é de reduzir as ineficiências na produção e assim diminuir e/ou otimizar o consumo de recursos naturais bem como tornar os processos produtivos industriais mais transparentes e menos poluentes (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2020).

De acordo com Santos *et al.* (2006), os relatórios fornecidos pela contabilidade ambiental devem estar alinhados com o Sistema de Gestão Ambiental (SGA) nas empresas, pois, isto auxilia os gestores na tomada de decisões que irão propiciar benefícios para as organizações, e faz com que seus gestores passem a enxergar as questões ecológicas estrategicamente de forma a visualizar os custos ambientais como investimentos capazes de aumentar a qualidade de seus produtos e, conseqüentemente, torná-los mais competitivos. Para tanto, as empresas, tentando mensurar as constantes mutações no meio ambiente, e melhor controle de extração de recursos naturais, estão cada vez mais adotando a contabilidade ambiental em seus sistemas (SANTOS *et al.*, 2006).

A contabilidade ambiental não se caracteriza como uma nova ciência, mas como ramo da contabilidade convencional que tem como fim fornecer instrumentos e informações capazes de reduzir ou eliminar os impactos nocivos ao meio ambiente e, assim, proporcionar às organizações melhor qualidade e transparência em processos produtivos, ou seja, deve ser um instrumento inserido no planejamento estratégico das empresas e integrado ao processo de avaliação de desempenho e prestação de contas delas (MELO, 2014; VERONEZE *et al.*, 2015). Segundo Tinoco e Kraemer (2004), a contabilidade ambiental se caracteriza como uma espécie de vetor adequado para a divulgação de informações sobre o meio ambiente, haja vista, que induz a um potencial arcabouço de benefícios à indústria e à sociedade.

Neste contexto, em 1998, a contabilidade ambiental passa a ser considerada como um novo ramo da ciência contábil (SANTOS *et al.*, 2006; VERONEZE *et al.*, 2015).

A Contabilidade Ambiental passou a ter *status* de novo ramo da Ciência Contábil em fevereiro de 1998, com a finalização do “Relatório Financeiro e Contábil sobre o Passivo e Custos Ambientais” pelo Grupo de Trabalho Intergovernamental das Nações Unidas de Especialistas em Padrões Internacionais de Contabilidade e Relatórios (ISAR – *United National Intergovernmental Working Group of Expert on International Standards of Accounting and Reporting*) (TINOCO; KRAEMER, 2004, p. 32).

Contudo, para entender como deve funcionar um Sistema de Contabilidade Ambiental (SCA) em uma empresa, é importante que se compreenda alguns conceitos de Ativos, Passivos, Receitas e Custos Ambientais. No que se refere a Ativos ambientais, trata-se de investimentos que uma determinada empresa detém com o intuito de proteger, preservar e recuperar o meio ambiente. Os Passivos Ambientais são caracterizados como contrapartidas dos Ativos e Custos Ambientais, ou seja, são todas as obrigações contraídas por uma empresa, de forma voluntária ou não, visando a proteção e preservação do meio ambiente. No tocante às Receitas Ambientais, estas se caracterizam como acréscimos econômicos que alteram positivamente o patrimônio líquido de uma empresa, mas que não estejam relacionadas a ajustes de capital investidos (VERONEZE *et al.*, 2015). Já os Custos e Despesas Ambientais podem ser entendidos, basicamente, como gastos relacionados ao consumo de Ativos no que se refere ao processo de gestão ambiental do processo produtivo (SANTOS *et al.*, 2006; VERONEZE *et al.*, 2015).

Em relação a temática de custos ambientais em empresas, Wagner (2015) relata que na década de 1980 surgiram várias experiências na Alemanha, entre elas, uma na empresa têxtil Kunert, no Sul do país, no intuito de interligar a contabilidade ambiental aos processos de gestão ambiental de empresas, tendo em vista que a preocupação com o meio ambiente já fazia parte das ideias propostas pela gestão da referida empresa. Tais experiências mostraram

avanço significativo no sentido de redução de custos corporativos e impactos ambientais concomitantemente. Inclusive, a Kunert foi uma das pioneiras a publicar relatórios ambientais em suas demonstrações financeiras em 1991 (WAGNER, 2015).

Entretanto, foi por iniciativa do Ministério do Comércio Internacional e Indústria do Japão (METI), que se deu início ao processo de normatização padronizada de custos ambientais em empresas, o que foi consolidado em setembro de 2011, com a elaboração da Norma ISO 14051:2011 pelo *Technical Committee Environmental Management (ISO/TC 207)*, nominada de Norma ISO da Contabilidade de Custos de Fluxo de Material (CCFM) ou, em inglês, *Material Flow Cost Accounting (MFCA)*, que é um instrumento padronizado dentro da Família de normas ISO 14000 sobre Gestão Ambiental (WAGNER, 2015).

No Brasil, esta norma foi traduzida dois anos depois com a publicação da Norma ABNT NBR ISO 14051:2013 elaborada pelo Comitê Brasileiro de Gestão Ambiental (ABNT/CB-38), pela Comissão de Estudo de Contabilidade de Custos de Fluxos de Materiais (CE-38:010.01). A NBR ISO 14051:2013 é de estrutura geral e traz alguns termos e definições relacionados a custos, aponta, também, princípios, elementos, exemplos e experiências com a CCFM e evidencia a diferença entre a CCFM e a contabilidade de custos convencionais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Como se pode notar, a contabilidade ambiental, apesar de ser o ramo da contabilidade relativamente recente, vem ganhando espaço nos processos produtivos e nos planos estratégicos das instituições, seja para atender a legislação pertinente a preservação e proteção ambiental ou para atender pressões por partes interessadas, *stakeholders*, com o objetivo de fazer com que tais entidades adotem sistemas produtivos vantajosos, do ponto de vista econômico e, simultaneamente, causem o mínimo possível de impactos negativos ao meio ambiente.

A academia tem realizado relevante papel na institucionalização da contabilidade ambiental dentro das organizações. Um estudo publicado por Cunha, Oliveira e Pimentel em 2020, sobre o ensino da contabilidade ambiental nos cursos de bacharelado em ciências contábeis no Brasil, evidenciou que a ciência contábil nas Instituições de Ensino Superior (IES) está conectada com as preocupações sociais em relação aos cuidados com o meio ambiente e a sustentabilidade.

Cunha, Oliveira e Pimentel (2020) analisaram 48 IES, entre públicas e privadas, que possuem cursos de ciências contábeis com conceitos 4 e 5 no Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE), edição de 2015, nas cinco regiões do Brasil. O estudo evidenciou que 60% das IES analisadas ofertaram a disciplina de contabilidade ambiental nos

cursos de Bacharelado em Ciências Contábeis. Segundo estes mesmos autores, 62% das IES que ofertaram tal componente em suas estruturas curriculares ofereceram a disciplina como obrigatória e 38% como eletiva.

Observou-se ainda, que dentre as IES que não ofertaram a contabilidade ambiental, apresentaram outros componentes de caráter ambiental em seus currículos como: Educação Ambiental; Direito Ambiental; Gestão e Sustentabilidade; Gestão Sustentável; Meio Ambiente e Sustentabilidade; Ética Profissional; Tópicos Especiais e Tópicos Contemporâneos em Contabilidade (CUNHA; OLIVEIRA; PIMENTEL, 2020).

Os achados na pesquisa supracitada demonstram a importância da contabilidade ambiental para a formação dos contadores tendo em vista as exigências do mercado de trabalho que demandam cada vez mais profissionais com conhecimentos e visão amplos no intuito de atender aos anseios sociais, que englobam temáticas de proteção e preservação ambiental.

Outro aspecto a ser destacado na inserção da temática ambiental nos cursos de contabilidade é a interdisciplinaridade do tema. Segundo o artigo 8º da Resolução nº 10 do Conselho Nacional de Educação (CNE) de 16 de dezembro de 2004, que institui as diretrizes curriculares nacionais para o curso de graduação em Ciências Contábeis, bacharelado, e dá outras providências:

As Atividades Complementares são componentes curriculares que possibilitam o reconhecimento, por avaliação, de habilidades, conhecimentos e competências do aluno, inclusive adquiridas fora do ambiente escolar, abrangendo a prática de estudos e atividades independentes, transversais, opcionais, de interdisciplinaridade, especialmente nas relações com o mundo do trabalho e com as ações de extensão junto à comunidade (CNE, 2004).

Conforme o parágrafo único do artigo 8º da Resolução supracitada, entende-se por atividades complementares aquelas que “devem constituir-se de componentes curriculares enriquecedores e implementadores do próprio perfil do formando, sem que se confundam com estágio curricular supervisionado” (CNE, 2004, p. 4).

A Resolução nº 10 do CNE de 2004, reforça a necessidade de adaptação do perfil do contador às pautas sociais que exigem visão crítica e atualizada do profissional contábil. Portanto, o contador deixou de ser um profissional exclusivo de cálculos contábeis e de análises de demonstrações com viés exclusivo financeiro. O mercado exige cada vez mais um profissional interdisciplinar capaz de compreender temáticas que afetam economicamente, socialmente e ambientalmente as organizações.

A universidade possui papel imprescindível na formação interdisciplinar do contador. Especificamente, em relação a contabilidade ambiental, fica evidente a necessidade da inclusão, em definitivo, deste componente nas estruturas curriculares da IES brasileiras de forma obrigatória. É notável que a contabilidade ambiental ainda caminha para um processo de consolidação na academia, o que pode ser um alicerce para efetividade em outras áreas que se utilizam deste ramo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A contabilidade passou por transformações significativas para se adaptar ao processo de globalização da informação e ao avanço da tecnologia, exigindo dos profissionais que atuam nesta área um nível de capacitação mais aprofundado, fazendo com que o novo perfil do contador passasse por um processo rápido de mudança, tanto no que diz respeito ao alargamento da sua compreensão do fazer contábil, quanto na sensibilidade que o mesmo deverá possuir frente às transformações do mundo.

Para atender a essas demandas do capitalismo moderno, os cursos de contabilidade e o profissional contábil assumem protagonismo na agenda de crescimento econômico. A necessidade da qualificação profissional e o acompanhamento das transformações do mundo do capitalismo tornam-se uma realidade iminente. Durante toda a segunda metade do século XX, a agenda do desenvolvimento sustentável também ganha lugar central no ambiente das indústrias e do capitalismo responsável. Entra em cena a contabilidade ambiental e a necessidade da qualificação constante do contador neste ramo da ciência contábil.

Ainda no tocante à contabilidade ambiental, o que se nota é que, embora seja um ramo da contabilidade relativamente recente, o processo de consolidação deste campo no ambiente empresarial e na sociedade torna-a uma ferramenta essencial de gerenciamento, que auxilia no processo de tomada de decisões em organizações que adotam um Sistema de Gestão Ambiental, tornando o desenvolvimento econômico mais eficiente do ponto de vista da redução de custos corporativos, dos impactos ambientais e, conseqüentemente, da maximização dos lucros.

A contabilidade se caracteriza como uma ciência social necessária ao modelo econômico vigente, pois, é por meio de informações fornecidas por esta ciência, que as organizações conseguem visualizar com mais clareza seus riscos e mensurar seus impactos diante da sociedade e do meio ambiente.

Diante do que foi analisado neste texto, conclui-se que a ciência contábil no Brasil sempre caminhou *pari passu* com nações mais desenvolvidas por meio mecanismos de

imitação ou submissão a fluxos de ideias estrangeiras. A contabilidade, no território brasileiro, consolidou-se como ciência baseada em fluxos teóricos de escolas estrangeiras, especialmente italianas e norte-americanas. Diante disso, infere-se que não existiu/existe uma ciência contábil genuinamente brasileira. No que se refere ao ramo da contabilidade ambiental, percebe-se, por exemplo, influências diretas da ONU no contexto histórico e de institucionalização deste componente nas organizações brasileiras. Portanto, a contabilidade ambiental está inserida no contexto de consolidação da contabilidade como ciência que contribui para adoção de práticas ambientais sustentáveis.

Pode-se concluir ainda que a contabilidade contemporânea exige do profissional contábil conhecimentos mais amplos e desafiadores de forma globalizada, visando atender às demandas do mercado por meio da harmonização com as normas contábeis internacionalmente aceitas. As questões ambientais, inevitavelmente, passaram a se inserir nesta pauta, tendo em vista que é cada vez mais perceptível o alinhamento da contabilidade com as preocupações sociais e ambientais, no que tange a diminuição dos impactos negativos sobre meio ambiente e a adoção de práticas e de tecnologias sustentáveis por diversas organizações, sejam elas públicas ou privadas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14051: Gestão Ambiental – Contabilidade de Fluxos de Material – Estrutura Geral**. Rio de Janeiro, p. 41. 2013.

BRASIL. **Lei nº 1083, de 22 de agosto de 1860**. Contendo providências sobre os Bancos de emissão, meio circulante e diversas Companhias e Sociedades. [S. l.], 1860. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lim/LIM1083.htm. Acesso em: 21 jun. 2021.

BRASIL. **Decreto nº 20.158, de 30 de junho de 1931**. Organiza o ensino comercial, regulamenta a profissão de contador e dá outras providências. Rio de Janeiro, 13 fev. 1932. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-20158-30-junho-1931-536778-republicacao-81246-pe.html>. Acesso em: 21 jun. 2021.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 7.988, de 22 de setembro de 1945**. Dispõe sobre o ensino superior de ciências econômicas e de ciências contábeis e atuariais. Rio de Janeiro, 26 set. 1945. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1940-1949/decreto-lei-7988-22-setembro-1945-417334-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 21 jun. 2021.

BRASIL. **Lei nº 6404, de 15 de dezembro de 1976**. Dispõe sobre as Sociedades por Ações. Brasília, 1976. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6404compilada.htm. Acesso em: 21 jun. 2021.

BRASIL. **Lei nº 11.638, de 28 de dezembro de 2007**. Altera e revoga dispositivos da Lei no 6.404, de 15 de dezembro de 1976, e da Lei no 6.385, de 7 de dezembro de 1976, e estende às

sociedades de grande porte disposições relativas à elaboração e divulgação de demonstrações financeiras. BRASÍLIA, 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111638.htm. Acesso em: 21 jun. 2021.

BRASIL. Lei nº 11.941, de 27 de maio de 2009. Altera a legislação tributária federal relativa ao parcelamento ordinário de débitos tributários; concede remissão nos casos em que especifica; institui regime tributário de transição, alterando o Decreto no 70.235, de 6 de março de 1972, as Leis nos 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.213, de 24 de julho de 1991, 8.218, de 29 de agosto de 1991, 9.249, de 26 de dezembro de 1995, 9.430, de 27 de dezembro de 1996, 9.469, de 10 de julho de 1997, 9.532, de 10 de dezembro de 1997, 10.426, de 24 de abril de 2002, 10.480, de 2 de julho de 2002, 10.522, de 19 de julho de 2002, 10.887, de 18 de junho de 2004, e 6.404, de 15 de dezembro de 1976, o Decreto-Lei no 1.598, de 26 de dezembro de 1977, e as Leis nos 8.981, de 20 de janeiro de 1995, 10.925, de 23 de julho de 2004, 10.637, de 30 de dezembro de 2002, 10.833, de 29 de dezembro de 2003, 11.116, de 18 de maio de 2005, 11.732, de 30 de junho de 2008, 10.260, de 12 de julho de 2001, 9.873, de 23 de novembro de 1999, 11.171, de 2 de setembro de 2005, 11.345, de 14 de setembro de 2006; prorroga a vigência da Lei no 8.989, de 24 de fevereiro de 1995; revoga dispositivos das Leis nos 8.383, de 30 de dezembro de 1991, e 8.620, de 5 de janeiro de 1993, do Decreto-Lei no 73, de 21 de novembro de 1966, das Leis nos 10.190, de 14 de fevereiro de 2001, 9.718, de 27 de novembro de 1998, e 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.964, de 10 de abril de 2000, e, a partir da instalação do Conselho Administrativo de Recursos Fiscais, os Decretos nos 83.304, de 28 de março de 1979, e 89.892, de 2 de julho de 1984, e o art. 112 da Lei no 11.196, de 21 de novembro de 2005; e dá outras providências. Brasília, 28 maio 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L11941.htm. Acesso em: 21 jun. 2021.

BRASIL. Lei nº 12.249, de 11 de junho de 2010. Altera os Decretos-Leis nos 9.295, de 27 de maio de 1946, 1.040, de 21 de outubro de 1969. BRASÍLIA, 2010. Disponível em: https://cfc.org.br/wp-content/uploads/2015/12/lei_12249.pdf. Acesso em: 21 jun. 2021.

CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE (CFC). **APROVA A NBC T 15 - informações de natureza social e ambiental. Resolução 1003 de 06 de setembro de 2004.** Brasília, 2004. Disponível em: <http://nemas.ufsc.br/files/2012/12/2-nbct15.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2021.

CONSELHO FEDERAL DE CONTABILIDADE (CFC). **História dos congressos brasileiros de contabilidade.** Brasília: [s. n.], 2008. Disponível em: http://portalcfc.org.br/wordpress/wp-content/uploads/2013/01/hist_congressos_p.pdf. Acesso em: 26 abr. 2019.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CNE). **RESOLUÇÃO CNE/CES 10, DE 16 DE DEZEMBRO DE 2004.** [S. l.], 2004. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rces10_04.pdf. Acesso em: 21 jun. 2021.

COTRIN, A.; SANTOS, A.; ZOTTE JUNIOR, L. A evolução da contabilidade e o mercado de trabalho para o contabilista. **Revista Conteúdo**, Capivari, 2012. Disponível em: <http://www.conteudo.org.br/index.php/conteudo/article/viewFile/70/63>. Acesso em: 23 abr. 2019.

CUNHA, T. M.; OLIVEIRA, B. R. B. de.; PIMENTEL, M. S. O ensino da contabilidade ambiental nos cursos de Bacharelado em Ciências Contábeis no Brasil. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. Ano 05, Ed. 01, Vol. 05, pp. 126-157. Janeiro

de 2020. ISSN: 2448-0959, Disponível em:

<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/contabilidade/ensino-da-contabilidade>. Acesso em: 21 jun. 2021.

FLORES, J. A.; FLORES, C. R. Contabilidade ambiental e sustentabilidade: um estudo da evolução das normas brasileiras de contabilidade. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, Rolim de Moura, 2012. Disponível em: <http://www.periodicos.unir.br/index.php/rolimdemoura/article/view/535>. Acesso em: 21 jun. 2021.

HOMERO JUNIOR, P. F. A Constituição do Campo Científico e a Baixa Diversidade da Pesquisa Contábil Brasileira. **Revista de Educação e Pesquisa em Contabilidade**, Brasília, v. 11, n. 3, p. 314-328, 2017. DOI <http://dx.doi.org/10.17524/repec.v11i3.1565>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319201341_A_Constituicao_do_Campo_Cientifico_e_a_Baixa_Diversidade_da_Pesquisa_Contabil_Brasileira. Acesso em: 21 jun. 2021.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2020. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em 18 nov 2021.

MARASSI, R. B.; MELZI, A. A evolução do profissional contábil no Brasil em face com o cenário econômico vivenciado nas organizações. **Revista Conteúdo**, Capivari, v. 12, n. 1, p. 112-133, 2017. Disponível em: <http://www.conteudo.org.br/index.php/conteudo/article/view/168>. Acesso em: 23 abr. 2019.

MAYER, A. **A força da tradição: a persistência do antigo Regime (1848-1914)**. São Paulo: Companhia das Letras, 1987.

MELO, D. V. *et al.* Contabilidade e custos ambientais: um mapeamento das produções científicas em periódicos e eventos nacionais. **Revista Ambiente Contábil**, Natal-RN, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/ambiente/article/view/4209/4009>. Acesso em: 21 jun. 2021.

PELEIAS, I. R. *et al.* Evolução do ensino da contabilidade no Brasil: uma análise histórica. **Revista Contabilidade & Finanças**, São Paulo - SP, v. 18, n. spe, ed. 30, p. 19 - 32, 2007. DOI <https://doi.org/10.1590/S1519-70772007000300003>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S151970772007000300003&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 18 dez. 2020.

REIS, A. de J.; SILVA, S. L.; SILVA, C. C. A. A história da contabilidade no Brasil. **UNIFACS**, Salvador, v. 11, n. 1, 2007. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/sepa/article/download/299/247>. Acesso em: 21 jun. 2021.

RICUPERO, R. **A formação da elite colonial: Brasil, c. 1530-1630**. São Paulo: Alameda, 2009.

SANTOS, A. R. P. *et al.* Contabilidade ambiental: uma contribuição da ciência contábil à sustentabilidade da gestão ambiental. **IX SEMEAD, SÃO PAULO**, 2006. Disponível em: http://sistema.semead.com.br/9semead/resultado_semead/trabalhosPDF/47.pdf. Acesso em: 21 jun. 2021.

SAYED, S.; DUARTE, S. L.; KUSSABA, C. T. A lei das sociedades anônimas e o processo de convergência para os padrões internacionais contados pela história oral e de vida. **Revista**

de Gestão, Finanças e Contabilidade, Salvador, v. 7, n. 1, p. 252- 270, 2017. DOI 10.18028/2238-5320/rgfc.v7n1p252-270. Disponível em: <https://www.revistas.uneb.br/index.php/financ/article/view/2820>. Acesso em: 21 jun. 2021.

SILVA, M. S.; ASSIS, F. A. A história da contabilidade no brasil. **Periódico Científico Negócios em Projeção**, Salvador, v. 6, n. 2, 2015. Disponível em: <http://revista.faculdadeprojecao.edu.br/index.php/Projecao1/article/view/579>. Acesso em: 21 jun. 2021.

SOARES, S. V. *et al.* Evolução do currículo de Contabilidade no Brasil desde 1809. **Revista Catarinense da Ciência Contábil? CRCSC**, Florianópolis, v. 10, n. 30, p. 27-42, 2011. DOI <http://dx.doi.org/10.16930/2237-7662/rccc.v10n30p27-42>. Disponível em: <http://revista.crcsc.org.br/index.php/CRCSC/article/view/1225>. Acesso em: 21 jun. 2021.

TINOCO, J. E. P.; KRAEMER, M. E. P. **Contabilidade e gestão ambiental**. São Paulo: Atlas, 2004.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA (UFSC). A evolução das práticas contábeis ao longo da história do Brasil. **7º Congresso UFSC de controladoria e finanças**, Florianópolis, 2017. Disponível em: http://dvl.ccn.ufsc.br/congresso/arquivos_artigos/artigos/1310/20170710234759.pdf. Acesso em: 23 abr. 2019.

VERONEZE, M. V. *et al.* Contabilidade ambiental: estudo sobre sua importância para os profissionais contábeis de tangará da serra – mt. *In: xi congresso nacional de excelência em gestão*, 2015, Tangará da Serra-MT. **Gestão Ambiental & Sustentabilidade [...]**. [S. l.: s. n.], 2015. Disponível em: http://www.inovarse.org/sites/default/files/T_15_486.pdf. Acesso em: 21 jun. 2021.

WAGNER, B. A report on the origins of Material Flow Cost Accounting (MFCA) research activities. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], 2015. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0959652615014043?token=B0045175ACEAC1B56D3FCC64C57E0CF8D20378CFA04718E58993C771AC55D2DE49EFCF5C0B9730D9677EA3DA1877568B>. Acesso em: 21 jun. 2021.

ZANLUCA, J. C.; ZANLUCA, J. S. **História da contabilidade**. Portal de Contabilidade, 2016. Disponível em: <http://www.portaldecontabilidade.com.br/tematicas/historia.htm>. Acesso em: 21 jun. 2021.

5 PRODUÇÃO CIENTÍFICA SOBRE A CONTABILIDADE DE CUSTOS DE FLUXO DE MATERIAL: ESTUDO BIBLIOMÉTRICO

RESUMO:

Para conhecer o panorama da produção científica de determinada área de conhecimento, tem-se utilizado indicadores bibliográficos, os quais permitem a análise dos dados coletados. Por meio de uma pesquisa bibliográfica, este artigo teve como objetivo analisar o panorama da produção científica sobre a Contabilidade de Custos de Fluxo de Material (CCFM), após a publicação da norma 14051 pela ISO, em 2011, até o ano de 2020. Foram analisados 46 artigos recuperados na base de dados *Web of Science* (WoS). O ano de 2015, apresentou o maior número de artigos publicados sobre o conteúdo. A metodologia mais comum nos trabalhos analisados são estudos de casos aplicados, presentes em 72% dos artigos pesquisados. O Japão e a Alemanha são os países que mais publicaram pesquisas sobre CCFM, contemplando 36,9% do total de trabalhos analisados. Os estudos mostraram que a CCFM, ainda, não é amplamente utilizada no mundo, apesar do crescimento gradual no número de publicações, especialmente, na Ásia. Identificou-se, também, que o periódico com maior número de publicações é o *Journal of Cleaner Production*, responsável com 63% do total de artigos publicados sobre o tema. Observou-se, também, que os estudos estão propensos a refletir sobre novas possibilidades de aperfeiçoamento da norma como, envolvendo a integração com outras ferramentas de gestão ambiental existentes, no intuito de tornar a CCFM mais eficiente e conhecida nas indústrias.

Palavras-Chave: CCFM. ISO 14051. Gestão Ambiental. Cadeia de Suprimentos.

ABSTRACT:

In order to know the panorama of scientific production in a given area of knowledge, bibliographic indicators have been used, which allow the analysis of the collected data. Through bibliographic research, this article aimed to analyze the panorama of scientific production on Material Flow Cost Accounting (MFCA), after the publication of standard 14051 by ISO, in 2011, until the year 2020. 46 articles retrieved from the Web of Science (WoS) database were analyzed. The year 2015 had the highest number of articles published on the content. The most common methodology in the analyzed works is applied case studies, present in 72% of the articles surveyed. Japan and Germany are the countries that most published research on MFCA, comprising 36.9% of the total analyzed works. Studies have shown that MFCA is still not widely used in the world, despite the gradual growth in the number of publications, especially in Asia. It was also identified that the journal with the highest number of publications is the Journal of Cleaner Production, responsible for 63% of the total number of articles published on the topic. It was also observed that the studies are prone to reflect on new possibilities for improving the standard, such as, involving the integration with other existing environmental management tools, in order to make the MFCA more efficient and known in the industries.

Keywords: MFCA. ISO 14051. Environmental management. Supply chain.

1 INTRODUÇÃO

O estudo da produção científica sobre a Contabilidade de Custos de Fluxo de Material (CCFM) é relevante, visto que a identificação dos direcionamentos e as tendências das pesquisas sobre esta ferramenta podem contribuir não só para o aperfeiçoamento da própria norma que estrutura a CCFM como, também, auxiliar na tomada de decisões, com reflexos em melhorias econômicas e ambientais nas instituições que utilizarem esse instrumento.

No final da década de 1980 e início dos anos 90, estudos sobre o rastreamento e quantificação física e monetária de fluxos de materiais em processos produtivos foram desenvolvidos na Alemanha e, posteriormente, no Japão com o objetivo de contabilizar os custos advindos dos desperdícios originados de todo o processo fabril de determinado produto, que, em geral, visavam identificar os pontos críticos de desperdícios de material em cada etapa de produção para fornecer informações úteis em deliberações de decisões, que objetivassem melhorias econômicas e ambientais dentro das organizações (WAGNER, 2015).

Após estudos e aplicações em instituições dos dois países (Japão e Alemanha), em 15 de setembro de 2011, a *International Organization for Standardization* (ISO) publicou a norma 14051:2011 (*Environmental management — Material flow cost accounting — General framework*), que trata de uma estrutura geral para a Contabilidade de Custos de Fluxo de Material (CCFM).

A CCFM é uma ferramenta da Contabilidade da Gestão Ambiental (CGA) que quantifica, em unidades físicas e monetárias, os fluxos e estoques de materiais em processos ou linhas de produção de qualquer organização que utilize material e energia em seu processo produtivo, independentemente, do ramo, porte ou objeto de negócio (ISO 14051, 2011). Ainda de acordo com a ISO 14051 (2011), o objetivo geral da CCFM é motivar e dar apoio às organizações de modo que elas possam melhorar seus desempenhos financeiros e ambientais, fazendo o melhor uso possível de material e energia. Contudo, para alcançar este objetivo é necessário atender alguns critérios como: aumentar a transparência do fluxo de materiais e uso de energia, em relação aos custos inerentes e aos aspectos ambientais; apoiar decisões organizacionais em áreas como engenharia de processos, planejamento de produção, controle de qualidade, projeto de produtos e gerenciamento da cadeia de suprimentos; e melhorar a coordenação e comunicação sobre o uso de energia e materiais dentro de uma organização.

Além disso, o êxito na aplicação da CCFM depende de alguns princípios básicos tratados na própria norma como: a compreensão do fluxo de materiais e do uso de energia; conexão dos dados físicos e monetários; assegurar precisão, plenitude e comparabilidade dos

dados físicos; estimar e atribuir custos à perda de materiais (ISO 14051, 2011).

Neste contexto, consideram-se três os elementos fundamentais da CCFM, segundo a ISO 14051 (2011): o Centro de Quantidade (CQ), que é uma ou mais partes selecionadas de um processo produtivo para o qual as entradas e saídas são quantificadas e mensuradas em unidades físicas e monetárias; o Balanço de Materiais, que se caracteriza como um demonstrativo que aponta todo material que entra e que, eventualmente, deixa um CQ na forma de produto ou perda de material; e por fim, o Cálculo dos Custos, que se refere às alocações monetárias, que permitem o fluxo do processo produtivo.

Para a aplicação prática da CCFM em determinada instituição, além da utilização de material e energia, a ISO 14051 (2011) determina que seja utilizada a ferramenta de gestão de melhoria contínua, o ciclo de PDCA: *Plan* (Planejar), *Do* (Fazer), *Check* (Checar) e *Act* (Agir), que se constitui um método muito utilizado dentro das áreas de Administração e Recursos humanos, buscando tornar mais eficiente a realização de tarefas. Assim, a CCFM pode ser considerada uma ferramenta de gerenciamento que contribui para auxiliar na busca e promoção do desenvolvimento econômico de forma sustentável.

No intuito de analisar como a CCFM está sendo estudada e aplicada no mundo realizou-se esta bibliometria sobre o tema. Segundo Rodrigues e Vieira (2016), a conveniência de se avaliar a produção científica e o seu impacto social, visa não só apropriar, de forma eficiente, os recursos destinados a uma determinada atividade científica, como, também, pode contribuir para o planejamento de políticas públicas na comunidade científica e otimização no processo de gerenciamento e tomada de decisões em um setor.

O escopo de se avaliar a atividade científica, por meio de indicadores bibliográficos, tem como perspectiva identificar as tendências e direcionamentos da literatura científica no âmbito de uma região, ou mesmo mundial, sobre temas específicos, podendo se vislumbrar, dentre outros aspectos, a obsolescência dos campos de pesquisa, informações e novos paradigmas científicos, bem como conhecer as relações interdisciplinares, intradisciplinares e multidisciplinares na ciência, entre outras abordagens (RODRIGUES; VIEIRA, 2016).

Na visão de Machado Júnior *et al.* (2016), as nomenclaturas: bibliometria, cienciométrica, informetria, e mais recentemente a webometria, convergem para um ponto comum em termos conceituais, que é o de mensurar o direcionamento das pesquisas sobre determinado tema, se diferenciando apenas na amplitude e especificidades. Segundo estes mesmos autores, os estudos realizados por meios cienciométricos podem contribuir para a inovação da ciência, e, por consequência, da tecnologia de determinado meio.

Durante o século XX, teorias e leis a respeito de estudos bibliométricos foram criadas e aprimoradas. A literatura traz três princípios ou leis bibliométricas que analisam o comportamento da atividade científica baseada em padrões da análise de dados (RODRIGUES; VIEIRA, 2016; MACHADO JUNIOR *et al.*, 2016). O primeiro princípio diz respeito à Lei *de Lotka* ou Lei do Quadrado Inverso, de 1926, que faz relação do quadrado inverso de autoria, que em síntese propõe medir a produtividade dos autores. Segundo este princípio, pequeno número de pesquisadores produz muito em determinada área do conhecimento, enquanto grande número de pesquisadores produz pouco (RODRIGUES; VIEIRA, 2016; MACHADO JUNIOR *et al.*, 2016).

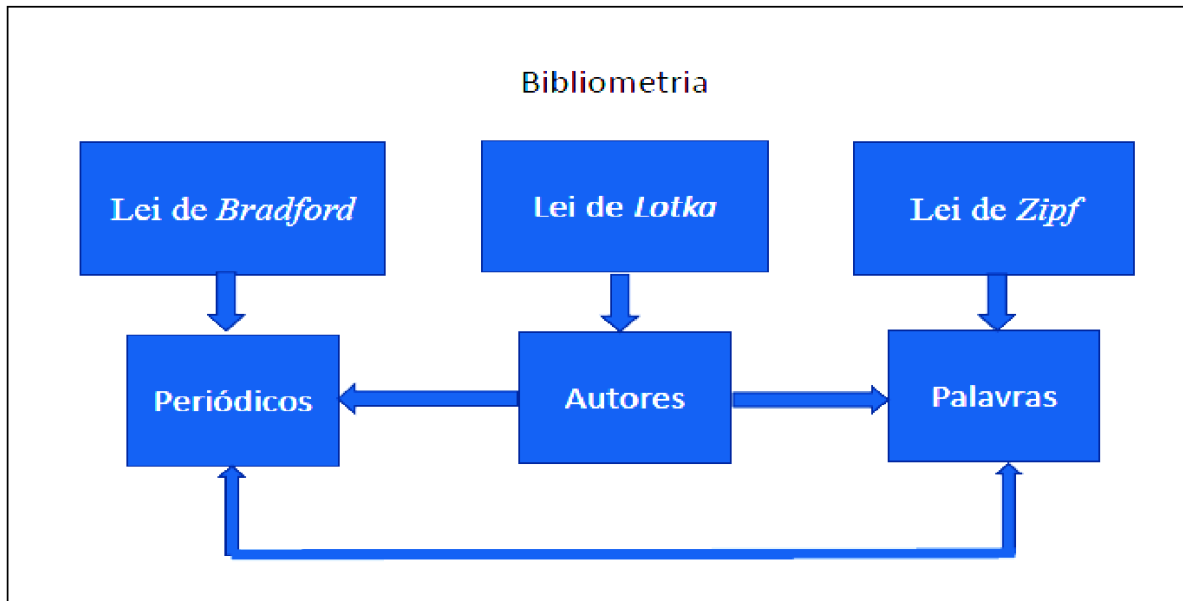
O segundo princípio trata da Lei é a de *Bradford* ou Lei da Dispersão, de 1934, que “permite calcular o grau de relevância dos periódicos em uma determinada área do conhecimento” (RODRIGUES; VIEIRA, 2016, p. 169-170). Em termos práticos, esta lei retrata a possibilidade de se averiguar a dispersão do conhecimento científico em publicações periódicas, com foco na dispersão da produtividade.

Por fim, o terceiro princípio da bibliometria se refere a Lei de *Zipf* ou Lei do Mínimo Esforço, de 1949, que objetiva mensurar a distribuição de frequências de palavras em um texto, e dessa forma “consiste em medir a frequência do aparecimento das palavras em vários textos, gerando uma lista ordenada de termos de uma determinada disciplina ou assunto” (MACHADO JUNIOR *et al.*, 2016, p. 115).

Sendo assim, as Leis de *Lotka*, *Bradford* e *Zipf* podem ajudar a delinear o panorama da produção científica de determinada área de conhecimento, tendo em vista que os referidos princípios analisam não só as relações e tendências dos atores científicos, como também, pode auxiliar na visão do dimensionamento da literatura científica de uma área. Na figura 1 está ilustrado o foco de cada princípio mencionado, para melhor compreensão.

Tendo em vista a importância que os estudos bibliométricos podem apontar sobre novos horizontes em relação a tendências e inovações dentro da pesquisa científica, por meio de descobertas e análises de lacunas na literatura, criação, atualização e/o aperfeiçoamento de novas metodologias, que podem deixar a pesquisa com maior grau de precisão e credibilidade, este artigo foi desenvolvido a partir da seguinte questão-problema: qual o panorama da produção científica envolvendo pesquisas sobre a CCFM no mundo? O objetivo foi o de analisar o panorama da produção científica sobre estudos, que envolvem a CCFM, desde a publicação da norma ISO 14051, em 2011, até o ano de 2020.

Figura 1 - Leis da Bibliometria



Fonte: Adaptada de Machado Junior *et al.* (2016).

2 METODOLOGIA

A norma ISO 14051 (<https://www.iso.org/standard/50986.html>), que trata da estrutura geral da CCFM foi publicada e reconhecida como padrão internacional em 15 de setembro de 2011. A partir de então, observou-se, mesmo de forma gradual, que considerável número de artigos científicos tem sido publicado em periódicos, versando sobre estudos teóricos e de casos sobre a aplicação e aperfeiçoamento da CCFM.

A busca dos estudos científicos englobou as produções publicadas em periódicos, no período de 2011 a 2020. Foram selecionados somente artigos (de revisão, estudos teóricos e pesquisas) publicados em periódicos e, exclusivamente, no idioma inglês, utilizando o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e selecionando-se a base de dados *Web of Science* (WoS). A coleta e análise dos dados, que compõem este artigo, foram realizadas, em sua plenitude, no período de abril de 2020 a abril de 2021, com a utilização de palavras-chave e operadores booleanos com a seguinte estrutura de busca: “Material Flow Cost Accounting” OR “ISO 14051”.

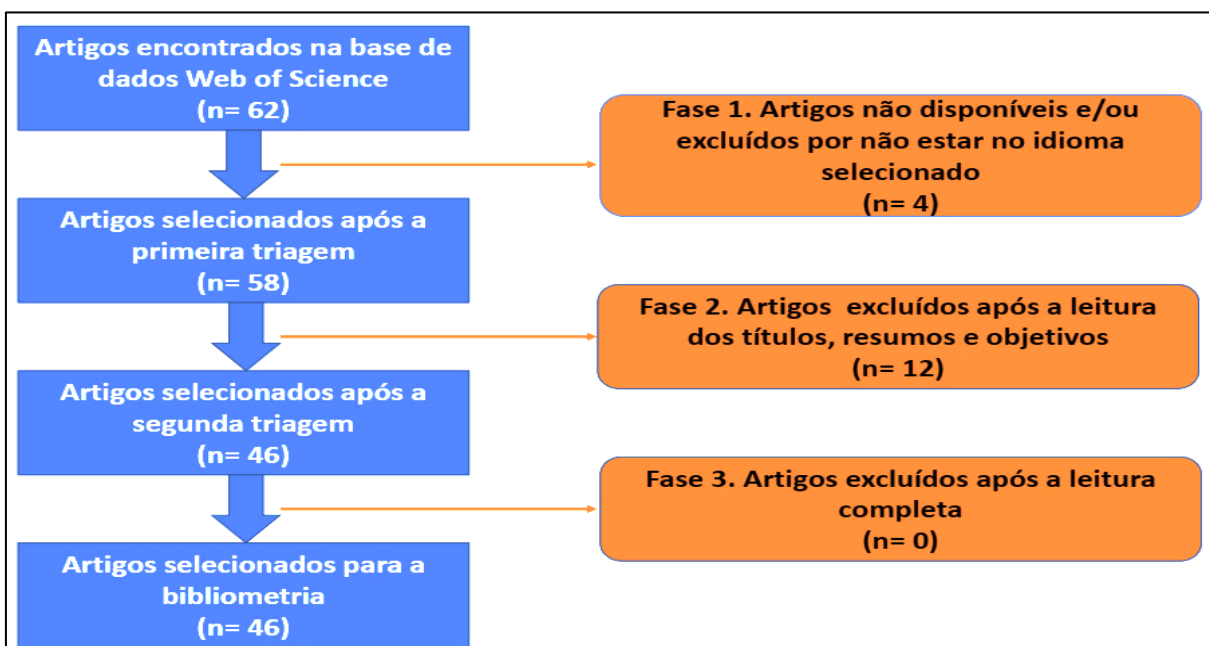
A escolha pela base de dados WoS se deu pela cobertura global da temática proposta, tendo em vista que esta plataforma apresenta viés multidisciplinar que abrange mais de 21.100 periódicos acadêmicos revisados por pares e de alta qualidade científica, publicados em todo o mundo (WEB OF SCIENCE, 2021).

Na primeira fase da pesquisa, foram encontrados, segundo os critérios de busca adotados, 62 artigos publicados de 2011 a 2020. Deste total, excluiu-se quatro artigos, três por

não estarem disponíveis na íntegra, para download e um por estar escrito em alemão, considerando que nos critérios de busca, os artigos fossem publicados exclusivamente no idioma inglês.

Na segunda fase, efetuou-se a leitura dos títulos, resumos e dos objetivos gerais de cada um dos 58 artigos selecionados para a pesquisa. Foram excluídos 12 artigos por não tratarem de estudos relacionados diretamente com a CCFM, ou seja, não atendiam aos critérios de elegibilidade propostos para esta pesquisa. Nesses casos de exclusão, a norma ISO 14051:2011, que trata da estrutura geral da CCFM, foi citada nos textos apenas de forma exemplificativa e com a informação de que a mesma é uma ferramenta de gestão ambiental. Contudo, a referida norma/ferramenta não era aplicada e nem discutida, inviabilizando análise crítica. As etapas e os critérios de escolha podem ser melhor compreendidas a partir da Figura 2.

Figura 2 - Etapas da busca e os critérios de exclusão dos artigos



Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Na terceira fase realizou-se a leitura na íntegra dos 46 artigos selecionados, que serviram de base para análise do objetivo proposto neste trabalho. Ressalta-se que nesta fase não houve exclusão de artigos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 1, estão relacionados os 46 artigos selecionados para análise, nomeados de A1 a A46, com títulos, autores, por anos de publicação em ordem decrescente, e título dos periódicos em que foram publicados.

Quadro 1 - Artigos selecionados para a análise bibliométrica (continua)

Artigo	Título	Autores	Periódico
A1	Shared benefit by Material Flow Cost Accounting in the food Supply chain and the case of berry pomace as upcycled by-product of a black currant juice production	MAY; GÜNTHER, 2020	Journal of Cleaner Production
A2	Improving financial and environmental sustainability in concentrated latex manufacture	DUNUWILA; RODRIGO; GOTO, 2020	Journal of Cleaner Production
A3	What effects does material flow cost accounting have for companies? Evidence from a case studies analysis	WALZ; GÜNTHER, 2020	Journal of Industrial Ecology
A4	Identifying 'True' Water Los Information through the MFCA Model for Improved Cost-Saving Decisions in a Water Utility: A Case Study of the Doordraai Water Treatment Scheme in South Africa	FAKOYA; IMUEZERUA, 2020	Sustainability
A5	Supply chain MFCA implementation: emphasizing evidence on coordination	HIGASHIDA, 2020	Sustainability Accounting, Management and Policy Journal
A6	The Application of Material Flow Cost Accounting in Waste Reduction	HUANG <i>et al.</i> , 2019	Sustainability
A7	Implementation of material flow cost accounting (MFCA) in soybean production	DEKAMIN; BARMAKI, 2019	Journal of Cleaner Production
A8	Waste decomposition analysis in Japanese manufacturing sectors for material flow cost accounting	YAGI; KOKUBU, 2019	Journal of Cleaner Production
A9	Relationship between Green Design and Material Flow Cost Accounting in the Context of Effective Resource Utilization	TU; HUANG, 2019	Sustainability
A10	A three-dimensional model featuring material flow, value flow and organization for environmental management accounting	ZOU <i>et al.</i> , 2019	Journal of Cleaner Production
A11	Production and cost theory-based material flow cost accounting	DIERKES; SIEPELMAYER, 2019	Journal of Cleaner Production
A12	Integrating data reconciliation into material flow cost accounting: The case of a petrochemical wastewater treatment plant	BEHNAMI <i>et al.</i> , 2019	Journal of Cleaner Production
A13	Resource value flow analysis of paper-making enterprises: A Chinese case study	LI <i>et al.</i> , 2019	Journal of Cleaner Production

Quadro 1 - Artigos selecionados para a análise bibliométrica (continuação)

Artigo	Título	Autores	Periódico
A14	Integrating life cycle assessment and material flow cost accounting to account for resource productivity and economic-environmental performance	RIECKHOF; GÜNTHER, 2018	The International Journal of Life Cycle Assessment
A15	Financial and environmental sustainability in manufacturing of crepe rubber in terms of material flow analysis, material flow cost accounting and life cycle assessment	DUNUWILA; RODRIGO; GOTO, 2018	Journal of Cleaner Production
A16	Corporate material flow management in Thailand: The way to material flow cost accounting	YAGI; KOKUBU, 2018	Journal of Cleaner Production
A17	An Information Framework for Facilitating Cost Saving of Environmental Impacts in the Coal Mining Industry in South Africa	MBEDZI; POLL; POLL, 2018	Sustainability
A18	Sustainability of natural rubber processing can be improved: A case study with crepe rubber manufacturing in Sri Lanka	DUNUWILA; RODRIGO; GOTO, 2018	Resources, Conservation & Recycling
A19	Implementation of material flow cost accounting for Efficiency improvement in wastewater treatment unit of Tabriz oil refining company	MAHMOUDI; JODEIRI; FATEHIFAR, 2017	Journal of Cleaner Production
A20	MFCA extension from a circular economy perspective: Model modifications and case study	ZHOU <i>et al.</i> , 2017	Journal of Cleaner Production
A21	Potentials for Improvement of Resource Efficiency in Printed Circuit Board Manufacturing: A Case Study Based on Material Flow Cost Accounting	WANG <i>et al.</i> , 2017	Sustainability
A22	Material flow cost accounting for food waste in the restaurant industry	CHRIST; BURRITT, 2017	British Food Journal
A23	Material Flow Cost Accounting, Perceived Ecological Environmental Uncertainty, Supplier Integration and Business Performance: A Study of Manufacturing Sector in Malaysia	SALIM; AMIR; SULAIMAN, 2017	Asian Journal of Accounting and Governance
A24	ISO 14051: A new era for MFCA implementation and research	CHRIST; BURRITT, 2016	Revista de Contabilidad - Spanish Accounting Review
A25	Material flow management and cleaner production of cassava processing for future food, feed and fuel in Thailand	JAKRAWATANA; PINGMUANGLEK A; GHEEWALA, 2016	Journal of Cleaner Production

Quadro 1 - Artigos selecionados para a análise bibliométrica (continuação)

Artigo	Título	Autores	Periódico
A26	Using Material Flow Cost Accounting (MFCA) to identify benefits of eco-efficiency and cleaner production in a paper and pulp manufacturing organization	DOORASAMY, 2016	Foundations of Management
A27	The interpretation and extension of Material Flow Cost Accounting (MFCA) in the context of environmental material flow analysis	SCHMIDT, 2015	Journal of Cleaner Production
A28	A report on the origins of Material Flow Cost Accounting (MFCA) research activities	WAGNER, 2015	Journal of Cleaner Production
A29	Material flow cost accounting (MFCA) ebased approach for prioritisation of waste recovery	WAN <i>et al.</i> , 2015	Journal of Cleaner Production
A30	Application of MFCA in waste reduction: case study on a small textile factory in Thailand	KASEMSET; CHERNSUPORNC HAI; PALA- UD, 2015	Journal of Cleaner Production
A31	Material flow cost accounting and existing management perspectives	KOKUBU; KITADA, 2015	Journal of Cleaner Production
A32	Material Flow Cost Accounting (MFCA) enablers and barriers: the case of a Malaysian small and medium sized enterprise (SME)	SULONG; SULAIMAN; NORHAYATI, 2015	Journal of Cleaner Production
A33	A combination of Material Flow Cost Accounting and design of experiments techniques in an SME: the case of a wood products manufacturing company in northern Thailand	CHOMPU-INWAI; JAIMJIT; PREMSURIYAN UNT, 2015	Journal of Cleaner Production
A34	Material flow cost accounting: a review and agenda for future research	CHRIST; BURRITT, 2015	Journal of Cleaner Production
A35	Extending the scope of Material Flow Cost Accounting e methodical refinements and use case	SCHMIDT; GOTZE; SYGULLA, 2015	Journal of Cleaner Production
A36	Integrating life cycle costing and life cycle assessment using extended material flow cost accounting	BIERER <i>et al.</i> , 2015	Journal of Cleaner Production
A37	Expanding material flow cost accounting. Framework, review and potentials	SCHALTEGGR; ZVEZDOV, 2015	Journal of Cleaner Production
A38	Introduction of MFCA to the Supply Chain: A Questionnaire Study on the Challenges of Constructing a Low-Carbon Supply Chain to Promote Resource Efficiency	NAKAJIMA; KIMURA; WAGNER, 2015	Journal of Cleaner Production

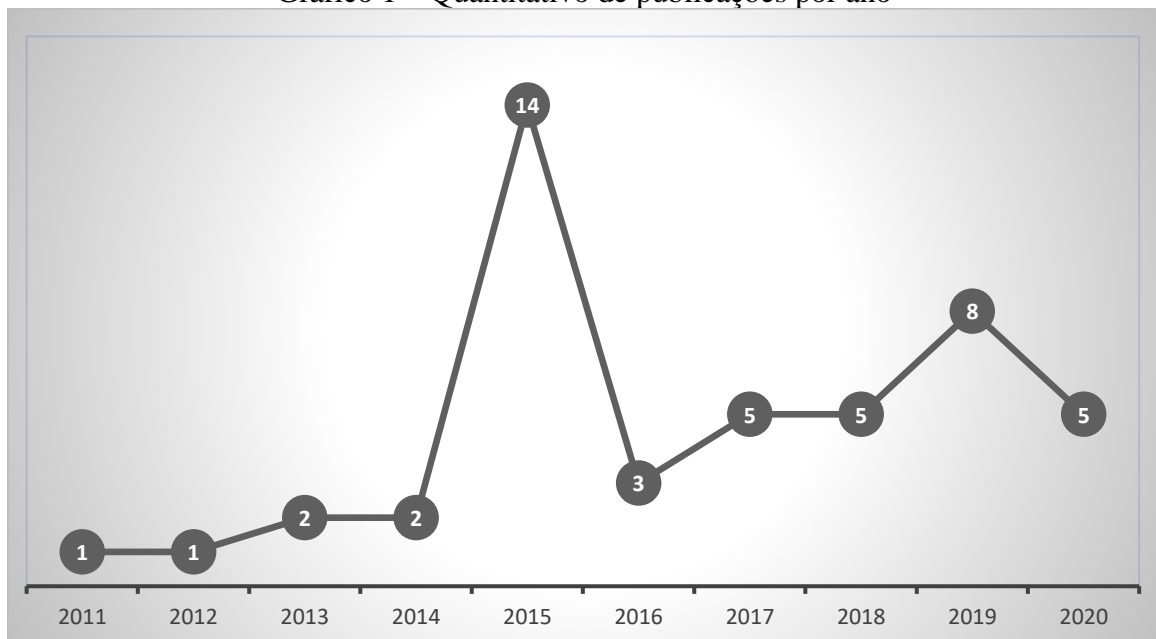
Quadro 1 - Artigos selecionados para a análise bibliométrica (conclusão)

Artigo	Título	Autores	Periódico
A39	Interrelating Material Flow Cost Accounting with Management Control Systems to Introduce Resource Efficiency into Strategy	RIECKHOF; BERGMANN; GÜNTHER, 2015	Journal of Cleaner Production
A40	Theoretical developments in environmental management accounting and the role and importance of MFCA	DOORASAMY, 2015	Foundations of Management
A41	Analysis of manufacturing systems using simulations in terms of material flow cost accounting	TAKAKUWA; ZHAO; ICHIMURA, 2014	International Journal of Computational Intelligence Systems
A42	Adopting material flow cost accounting model for improved waste-reduction decisions in a micro-brewery	FAKOYA, 2014	Environment Development and Sustainability
A43	Integrating ERP and MFCA systems for improved waste-reduction decisions in a brewery in South Africa	FAKOYA; POLL, 2013	Journal of Cleaner Production
A44	Introducing the All Seeing Eye of Business: a model for understanding the nature, impact and potential uses of waste	BAUTISTA-LAZO; SHORT, 2013	Journal of Cleaner Production
A45	Simulation-based environmental cost analysis for work-in-process	ZHAO, 2012	International Journal of Simulation Modeling
A46	Collaborative activity with business partners for improvement of product environmental performance Using LCA	NAKANO; HIRAO, 2011	Journal of Cleaner Production

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

No que se refere ao quantitativo de artigos publicados por ano, no período analisado, o ano de 2015 se destacou com 14 artigos, o que representa 30,43% do total de publicações (46 artigos). Portanto, neste ano a produção pode ser dada como atípica se comparado ao quantitativo dos demais anos considerados. Conforme mostrado no Gráfico 1, no intervalo de 2011 a 2014 só haviam sido publicados seis artigos sobre a CCFM, possivelmente, por envolver um período próximo ao lançamento da norma, e neste sentido, ainda não estava amplamente conhecida pela comunidade científica. Fica constatado que os estudos e pesquisas sobre a ferramenta começaram a se consolidar a partir de 2015.

Gráfico 1 – Quantitativo de publicações por ano



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Como a ISO 14051 foi publicada em 2011, assim, é compreensível que os efeitos da sua publicação, bem como o seu conhecimento pela comunidade científica sobre os resultados de suas primeiras aplicações práticas e teóricas, bem como o acesso dado pelas primeiras indústrias ao abrir as portas para a aplicação da ferramenta, tenham ocorrido quatro anos depois do surgimento da CCFM como norma padronizada. Um outro fator que pode ter impulsionado este número de publicações pode ter sido o incentivo a estudos sobre adoção de ferramentas que contribuem para a diminuição de geração de resíduos (como a CCFM) e, conseqüentemente, o estancamento da poluição no planeta, haja vista que em 2015 foi realizada, em Paris, a 21ª Conferência do Clima – COP21 – 2015, que tinha como principal objetivo incentivar a criação de mecanismos para o abrandamento do aquecimento global por meio da redução da emissão dos gases de efeito estufa, além do lançamento da Agenda 2030, pela cúpula da ONU, também em 2015, onde foram incluídos, nesta agenda, os ODS.

Um aspecto a ser considerado em relação ao período de 2011 a 2015, é que apenas dois autores (FAKOYA e SCHMIDT) publicaram suas pesquisas mais de uma vez, neste interstício de tempo, o que pode ser um indicativo de tendência de estudos nessa área, pela variedade de pesquisadores que dirigem atenção sobre o tema, tendo em vista que a quantidade de publicações nestes quatro anos representou 43,4% do total.

Percebe-se, ainda, houve redução brusca nas publicações em 2016, em que das três produções relativas a este ano, duas são de autores, que publicaram em 2015. Isso demonstra uma continuidade em relação aos pesquisadores, que produzem trabalhos científicos sobre

essa temática. Observa-se, também, o aumento de 60% nas publicações em 2019, se comparado aos anos de 2017 e 2018, confirmando a tendência de crescimento em pesquisas sobre a CCFM.

Por outro lado, em 2020, houve redução de 60% nas publicações em relação a 2019. Ressalta-se que o ano de 2020 foi afetado pela pandemia causada pelo coronavírus (COVID-19) o que pode ter influenciado na redução da coleta de dados para a aplicação da CCFM e, conseqüentemente, na redução das publicações, tendo em vista que a maior parte das pesquisas envolvendo esta ferramenta são provenientes de estudos de casos aplicados em indústrias de transformação que tiveram, em sua maioria, as portas fechadas como medidas sanitárias para evitar a contaminação do vírus.

Em relação à discrepância do ano de 2015, se comparado aos outros anos observados na pesquisa e tomando como referência todo o período pesquisado, a média de publicação é de 4,6 artigos por ano. No entanto, excluindo-se o ano “atípico” de 2015, essa média cai para 3,5 artigos/ano. Portanto, infere-se que o quantitativo de publicação de artigos sobre a CCFM varia de três a quatro artigos por ano na base de dados explorada. Este quantitativo pode ser considerado pouco, se lavar em consideração a dimensão da pesquisa em cenário global, e otimista se tratado sob a ótica da criação a padronização recente da CCFM.

Em relação aos periódicos em que foram publicados os artigos selecionados nesta pesquisa, correspondem a 14 os veículos de divulgação científica, tendo como principais áreas de pesquisa abrangentes: Ciências Ambientais e Engenharias. O periódico *Journal of Cleaner Production* (JCP) é o que mais tem publicado artigos relacionados a estudos, que envolvem aplicação da CCFM, com um total de 29 publicações de 2011 a 2020, o que corresponde a 63% do total de artigos publicados sobre o tema.

O *Journal of Cleaner Production* está classificado no Qualis/CAPES (2013-2016), como A1 nas áreas de Ciências Ambientais e Engenharias I, II e III e A2 em Engenharias IV. O fator de impacto, em 2020, é de 7,246, atualizado em 20 de outubro de 2020 (JOURNAL CITATION REPORTS, 2021). Tais referências demonstram a qualidade, credibilidade e relevância deste periódico em pesquisas nas áreas mencionadas.

Destaca-se, também, o periódico *Sustainability*, responsável por 10,8% (cinco artigos) das publicações recuperadas. Em seguida, aparece o *Foundations of Management* com dois artigos publicados. Os periódicos *International journal of simulation modelling*; *International Journal of Computational Intelligence Systems*; *Environment Development and Sustainability*; *Foundations of Management*; *Revista de Contabilidad – Spanish Accounting Review*; *British Food Journal*; *Asian Journal of Accounting and Governance*; *The*

International Journal of Life Cycle Assessment; Resources, Conservation & Recycling; Sustainability Accounting, Management and Policy Journal e *Journal of Industrial Ecology*, aparecem logo depois, cada um, com apenas uma publicação.

Cabe ressaltar que o fator de impacto de um determinado periódico é uma métrica utilizada para avaliar o grau de importância relativa de periódicos científicos em suas respectivas áreas e serve de parâmetro para seleção de trabalhos científicos de maior qualidade e credibilidade pela comunidade científica. É calculado anualmente pelo *Institute for Scientific Information/Thompson Scientific Reuters* e publicado pelo *Journal Citations Reports (JCR)* (THOMAZ; ASSAD; MOREIRA, 2011).

Ainda, em relação ao quantitativo de publicações distribuído por periódicos, identifica-se uma concentração de artigos publicados em apenas dois periódicos (*Journal of Cleaner Production (JCP)* - 29 publicações e *Sustainability* - 5 publicações). O JCP é um periódico internacional, transdisciplinar com convergência para pesquisas e práticas de Produção Mais Limpa, Meio Ambiente e Sustentabilidade, que tem como objetivo abordar e discutir questões ambientais e sustentáveis em empresas, governos, instituições de ensino, regiões e sociedades (JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION, 2021). O *Journal Sustainability* possui características interdisciplinares com foco em sustentabilidade ambiental, cultural, econômica e social (SUSTAINABILITY, 2021). Tais características podem ter facilitado a escolha desses veículos para publicações da maioria dos artigos científicos analisados.

Destaca-se, também, que os dois veículos de publicações anteriormente citados detêm, aproximadamente, 74% do total de publicações recuperadas nesta pesquisa e possuem escopos que se adequam a estudos voltados para a aplicação da CCFM, que representa uma ferramenta de gestão ambiental, com foco na produção mais limpa ou sustentável.

Constata-se, em relação aos veículos de publicações, que a aplicação da *Lei de Bradford*, neste caso, torna-se apropriada visto que um pequeno número de periódicos é responsável por um expressivo percentual (74%) do total de produção científica sobre a CCFM. O segundo grupo, formado pelos 12 periódicos restantes, concentrou 26% do total de trabalhos publicados.

No que se refere aos autores que possuem mais produção sobre o tema considerado, dentro do total de artigos selecionados para análise (46), é perceptível, baixa concentração de produtividade em um número específico de autores. Na Tabela 1 podem ser visualizados os 11 autores com mais publicações de um total de 62 autores identificados.

Observa-se que há uma difusão de autores. Segundo Rodrigues e Vieira (2016, p. 173),

isto pode ser visto como “característica de uma área do conhecimento cujo referencial teórico, identidade e institucionalização do corpo de autoridade estão em processo de construção”. De fato, a CCFM caminha para evoluir neste sentido, tendo em vista a sua recente padronização e difusão no mundo, especialmente, na Ásia.

Tabela 1 – Autores mais produtivos

Autores	Nº de publicações	% de 46
GÜNTHER, E.	04	8,69
CHRIST, K. L.	03	6,52
BURRITT, R. L.	03	6,52
KOKUBU, K.	03	6,52
DUNUWILA, P.	03	6,52
GOTO, N.	03	6,52
RODRIGO, V. H. L.	03	6,52
FAKOYA, M. B.	03	6,52
DOORASAMY, M.	02	4,34
WAGNER, B.	02	4,34
RIECKHOF, R.	02	4,34
TOTAL	31	67,35

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Observa-se ainda que, os 11 autores, listados na Tabela 1, são responsáveis por 67,35% das publicações e possuem dois ou mais trabalhos publicados; enquanto 51 pesquisadores são responsáveis por uma publicação cada, ou seja, 32,65% do total de artigos publicados. A *Lei de Lotka* apresenta-se como não apropriada para este caso, tendo em vista que, segundo este princípio, a proporção de todos os autores que fazem apenas um trabalho deve ficar em torno de 60% do total de publicações (RODRIGUES; VIEIRA, 2016).

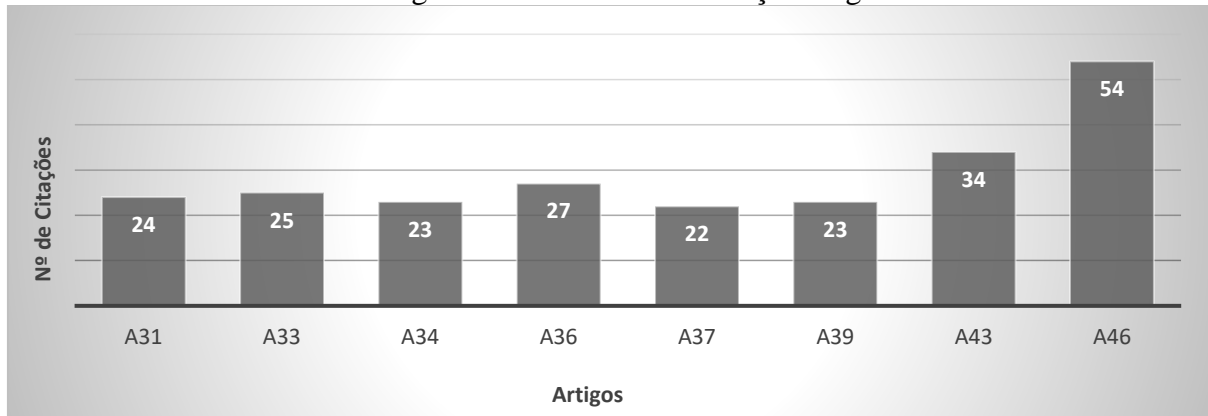
De acordo com as credenciais dos autores relacionados na Tabela 1, contidas nos artigos, os mesmos trabalham e/ou desenvolvem pesquisas nas áreas de Ciências Ambientais, Engenharias, Contabilidade, Design e Gestão de Negócios. Tais áreas possuem conexão com a CCFM, tendo em vista que esta ferramenta contribui para a redução dos custos corporativos e identifica desperdícios (geração atípica de resíduos) em determinado processo produtivo, corroborando para melhoria econômica e ambiental, concomitantemente, nas indústrias. Portanto, a quantidade de artigos publicados e as áreas de pesquisas destes autores, apontam tendências de continuação de pesquisas e publicações no campo de estudos sobre a CCFM.

Relativo ao número de citações, está apresentado no Gráfico 2 o quantitativo de artigos com vinte ou mais citações. Com exceção dos artigos A43 e A46, os mais citados, foram publicados em 2015, ano de maior número de publicações sobre a CCFM.

A partir da análise do Gráfico 2 conjuntamente com o Quadro 1, percebe-se que os artigos com vinte citações ou mais, representam 17,3% do total de trabalhos pesquisados e,

ainda, sete dos oito artigos listados no Gráfico 2 foram publicados no JCP. Este fato confirma a importância destas pesquisas, envolvendo estudos sobre a CCFM, bem como o alcance que elas têm por serem veiculados por periódicos que possuem qualidade e credibilidade no meio científico, além das publicações serem disponibilizadas no idioma inglês, o que facilita a busca global por estes artigos.

Gráfico 2 – Artigos com vinte ou mais citações segundo a WoS



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Foram identificados dois artigos com mais de trinta citações (A43 e A46). O artigo A43 intitulado: “*Integrating ERP and MFCA systems for improved waste-reduction decisions in a brewery in South Africa*”, publicado em 2013 no JCP, teve até 2020, o total de 34 citações segundo a WoS. O referido artigo trata de um estudo de caso sobre a aplicação da CCFM em uma cervejaria na África do Sul, em que os pesquisadores integraram os sistemas de Planejamento de Recursos Empresariais (PRE) da instituição com a CCFM, no intuito de rastrear informações mais precisas sobre os resíduos gerados, bem como apoiar e dar suporte à gestão na tomada de decisões sobre a redução de custos e resíduos. A conclusão geral ao final do estudo mostrou que a CCFM, como ferramenta adicional para a captura de informações específicas sobre resíduos relevantes, pode propiciar uma visão mais transparente das informações de custos associados aos resíduos para melhores decisões que acarretam na redução de resíduos na empresa pesquisada (FAKOYA; POLL, 2013).

O artigo A43, ainda, fornece uma opção para aumentar a transparência nas informações acerca de como e quanto de resíduo está sendo gerado e quais medidas podem ser tomadas para diminuir os “produtos negativos” gerados no processo produtivo analisado. Diante das principais conclusões, a pesquisa em tese mostrou que a maioria das decisões tomadas no passado, na empresa pesquisada (antes de CCFM ou da integração da mesma com outros instrumentos de gestão ambiental), no intuito de reduzir a produção de resíduos,

apresentavam um viés considerável de falhas ou inadequações e que as oportunidades de redução de custos para aumentar as margens de lucro foram perdidas (FAKOYA; POLL, 2013).

Ainda, em relação ao artigo A46, que foi o mais citado dentre os escolhidos para a realização desta bibliometria, foram 54 citações até 2020 segundo a WoS. O trabalho intitulado: “*Collaborative activity with business partners for improvement of product environmental performance using LCA*”, publicado em 2011, também, pelo JCP, representa uma pesquisa, em que se analisa o desempenho ambiental de produtos em uma cadeia de suprimentos entre parceiros de negócios, utilizando a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) conjuntamente com uma análise econômica de fluxo de materiais por meio da CCFM (NAKANO; HIRAO, 2011). Os autores, ressaltaram ainda que os resultados obtidos no artigo A46 mostraram que as atividades de melhoria, do ponto de vista econômico, podem propiciar incentivo para os parceiros de negócios e incrementar mudanças positivas nos processos e produtos, tendendo a maior eficácia no *design* ecológico.

É relevante ressaltar que o artigo A46 é, também, representa um exemplo de estudos que demonstra a utilidade que a integração da CCFM com outras ferramentas de gestão ambiental ou gerencial pode trazer para as instituições. Os resultados encontrados ratificam não só que a CCFM pode ser considerada uma ferramenta útil para a redução de resíduos, otimização de consumo e utilização de matéria prima, atenuação dos custos corporativos, como também, pode, em conjunto com a ACV, contribuir para a compreensão mais transparente do aspecto ambiental na produção atual e, com informações quantitativas mais detalhadas, fornecidas a partir da análise pela CCFM, e como consequência apontar alternativas de design para novos projetos e/ou produtos.

Assim, os dois artigos, A43 e A46, são referenciados em outros trabalhos como base teórica e/ou metodológica de estudos voltados para a extensão do escopo da CCFM com outras ferramentas gerenciais e/ou de gestão ambiental, e que podem melhorar o processo produtivo (reduzindo a geração de resíduos), racionar o consumo de matéria-prima e, conseqüentemente, trazer benefícios econômicos e ambientais, simultaneamente, para as instituições. Percebe-se a importância desses dois artigos no desenvolvimento de outras pesquisas com a mesma abordagem. Identificou-se que 50% dos artigos selecionados para esta análise bibliométrica referenciaram pelo menos um dos dois artigos e apontam o direcionamento para a extensão do escopo da CCFM integrada a outras ferramentas de gestão o que, conseqüentemente, corrobora para a necessidade de aperfeiçoamento desta ferramenta.

Uma outra inferência, a partir da análise dos artigos A43 e A46, direciona para a

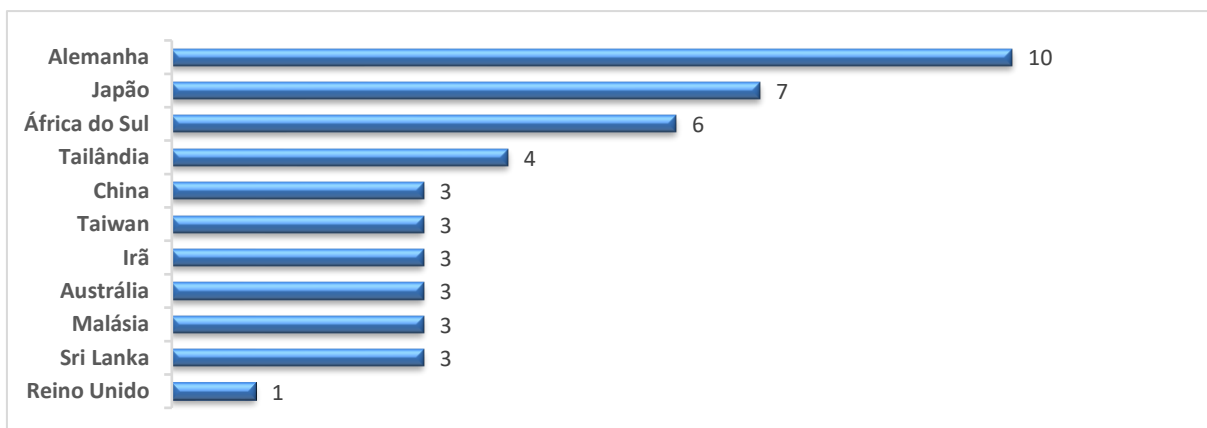
tendência de que um dos aspectos que, também, impulsiona a necessidade de extensão e aperfeiçoamento da CCFM, reside nos sistemas contábeis convencionais, que ainda apresentam dados insuficientes e/ou limitados em relação ao sistema de análises e alocações de custos para uma adaptação ou aplicação dentro do escopo da CCFM, tal como se apresenta na norma ISO 14051.

No que se refere aos tipos de metodologias aplicadas nos artigos selecionados, os estudos de casos (único e múltiplos) se destacam em pesquisas com a CCFM. Nos trabalhos analisados, é possível notar a predominância deste tipo de metodologia. Constata-se que 72% (33 artigos) do total se referem a algum tipo de estudo de caso. As revisões de literatura aparecem em seguida com 24% (11 artigos). Isso demonstra que os estudos estão majoritariamente direcionados a compreender, disseminar e aplicar a CCFM como ferramenta útil na tomada de decisões em relação a otimização do uso de materiais e energia em indústrias.

Um pequeno percentual, 4% (dois artigos) dos textos selecionados tratam de pesquisas por questionários direcionados a empresas, no intuito de averiguar como estão sendo geridos os resíduos produzidos em seus processos produtivos ou se os investigados têm conhecimento e/ou se usam a CCFM como ferramenta de auxílio no controle da geração de resíduos.

Um outro aspecto importante que se deve mencionar diz respeito aos países, onde pesquisas com a CCFM estão sendo realizadas. Apesar dos primeiros estudos e pesquisas sobre a CCFM terem surgido na Europa, no final dos anos 1980 e início dos anos 90, é na Ásia onde esta ferramenta vem sendo utilizada com mais frequência e, conseqüentemente, isso repercute na quantidade de produções científicas sobre esse conteúdo. No Gráfico 3, é possível observar a distribuição dos 46 artigos por país.

Gráfico 3 – Artigos distribuídos por País



Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Conforme pode ser verificado no Gráfico 3, a Alemanha é o país que mais publica pesquisas sobre CCFM com 21,7% (10 artigos) do total de publicações. A Alemanha foi pioneira em pesquisas sobre análise de fluxos de materiais no início dos anos 1990, que resultou na criação da CCFM em 2011, como norma padronizada (WAGNER, 2015).

O Japão aparece em seguida, com 15,2% (sete artigos) do total de publicações. Entre os anos de 1999 e 2003, o *The Ministry of Economy, Trade and Industry* (METI) do Japão iniciou um processo de cooperação com os alemães e uma série de medidas para implementação da CCFM foram realizadas, dentre elas, a integração com o grupo de trabalho de custos de material, iniciado na Alemanha (WAGNER, 2015). A CCFM foi apresentada para testes em quatro empresas japonesas (*Nitto Denko, Canon, Tanabe Seiyaku e Takiron*) e em 2004, o METI iniciou um novo projeto incentivando mais ainda o uso da CCFM (WAGNER, 2015). Portanto, a cooperação entre alemães e japoneses contribuiu não só para que estes países se tornassem líderes em estudos e pesquisas sobre a CCFM como, também, para o incentivo à difusão, de forma global, desta ferramenta.

Contudo, foi em 2007 que a CCFM passou a integrar a pauta do METI como projeto de transformação da ferramenta em norma padronizada que veio a se concretizar em setembro de 2011, com a publicação da ISO 14051 (estrutura geral da CCFM). O Japão tem influenciado pesquisas sobre a aplicação da CCFM e assumido o protagonismo no continente asiático.

Acessando-se a página do METI (<https://www.meti.go.jp/english/>) e fazendo-se a busca por "Material Flow Cost Accounting" encontra-se os *handbooks* de vários anos (2008 a 2012) nos quais é apresentada a experiência em fase de consolidação. No gráfico 4, também pode-se perceber que os outros países asiáticos têm realizado estudos sobre a CCFM (Irã, Sri Lanka, Malásia, China, Tailândia e Taiwan). Nos artigos analisados, é possível notar contribuições de pesquisadores japoneses em trabalhos realizados em alguns dos países asiáticos citados anteriormente.

Uma tendência na relação de alguns países asiáticos com a CCFM pode estar relacionada ao fato de a maioria destes países serem, geograficamente, próximos ao Japão (um dos pioneiros em estudos com a CCFM) e sofrerem influências do país nipônico, seja por meio da difusão da pesquisa científica sobre o tema pelas universidades japonesas, METI, pela política de publicização da CCFM, de forma a induzir a utilização da ferramenta, ou ainda, a possibilidade de empresas filiais japonesas, que utilizam a CCFM, estarem localizadas em alguns destes países vizinhos.

Na Europa, além da Alemanha, constata-se que algumas pesquisas, de forma tímida,

sobre a CCFM, foram desenvolvidas no Reino Unido. No continente americano não foram encontrados trabalhos, dentro dos critérios de busca deste artigo, envolvendo a CCFM. Ressalta-se que o limite do presente estudo reside no fato de que o registro da aplicação da CCFM obtido é somente aquele que, posteriormente, transformou-se em artigo científico. Não faz parte do escopo desta pesquisa verificar se há ou não instituições que utilizam a CCFM só ou junto com outras ferramentas de gestão ambiental e não divulgam como atividade científica em várias partes do mundo.

Em relação ao quantitativo de Palavras-Chave, foi identificado o total de 214, incluindo-se as repetidas, nos artigos analisados que tratam da temática pesquisada. Na Tabela 2, estão expostas, em ordem decrescente de apresentação, as 17 palavras-chave mais frequentes, ou seja, as que se repetiram pelo menos duas vezes nos textos. As palavras “*Material Flow Cost Accounting (MFCA)*” e “*ISO 14051:2011*” foram as que tiveram maior frequência, 38 e 8 vezes, respectivamente, e representam 21,49% do total de palavras-chave encontradas. Também, foram identificadas 129 palavras-chave, com apenas uma ocorrência, o que representa 60,28% do total.

Tabela 2 – Palavras-chave mais frequentes

Palavras-Chave	Frequência	Ordem
<i>Material Flow Cost Account (MFCA)</i>	38	1 ^a
<i>ISO 14051:2011</i>	08	2 ^a
<i>Life cycle assessment</i>	05	3 ^a
<i>Environmental Management Accounting (EMA)</i>	05	4 ^a
<i>Resource Efficiency</i>	03	5 ^a
<i>Loss of material</i>	03	6 ^a
<i>Eco-Efficiency</i>	03	7 ^a
<i>Environmental Management</i>	02	8 ^a
<i>Sustainability</i>	02	9 ^a
<i>Supply Chains</i>	02	10 ^a
<i>Waste Reduction Decisions</i>	02	11 ^a
<i>Environmental Performance</i>	02	12 ^a
<i>Green Design</i>	02	13 ^a
<i>Circular Economy</i>	02	14 ^a
<i>Environmental Impacts</i>	02	15 ^a
<i>Integration</i>	02	16 ^a
<i>Material Flow Analysis (MFA)</i>	02	17 ^a

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

De acordo com a *Lei de Zipf* ou Lei do Mínimo Esforço, as palavras, com maior frequência, no caso deste estudo, especificamente, que estão na ordem 1^a e 2^a podem ser consideradas da zona I, ou seja, são palavras que representam informações precisas ou básicas

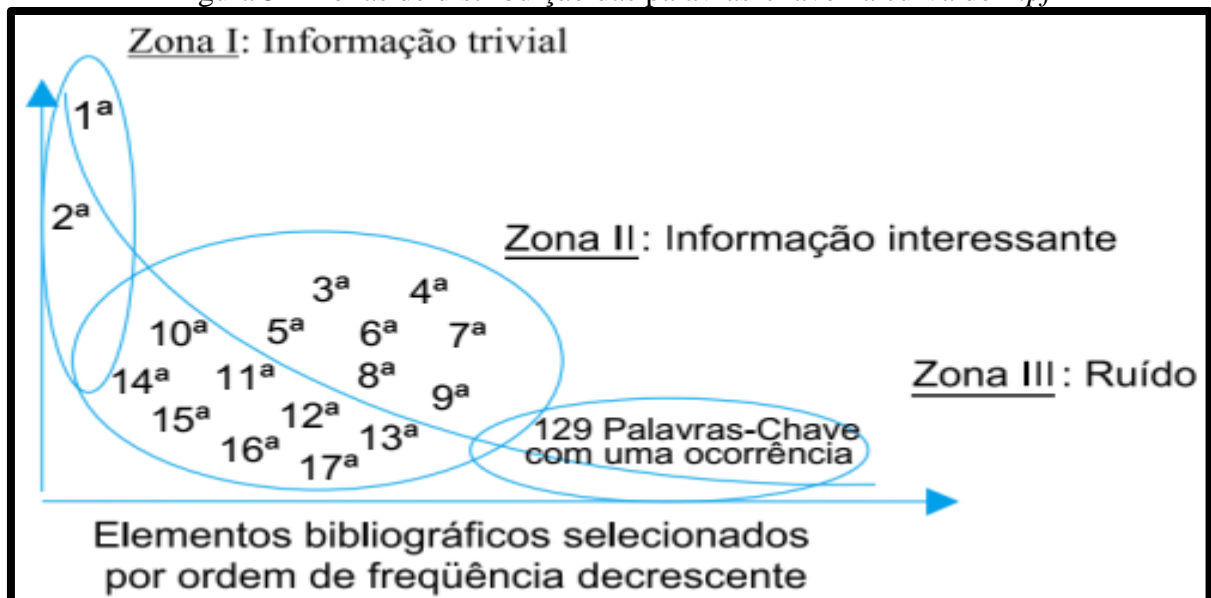
que definem o tema da análise bibliométrica (BORBA, 2014; RODRIGUES; VIEIRA, 2016). Ressalte-se que a *MFCA* (CCFM – em português), associada à ISO 14051:2011, constitui-se ferramenta de Gestão Ambiental, e representa o objetivo desta pesquisa.

Segundo Borba (2014), a *Lei de Zipf*, ainda, traz as zonas II e III no processo de análise de frequência das palavras-chave em um texto. Segundo este autor, na zona II pode-se identificar as palavras-chave com informações interessantes, ou seja, aquelas que se localizam “entre as Zonas I e III e mostram ora os temas periféricos, ora a informação potencialmente inovadora” para o tema central (BORBA, 2014, p.25). Na Tabela 2, podem ser consideradas da zona II, as palavras que estão ranqueadas da 3ª a 17ª posições.

Na zona III, localizam-se as palavras identificadas somente uma vez nos textos, que podem ser consideradas “sinais fracos ou informação de ruído: essa zona tem como característica conter conceitos que podem ser emergentes (sinais fracos) ou apenas ruído estatístico” (BORBA, 2014, p.25).

Para melhor compreensão, na Figura 3 estão ilustradas as três zonas de distribuição das palavras-chave distribuídas na curva de *Zipf*.

Figura 3 – Zonas de distribuição das palavras-chave na curva de *Zipf*



Fonte: Adaptada de Borba (2014).

Cabe destacar o uso das palavras *Life Cycle Assessment*; *Eco-Efficiency*; *Supply Chains*; *Green Design* e *Circular Economy*, que embora sejam consideradas de zona II nesta pesquisa, podem estar sinalizando que os estudos estão propensos a refletir sobre novas possibilidades de aperfeiçoamento da ferramenta como, também, a integração com outras

ferramentas de gestão ambiental existentes, no intuito de tornar a CCFM ainda mais eficiente e conhecida nas indústrias.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente artigo, foi realizado um levantamento bibliométrico acerca das produções científicas sobre a CCFM, desde a padronização desta ferramenta, com a ISO 14051, em 2011, até o ano de 2020. Constatou-se que o Japão e a Alemanha se destacaram na disseminação de pesquisas relacionadas à aplicação desta ferramenta. Cabe destacar que os dois países são os pioneiros em estudos e pesquisas sobre a CCFM. Ressalta-se ainda que, embora a Alemanha apresente o maior número de publicações no mundo, de acordo com esta investigação, é no continente asiático, onde se nota maior número de países, que realizam pesquisas científicas sobre a CCFM.

Embora a CCFM, ainda, tenha grande desafio em termos de expansão global de seus benefícios, um fator que pode contribuir para mudar este cenário é o fato de que tal ferramenta apresenta viés de utilização interdisciplinar, não se restringindo apenas à área de contabilidade. Outras áreas como engenharia, gestão de negócios, administração, ciências ambientais, design, entre outras, também, foram observadas neste estudo como indutoras em pesquisas, que contemplam a CCFM.

Também, nesta pesquisa, foi destacada as tendências de aperfeiçoamento da CCFM por meio da extensão do escopo para cadeia de suprimentos e/ou integrações com outras ferramentas de gestão ambiental, como ACV e CCV, e/ou gerenciais, pois, embora tenha comprovação de benefícios nas empresas, a CCFM necessita ser aperfeiçoada, seja por meio da aplicação de novas metodologias de pesquisa, extensão e/ou adaptação de seu escopo por meio da criação de novas subnormas, bem como pela criação ou aperfeiçoamento de softwares que possam otimizar a análise de fluxos de materiais nos processos produtivos e assim melhorar o manuseio e análise dos dados coletados. Contudo, cabe destacar que a aplicação ou uso da CCFM em determinada instituição não necessita ter um Sistema de Gestão Ambiental implantado, porém, se o tiver facilita e amplia a análise do conjunto de dados coletados sobre o fluxo geral de produção analisado o que pode aumentar a transparência no momento da tomada de decisão.

De modo geral, este estudo aponta que a CCFM está em fase de expansão e aperfeiçoamento. Especialmente na Ásia, representa um tema que transcende a área de contabilidade e que pode trazer benefícios econômicos e ambientais, concomitantemente, para as instituições que vierem a utilizá-la. A CCFM, também, vem sendo integrada com outras

ferramentas de gestão com o propósito de melhorar as informações fornecidas para a tomada de decisões, que podem otimizar custos corporativos e ambientais sobre determinado produto.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14051: Gestão Ambiental – Contabilidade de Fluxos de Material – Estrutura Geral**. Rio de Janeiro, p. 49. 2013.

BAUTISTA-LAZO, S.; SHORT, T. Introducing the All Seeing Eye of Business: a model for understanding the nature, impact and potential uses of waste. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 40, p. 141-150, 2013. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612004763?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

BEHNAMI, A. *et al.* Integrating data reconciliation into material flow cost accounting: The case of a petrochemical wastewater treatment plant. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 218, p. 616-628, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.218>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619302318?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

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, p. 1289-1301, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.036>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614008592?via%3Dihub>. Acesso em: 19 maio 2021.

BORBA, P. H. B. **Uso da bibliometria para avaliar a produção científica de programas de pós-graduação: estudo de caso do PósMQI da PUC-Rio**. Orientador: Maria Fatima Ludovico de Almeida. 2014. 87 p. **Uso da bibliometria para avaliar a produção científica de programas de pós-graduação: estudo de caso do PósMQI da PUC-Rio (Mestrado) - PUC-Rio**, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/24453/24453_1.PDF. Acesso em: 24 maio 2021.

CHOMPU-INWAI, R.; JAIMJIT, B.; PREMSURIYANUNT, P. A combination of Material Flow Cost Accounting and design of experiments techniques in an SME: the case of a wood products manufacturing company in northern Thailand. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, p. 1352-1364, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.039>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614008622?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

CHRIST, K. L.; BURRITT, R. Material flow cost accounting for food waste in the restaurant industry. **British Food Journal**, [s. l.], v. 119, ed. 3, p. 600-612, 6 mar. 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: 24 maio 2021.

CHRIST, K. L.; BURRITT, R. L. ISO 14051: A new era for MFCA implementation and research. **REVISTA DE CONTABILIDAD: Spanish Accounting Review**, Espanha, v. 19, ed. 1, p. 1-9, 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.rcsar.2015.01.006>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1138489115000163?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

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, p. 1378 - 1389, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.005>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614009354?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

DEKAMIN, M.; BARMAKI, M. Implementation of material flow cost accounting (MFCA) in soybean production. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 210, p. 459-465, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.057>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.ez17.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0959652618334577?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

DIERKES, S.; SIEPELMAYER, 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?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

DOORASAMY, M. THEORETICAL DEVELOPMENTS IN ENVIRONMENTAL MANAGEMENT ACCOUNTING AND THE ROLE AND IMPORTANCE OF MFCA. **Foundations of Management**, [s. l.], v. 7, p. 37-52, 2015. DOI 10.1515/fman-2015-0024. Disponível em: <https://content.sciendo.com/view/journals/fman/7/1/article-p37.xml?language=en>. Acesso em: 24 maio 2021.

DOORASAMY, M. USING MATERIAL FLOW COST ACCOUNTING (MFCA) TO IDENTIFY BENEFITS OF ECO-EFFICIENCY AND CLEANER PRODUCTION IN A PAPER AND PULP MANUFACTURING ORGANIZATION. **Foundations of Management**, [s. l.], v. 8, p. 263-288, 2016. DOI 10.1515/fman-2016-0021. Disponível em: <https://content.sciendo.com/view/journals/fman/8/1/article-p263.xml>. Acesso em: 24 maio 2021.

DUNUWILA, P.; RODRIGO, V.H.L.; GOTO, N. Improving financial and environmental sustainability in concentrated latex manufacture. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 255, 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120202>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620302493?via%3Dihub>. Acesso em: 15 maio 2021.

DUNUWILA, P.; RODRIGO, V.H.L.; GOTO, N. Financial and environmental sustainability in manufacturing of crepe rubber in terms of material flow analysis, material flow cost accounting and life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 182, p. 587-599, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.202>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618302300?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

DUNUWILA, P.; RODRIGO, V.H.L.; GOTO, N. Sustainability of natural rubber processing can be improved: A case study with crepe rubber manufacturing in Sri Lanka. **Resources, Conservation & Recycling**, [s. l.], v. 133, p. 417-427, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.029>. Disponível em: <https://www.sciencedirect>

.com/science/article/abs/pii/S0921344918300296?via%3Dihub. Acesso em: 24 maio 2021.

FAKOYA, M. B.; IMUEZERUA, E. O. Identifying ‘True’ Water Loss Information through the MFCA Model for Improved Cost-Saving Decisions in a Water Utility: A Case Study of the Doorndraai Water Treatment Scheme in South Africa. **Sustainability**, [s. l.], v. 12, ed. 18, p. 1-27, 2020. DOI <https://doi.org/10.3390/su12187824>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/18/7824>. Acesso em: 24 maio 2021.

FAKOYA, M. B.; POLL, H. M. van der. Integrating ERP and MFCA systems for improved waste-reduction decisions in a brewery in Southn Africa. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 40, p. 136-140, 2013. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612004787?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

FAKOYA, M. B. Adopting material flow cost accounting model for improved waste-reduction decisions in a micro-brewery. **Environ Dev Sustain**, [s. l.], v. 17, p. 1017-1030, 2015. DOI <https://doi.org/10.1007/s10668-014-9586-x>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10668-014-9586-x>. Acesso em: 24 maio 2021.

HIGASHIDA, A. Supply chain MFCA implementation: emphasizing evidence on coordination. **Sustainability Accounting, Management and Policy Journal**, [s. l.], p. 1-24, 2020. DOI 10.1108/SAMPJ-03-2019-0104. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/SAMPJ-03-2019-0104/full/html>. Acesso em: 24 maio 2021.

HUANG, S. Y. *et al.* The Application of Material Flow Cost Accounting in Waste Reduction. **Sustainability**, [s. l.], v. 11, ed. 5, p. 1-27, 27 fev. 2019. DOI <https://doi.org/10.3390/su11051270>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/5/1270/htm>. Acesso em: 24 maio 2021.

ISO. **ISO 14051**: Environmental management — Material flow cost accounting — General framework. Switzerland: ISO, 2011.

JAKRAWATANA, N.; PINGMUANGLEKA, P.; GHEEWALA, S. H. Material flow management and cleaner production of cassava processing for future food, feed and fuel in Thailand. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 134, p. 633-641, 2016. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.139>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615008720?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

JOURNAL CITATION REPORTS (JCR). **INCITES JOURNAL CITATION REPORTS**, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://jcr.clarivate.ez17.periodicos.capes.gov.br/JCRJournalHomeAction.action>. Acesso em: 19 maio 2021.

JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://www.journals.elsevier.com/journal-of-cleaner-production>. Acesso em: 19 maio 2021.

KASEMSET, C.; CHERNSUPORNCHAI, J.; PALA-UD, W. Application of MFCA in waste reduction: case study on a small textile factory in Thailand. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, p. 1342 - 1351, 2015. DOI <https://doi.org.ez17.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.jclepro.2014.09.071>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010105>. Acesso em: 24 maio 2021.

KOKUBU, K.; KITADA, H. Material flow cost accounting and existing management perspectives. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, p. 1279 - 1288, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.037>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614008609?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

LI, Z. *et al.* Resource value flow analysis of paper-making enterprises: A Chinese case study. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 213, p. 577-587, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.158>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261833868X?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

MACHADO JUNIOR, C. *et al.* AS LEIS DA BIBLIOMETRIA EM DIFERENTES BASES DE DADOS CIENTÍFICOS. **Revista de Ciências da Administração**, Florianópolis, v. 18, n. 44, p. 111-123, 28 jan. 2016. DOI <http://dx.doi.org/10.5007/2175-8077.2016v18n44p111>. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/adm/article/view/2175-8077.2016v18n44p111>. Acesso em: 9 maio 2021.

MAHMOUDI, E.; JODEIRI, N.; FATEHIFAR, E. Implementation of material flow cost accounting for efficiency improvement in wastewater treatment unit of Tabriz oil refining company. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 165, p. 530-536, 2017. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.137>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617315846?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

MAY, N.; GÜNTHER, E. Shared benefit by Material Flow Cost Accounting in the food supply chain e The case of berry pomace as upcycled by-product of a black currant juice production. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 245, p. 1-17, 2020. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118946>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619338168?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

MBEDZI, M. D.; POLL, H. M. van der; POLL, J. A. van der. An Information Framework for Facilitating Cost Saving of Environmental Impacts in the Coal Mining Industry in South Africa. **Sustainability**, [s. l.], v. 10, n. 1690, ed. 6, p. 1-20, 23 maio 2018. DOI [10.3390/su10061690](https://doi.org/10.3390/su10061690). Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/6/1690>. Acesso em: 24 maio 2021.

NAKAJIMA, M.; KIMURA, A.; WAGNER, B. Introduction of 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, p. 1302-1309, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.044>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010865?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

NAKANO, K.; HIRAO, M. Collaborative activity with business partners for improvement of product environmental performance using LCA. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 19, p. 1189-1197, 2011. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.03.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652611000837?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

em: 24 maio 2021.

RIECKHOF, R.; GÜNTHER, E. Integrating life cycle assessment and material flow cost accounting to account for resource productivity and economic- environmental performance. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, [s. l.], v. 23, n. 7, p. 1491 - 1506, 2018. DOI <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1447-7>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11367-018-1447-7>. Acesso em: 24 maio 2021.

RIECKHOF, R.; BERGMANN, A.; GÜNTHER, E. Interrelating Material Flow Cost Accounting with Management Control Systems to Introduce Resource Efficiency into Strategy. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, p. 1262-1278, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.040>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010828?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

RODRIGUES, C. R.; VIERA, A. F. G. Estudos bibliométricos sobre a produção científica da temática Tecnologias de Informação e Comunicação em bibliotecas. **INCID: REVISTA DE CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO E DOCUMENTAÇÃO**, RIBEIRÃO PRETO, v. 7, n. 1, p. 167-180, 5 abr. 2016. DOI 10.11606/issn.2178-2075.v7i1p167-180. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/incid/article/view/98761/111654>. Acesso em: 8 maio 2021.

SALIM, K. M. A.; AMIR, A. M.; SULAIMAN, M. Material Flow Cost Accounting, Perceived Ecological Environmental Uncertainty, Supplier Integration and Business Performance: A Study of Manufacturing Sector in Malaysia. **Asian Journal of Accounting and Governance**, [s. l.], v. 8, p. 107–121, 2017. DOI <http://dx.doi.org/10.17576/AJAG-2017-08SI-10>. Disponível em: <http://ejournals.ukm.my/ajac/article/view/23519>. Acesso em: 24 maio 2021.

SCHALTEGGER, S.; ZVEZDOV, D. Expanding material flow cost accounting. Framework, review and potentials. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, p. 1333- 1341, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.040>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614008634?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

SCHMIDT, M. The interpretation and extension of Material Flow Cost Accounting (MFCA) in the context of environmental material flow analysis. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, p. 1310-1319, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.038>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614012189?via%3Dihub#!>. Acesso em: 24 maio 2021.

SCHMIDT, A.; GOTZE, U.; SYGULLA, R. Extending the scope of Material Flow Cost Accounting e methodical refinements and use case. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, p. 1320-1332, 2015. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.039>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010816?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

SULONG, F.; SULAIMAN, M.; NORHAYATI, M. A. Material Flow Cost Accounting (MFCA) enablers and barriers: the case of a Malaysian small and medium-sized enterprise (SME). **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, p. 1365-1374, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.038>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614008610?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

SUSTAINABILITY. **Sustainability**, [s. l.], 2021. Disponível em: <https://www.mdpi.com/journal/sustainability>. Acesso em: 19 maio 2021.

TAKAKUWA, S.; ZHAO, R.; ICHIMURA, H. Analysis of manufacturing systems using simulations in terms of material flow cost accounting. **International Journal of Computational Intelligence Systems**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 44 - 51, 2014. DOI <https://dx.doi.org/10.1080/18756891.2014.947112>. Disponível em: <https://www.atlantispress.com/journals/ijcis/25868569>. Acesso em: 24 maio 2021.

THOMAZ, P. G.; ASSAD, R. S.; MOREIRA, L. F. P. Uso do Fator de Impacto e do Índice H para Avaliar Pesquisadores e Publicações. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**, [s. l.], p. 90-93, 2011. DOI <https://doi.org/10.1590/S0066-782X2011000200001>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/abc/v96n2/v96n2a01.pdf>. Acesso em: 24 maio 2021.

TU, J-C.; HUANG, H-S. Relationship between Green Design and Material Flow Cost Accounting in the Context of Effective Resource Utilization. **Sustainability**, [s. l.], n. 11, p. 1-15, 3 abr. 2019. DOI [doi:10.3390/su11071974](https://doi.org/10.3390/su11071974). Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/332199216_Relationship_between_Green_Design_and_Material_Flow_Cost_Accounting_in_the_Context_of_Effective_Resource_Utilization. Acesso em: 24 maio 2021.

WAGNER, B. A report on the origins of Material Flow Cost Accounting (MFCA) research activities. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], 2015. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0959652615014043?token=B0045175ACEAC1B56D3FC64C57E0CF8D20378CFA04718E58993C771AC55D2DE49EFCF5C0B9730D9677EA3DA1877568B>. Acesso em: 10 maio 2021.

WALZ, M.; GÜNTHER, E. What effects does material flow cost accounting have for companies?: Evidence from a case studies analysis. **Journal of Industrial Ecology**, [s. l.], p. 1-21, 2020. DOI: [10.1111/jiec.13064](https://doi.org/10.1111/jiec.13064). Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.13064>. Acesso em: 15 maio 2021.

WAN, Y. K. *et al.* Material flow cost accounting (MFCA) based approach for prioritisation of waste recovery. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 107, p. 602-614, 2015. DOI [http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.024](https://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.05.024). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652615005703?via%3Dihub>. Acesso em: 15 maio 2021.

WANG, Y-X. *et al.* Potentials for Improvement of Resource Efficiency in Printed Circuit Board Manufacturing: A Case Study Based on Material Flow Cost Accounting. **Sustainability**, [s. l.], v. 9, n. 907, ed. 6, p. 1-16, 28 maio 2017. DOI [10.3390/su9060907](https://doi.org/10.3390/su9060907). Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/6/907>. Acesso em: 24 maio 2021.

WEB OF SCIENCE: WEB OF SCIENCE CORE COLLECTION (WoS). *In: Clarivate*. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://clarivate.com/webofsciencegroup/solutions/web-of-science-core-collection/>. Acesso em: 13 maio 2021.

YAGI, M.; KOKUBU, K. Waste decomposition analysis in Japanese manufacturing sectors for material flow cost accounting. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 224, p. 823 -

837, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.196>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619308960?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

YAGI, M.; KOKUBU, K. Corporate material flow management in Thailand: The way to material flow cost accounting. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 198, p. 763-775, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618319747>. Acesso em: 24 maio 2021.

ZHAO, R. SIMULATION-BASED ENVIRONMENTAL COST ANALYSIS FOR WORK-IN-PROCESS. **International Journal of Simulation Modeling**, [s. l.], v. 11, p. 211-224, 2012. DOI 10.2507/IJSIMM11(4)4.218. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/e13b/34044c1693d8dc11a2170f1805edbc831155.pdf>. Acesso em: 24 maio 2021.

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, 2017. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.049>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617302536?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

ZOU, T. *et al.* A three-dimensional model featuring material flow, value flow and organization for environmental management accounting. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 228, p. 619-633, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.309>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619314064?via%3Dihub>. Acesso em: 24 maio 2021.

6 APLICAÇÃO DA CONTABILIDADE DOS CUSTOS DE FLUXOS DE MATERIAL EM MICROEMPRESA DE TERESINA, PIAUÍ, BRASIL

RESUMO:

A presente pesquisa teve como objetivo verificar se a CCFM pode ser adotada e adaptada, com base nas diretrizes gerais da ISO 14051, para apoiar decisões na redução de perdas de materiais e de energia em microempresas localizada no município de Teresina, estado do Piauí. O objeto de aplicação da CCFM foi a fabricação de um lote de notas fiscais de serviços de comunicação série “U”. Utilizou-se a técnica de observação direta do processo produtivo da microempresa estudada. Também, foi realizada pesquisa documental nos sistemas contábil e gerencial da instituição, visando reforçar a confiabilidade nos dados e a eficiência na implementação da ferramenta. Os resultados mostraram a viabilidade na aplicação da CCFM na microempresa objeto de estudo, bem como evidenciaram que 41,6% dos custos de todo o processo estavam ocultos na perda de materiais. A etapa de impressão apresentou 70,5% das perdas de material em comparação com os desperdícios totais do processo analisado. A ferramenta CCFM mostra-se eficiente na identificação de informações com perspectiva de redução dos custos corporativos com a perda de material, constituindo-se, assim, importante suporte para implementação de melhorias no sistema de produção e de gestão adequada de resíduos.

Palavras-Chave: CCFM, Custos, Impactos Ambientais, Contabilidade Ambiental.

ABSTRACT:

The present research aimed to verify if the CCFM can be adopted and adapted, based on the general guidelines of ISO 14051, to support decisions in the reduction of material and energy losses in micro-enterprises located in the municipality of Teresina, state of Piauí. The purpose of the MFCA application was the manufacture of a batch of “U” series communication service invoices. The technique of direct observation of the productive process of the microenterprise studied was used. Also, documental research was carried out in the institution's accounting and management systems, aiming to reinforce the reliability of the data and the efficiency in the implementation of the tool. The results showed the feasibility of applying MFCA in the microenterprise object of study, as well as showing that 41.6% of the costs of the entire process were hidden in the loss of materials. The printing step presented 70.5% of material losses compared to the total waste of the analyzed process. The MFCA tool proves to be efficient in identifying information with a view to reducing corporate costs with the loss of material, thus constituting an important support for the implementation of improvements in the production system and adequate waste management.

Keywords: MFCA, Costs, Environmental Impacts, Environmental Accounting

1 INTRODUÇÃO

A procura por ferramentas e/ou tecnologias direcionadas para facilitar a tomada de decisões, com perspectiva de melhorar, simultaneamente, os processos produtivos, reduzir custos corporativos na produção, otimizar os lucros e contribuir para a diminuição dos impactos ambientais adversos, cada vez mais, estão se incorporando nos sistemas de planejamento das organizações. Neste sentido, as empresas têm adotado mecanismos que asseguram a ampliação dos lucros e, ao mesmo tempo, a redução dos impactos nocivos sobre o meio ambiente, tornando os sistemas de produção adequados ambientalmente, e viáveis economicamente.

Desta forma, o direcionamento das ações com foco nos desperdícios gerados na transformação de insumos ou matérias-primas no produto acabado, em determinada organização, constitui um dos aspectos relevantes, que reflete na melhoria dos processos produtivos. A análise das informações coletadas de tais desperdícios, por meio do rastreamento nas etapas do fluxo de material utilizado, desenvolvida de forma adequada e segura, facilita a tomada de decisões, permitindo melhor compreensão sobre o uso de materiais e energia na confecção de determinado produto. Como consequência, é possibilitado incrementar a produção com redução dos custos, sobre materiais e energia, bem como dos impactos ambientais negativos.

A Contabilidade dos Custos de Fluxo de Material (CCFM) é definida como uma ferramenta da contabilidade da gestão ambiental capaz de fornecer informações pelo rastreamento, ancorada em critérios objetivos e adequados, das ineficiências nas etapas de um determinado processo, linha de produção e até mesmo de uma cadeia de suprimentos, com a finalidade de detectar e quantificar, em unidades físicas e monetárias, possíveis perdas durante as etapas. A CCFM aponta para maior transparência na fabricação de um produto em todas as suas fases e fornece informações capazes de direcionar melhorias, não só no fluxo de produção como, também, nos sistemas gerenciais e contábeis de análises de custos.

Assim, a aplicação da CCFM pode contribuir efetivamente na gestão dos custos das empresas. Trata-se de uma ferramenta, que pode ressaltar os gargalos dos custos de materiais, sistemas e energia, melhorar a eficiência do processamento e no tratamento e gestão de resíduos, além de favorecer a transparência nas análises de custos corporativos e nos sistemas de informações contábeis e de gestão ambiental, especialmente, nas organizações que utilizam insumos e energia para transformação.

A CCFM foi padronizada em 2011, como ferramenta da contabilidade da gestão ambiental pela *International Organization for Standardization* (ISO), inserida na família 14.000 (normas de gestão ambiental), nomeada de ISO 14051. No Brasil, esta norma foi traduzida e publicada em 2013, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) denominada de ABNT NBR ISO 14051:2013. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). Contudo, não trouxe elementos que pudessem ser ajustados a realidade de empresas brasileiras, ou seja, a ABNT NBR ISO 14051 é uma adoção idêntica, em conteúdo técnico, redação e estrutura à ISO 14051: 2011, que foi elaborada pelo *Technical Committee Environmental management ISO/TC 207*.

Considerando o exposto sobre a CCFM, tem-se a seguinte questão problema: a CCFM pode ser adotada e adaptada nos processos produtivos para apoiar decisões na redução de perdas de materiais e energia em microempresas?

Parte-se do pressuposto de que a CCFM pode ser adotada para subsidiar na tomada de decisões que venham dá maior transparência no fluxo de produção e, conseqüentemente, na redução dos desperdícios de material e energia nos processos produtivos analisados.

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo verificar se a CCFM pode ser adotada e adaptada, com base nas diretrizes gerais da ISO 14051, para apoiar decisões na redução de perdas de materiais e de energia em microempresas localizada no município de Teresina, estado do Piauí.

2 A CCFM E A ISO 14051

A contabilidade convencional de custos se caracteriza por agregar ao produto acabado todos os custos e despesas observados no fluxo do processo produtivo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). Esta característica independe da quantidade de material que está inserida no produto ou nos resíduos que sobram da fabricação deles. Com o advento da ISO 14051, toda organização, que utiliza material e energia em seus processos produtivos, pode fazer o uso da CCFM para não só, segregar aquilo que é consumido e gasto com o produto final pretendido e os resíduos gerados na produção, mas, também, buscar maior transparência em suas etapas de fabricação, propiciando análise mais coerente dos custos com um olhar mais responsável para a quantidade de consumo de recursos naturais (matéria-prima, insumos) e para os impactos ambientais negativos gerados pelo negócio.

A CCFM afere os custos de desperdícios na produção, o que geralmente é negligenciado pela contabilidade de custos convencional, e fornece motivação para a redução

do uso de materiais e contribui para o aumento na eficiência dos recursos (YAGI; KOKUBU, 2019).

Yagi e Kokubu (2019, p. 2) afirmam que “a aplicação da CCFM no processo de negócios aumentará o consumo e a produção sustentáveis, que é o Objetivo 12 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas (ONU)”.

Segundo Wagner (2015), experiências pioneiras sobre a CCFM se deram no final da década de 1980 e início dos anos 90. Os primeiros estudos concretos, segundo este mesmo autor, foram apreciados com a publicação do balanço da empresa têxtil Kurnet, situada no Sul da Alemanha. Por volta de vinte anos depois da publicação do relatório contábil, contendo informações ambientais pela Kurnet e de vários testes feitos, principalmente, pelos japoneses, em 2011, a ISO lançou a norma 14051, como parte integrante da família 14.000, relativa à gestão ambiental (WAGNER, 2015).

A CCFM promove aumento na transparência dos fluxos produtivos por meio do rastreamento nas etapas de produção, quantificando de forma física e monetária o material e energia utilizados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). Contudo, para que se possa implementar a CCFM de forma prática e eficiente, alguns princípios e técnicas expostos pela ISO 14051 devem ser seguidos. Como forma de suporte na aplicação da CCFM, utiliza-se do ciclo de melhoria contínua PDCA (*Plan* - Planejar; *Do* - Fazer; *Check* - Checar; *Act* - Agir) desenvolvido por Walter A. Shewhart e popularizado por Edwards Deming, com a perspectiva de aumentar a qualidade das informações propiciadas pela avaliação feita com o uso da ferramenta (MACENO; PAWLOWSKY; CARDOSO, 2015).

Na primeira etapa do ciclo (planejamento), torna-se imprescindível adquirir todos os alicerces necessários para a implementação da CCFM. O envolvimento da gestão e os conhecimentos necessários configuram-se como passos iniciais dentro desta etapa pois, é neste momento, em que se analisa a aceitação e viabilidade de aplicação da ferramenta, tendo em vista que o apoio da gestão e o fornecimento de informações precisas sobre o processo produtivo influenciam diretamente no sucesso dos dados obtidos em todas as outras etapas da CCFM (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Segundo Adriano (2020), a inexistência de um sistema de alocação de custos indiretos para qualquer empresa aumenta as incertezas sobre o risco econômico sobre as decisões relacionadas com a rentabilidade do negócio. Assim, as empresas precisam preparar os recursos humanos, materiais e sistemas, de modo que facilitem a tomada de decisão em tempo oportuno, visando mitigar o risco econômico e financeiro (ADRIANO, 2020). Neste sentido,

é importante que toda a gestão da empresa esteja envolvida com o processo de implementação da CCFM pois, facilitará as tomadas de decisões que visem melhorias de pessoal (capacitação) e dos processos produtivos.

Antes de realizar qualquer outra etapa de implementação da CCFM, é necessário especificar uma fronteira e um limite de tempo. No que se refere a fronteira, pode-se englobar um único processo, múltiplos processos, toda uma instalação, ou até mesmo uma cadeia de suprimentos, a critério da organização, porém, recomenda-se que a fronteira seja focada para processo(s) que contenha(m) impactos econômicos e ambientais significativos para análise (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Para Adriano (2020), parte da solução vinculada aos riscos econômicos depende, em parte, da identificação dos fatores que compõem os riscos, bem como, da implementação de planos de mitigação, que possam propiciar adequada resposta à causa do problema. Portanto, definir uma fronteira com limite de tempo para análise permitirá maior exatidão na identificação das fases da produção, que possuem maiores riscos e impactos, sejam econômicos ou ambientais.

Para a especificação do período de tempo, recomenda-se que seja o suficiente para coletar dados representativos, levando-se em consideração todo tipo de variação dentro da fronteira estabelecida. O período de tempo pode ser de um mês a um ano ou, dependendo da empresa, pode coincidir com a manufatura de lote de produção (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). Em sequência, devem ser determinados os centros de quantidade (CQ`s), os quais representam os pontos de produção, onde ocorrem perdas relevantes de materiais e energia no processo, considerando-se as informações obtidas sobre custos e quantidades coletadas de forma viável. Ainda, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013, p. 20) destaca que no momento da análise dos fluxos de produção deve-se considerar os “diversos processos, tais como receber, limpar, cortar, misturar, montar, aquecer, empacotar, inspecionar e embarcar, bem como áreas de armazenamento de materiais, podem ser considerados como centros de quantidade”.

Para execução da CCFM, na etapa seguinte do ciclo PDCA, as entradas e saídas de material e energia devem ser identificadas para cada CQ. As entradas incluem, principalmente, matéria-prima, outros insumos e energia necessários para se ter um produto acabado. As saídas devem incluir os produtos desejados, energia necessária, perdas de material e perdas de energia no fluxo analisado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Assim, o próximo passo, ainda na etapa de execução, se quantifica o fluxo de materiais em unidades físicas, de modo que sejam conversíveis para uma única unidade padronizada, por exemplo, massa, volume, entre outras. Ressalte-se que o fluxo de material seja quantificado monetariamente e os custos alocados nas entradas e saídas (produto e perda de material) para cada CQ, com definição dos custos de material, energia, sistema e de gestão de resíduos alocados para cada CQ (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013). Após a quantificação física e monetária, vem a etapa de checagem, em que os dados são sumarizados, por meio de planilhas, matrizes ou balanços de materiais, para a comunicação dos resultados da CCFM. Por fim, na última etapa do ciclo, ações devem ser analisadas, após a identificação e avaliação das oportunidades de melhorias, para a redução de perdas de material e energia.

O processo de implementação da CCFM, dentro de uma fronteira definida, parte do pressuposto da Lei de Conservação das Massas (Lavoisier), em que matéria e energia não podem ser criadas nem destruídas, somente transformadas. Na CCFM ocorre a entrada de material e energia em um CQ, onde há a transformação, levando-se em consideração as variações de inventário nos estoques. Na saída, tem-se o produto final (acabado) e as perdas de material e de energia, em que o total de material e de energia que entra em um CQ deve ser igual ao total de materiais que saem, porém, em forma de produto acabado e perdas de material, dentro dos limites e fronteiras da CCFM considerados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

O próximo passo na aplicação da CCFM, segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013), contempla a alocação de custos do processo analisado, em que se destaca, além dos custos de material os seguintes: a) Custos de Sistema (relacionados à mão-de-obra, depreciação e manutenção de máquinas, dentre outros); b) Custos de Energia (referentes ao consumo de eletricidade, combustíveis, vapor, ar comprimido ou outros semelhantes); c) Custos de Gestão de Resíduos (relacionados com o manejo dos resíduos gerados por um CQ). Destaca-se que, por convenção da norma, todos os custos de gestão de resíduos devem ser alocados diretamente, para as perdas de materiais, tendo em vista que são custos resultantes de ineficiências decorrentes do processo produtivo.

Um aspecto que representa o diferencial da CCFM em relação à contabilidade de custos convencional está na análise destelhada envolvendo as perdas de material. A CCFM considera que, se as perdas de materiais forem reduzidas, “o impacto ambiental do processo será reduzido, e a empresa também obterá uma redução de custos ambientais pelo aumento do rendimento do processo” (MACENO; PAWLOWSKY; CARDOSO, 2015, p. 5).

A análise, por meio da CCFM, de determinado processo produtivo investigado, envolvendo um ou mais CQ's, pode fornecer dados úteis sobre os custos ocultos e um panorama mais transparente do fluxo de material e assim fornecer informações que podem auxiliar na redução das perdas, diminuição do consumo de material e/ou insumos sem prejudicar as características qualitativas e quantitativas do produto final. Além disso, a diminuição das perdas na produção contribui para redução de impactos adversos sobre o meio ambiente.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida em uma microempresa do setor gráfico localizada no município de Teresina, estado do Piauí, Nordeste do Brasil. A gráfica tem como atividade econômica principal a fabricação de produtos de papel em geral, formulários, cartolina, papel cartão e papelão ondulado, para uso comercial e de escritório. A microempresa atua no mercado desde janeiro de 2011 e conta, atualmente, com dois sócios-gerentes e dois funcionários.

A técnica utilizada na pesquisa foi a observação direta com anotações em diário de campo sobre a estrutura dos fluxos e dos processos produtivos analisados com o objetivo de identificar as condições de aplicabilidade da CCFM.

Também, foi realizada uma pesquisa documental mediante a análise dos arquivos contábeis e gerenciais da empresa para auxiliar na análise de alocação dos custos no fluxo de material analisado. Foram efetuadas visitas técnicas durante o mês de agosto de 2021, para acompanhamento do processo fabril da empresa, visando identificar os fluxos de materiais para a aplicabilidade da CCFM.

O período de tempo determinado para coleta dos dados baseou-se na fabricação de um lote de 18.000 cópias de notas fiscais de serviço de comunicação série "U". Subsequentemente, à coleta dos dados necessários, aplicou-se a CCFM, buscando-se verificar a viabilidade de aplicação desta ferramenta e identificar melhorias no processo para então, oferecer informações úteis para tomada de decisão e, também, para otimizar a produção, reduzir custos corporativos, as perdas de materiais e os impactos ambientais negativos na microempresa pesquisada.

Em relação a tabulação e análise dos dados, eles foram transcritos do diário de anotações de campo e organizados em tabelas e planilhas eletrônicas para que fosse possível analisar todas as informações coletadas e montar a matriz de custos de fluxo de material para os centros de quantidade considerados.

3.1 O processo produtivo

O processo de fabricação analisado refere-se à produção de formulários de notas fiscais de serviços de comunicação série “U” produzidos em três vias (Cliente, Fixa e Fisco).

As etapas de produção iniciam-se com gravação do fotolito na chapa para impressão. Esta etapa ocorre quando se fixa o fotolito na chapa de alumínio com uma camada fotossensível e, com luz intensa, por aproximadamente, cinco minutos, ocorrendo o processo de gravação das informações. Em seguida, tem-se a etapa de revelação, em que se usa reagentes químicos, que corroem a parte sensível, e um pequeno volume de água para a limpeza da chapa. A água utilizada não é descartada, fica armazenada em um vasilhame fechado para posterior reaproveitamento.

Em sequência, vem a etapa que consiste em inserir a chapa na impressora, em que ao ligar a máquina, um fluido de água é aplicado em um dos rolos, onde se encontra a chapa, preparando-a para o recebimento da tinta na parte sensibilizada (gravada). Por fim, um segundo conjunto de rolos aplica uma camada de tinta na parte gravada, propiciando a impressão das informações contidas na chapa. Estimou-se que a máquina chega a imprimir, aproximadamente, entre 90 a 100 cópias por minuto.

A etapa seguinte é determinada pelo corte/separação das bordas excedentes de todo o material impresso para que o produto acabado fique no tamanho desejado. Por fim, o empacotamento é feito para posterior entrega ao cliente.

3.2 Aplicação da CCFM

Para a coleta dos dados as etapas de impressão e corte/separação foram selecionadas para análise e consideradas centros de quantidade (1) e (2), respectivamente. A escolha de tais etapas justifica-se pela viabilidade de identificação de entradas e saídas em cada CQ, bem como pela geração de potenciais perdas de materiais observadas nestas fases de produção.

A fronteira da CCFM foi definida desde a inserção da chapa na máquina de impressão até o aprontamento do produto final para o empacotamento. Os papéis borrados de tintas, rasgados, sujos, amassados e com a impressão fora da margem considerada, bem como as bordas excedentes retiradas na etapa de corte/separação, foram considerados como desperdícios e, conseqüentemente, como perdas de material na CCFM.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

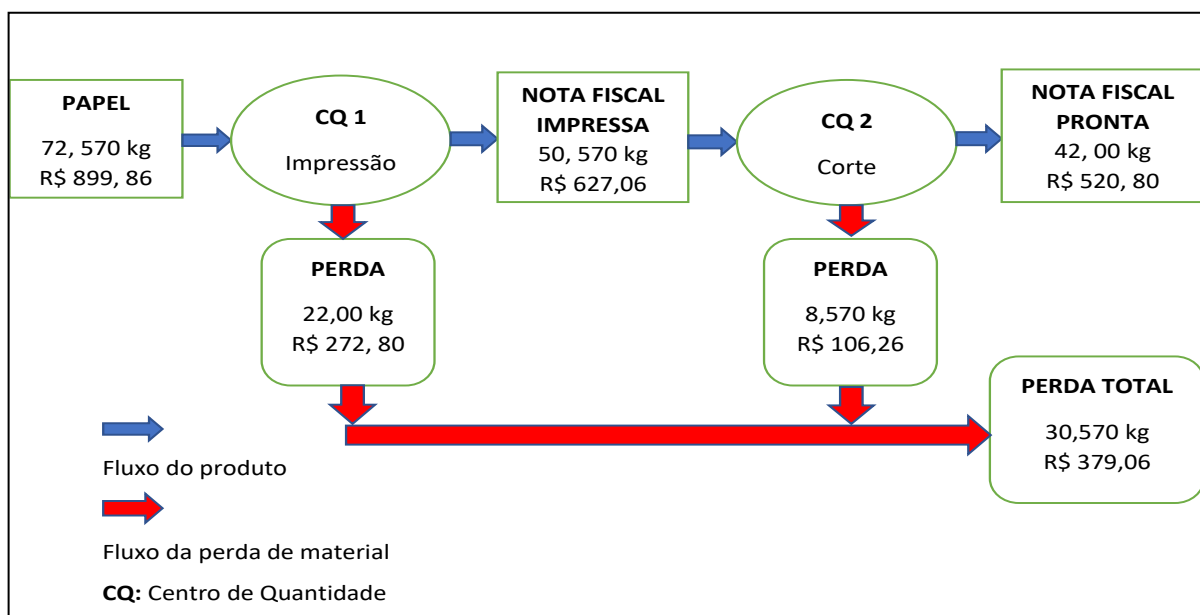
O valor médio do preço do quilograma (kg) do papel autocopiativo, principal material utilizado na impressão, dos tipos EXT COPY CB, EXT COPY CF e EXT COPY CFB com

dimensões 240 mm x 10.900 m, é de R\$ 12,40, segundo informações contidas nas notas fiscais de compra verificadas e confirmadas pela gerência da empresa. Não foi possível estimar a quantidade de tinta utilizada, tendo em vista que os cilindros já possuíam sobras de tintas de outros processos anteriores ao da presente análise. O papel autocopiativo foi considerado como principal material a ser analisado durante o processo.

Os custos de materiais analisados para os CQ's 1 e 2 encontram-se apresentados na Figura 1. Não houve necessidade de conversão de unidades físicas, tendo em vista que o material principal adquirido para uso é comprado por quilograma (mesma unidade física utilizada na análise). Nas saídas de cada CQ, foi utilizada uma balança eletrônica portátil para pesar, tanto o material aproveitável, como as perdas derivadas do fluxo (desperdícios).

Constatou-se que os valores encontrados para a proporção das saídas foram de 69,68% (produto final) e 30,32% (perdas de material) no CQ1 e de 83,05% e 16,95% no CQ2 para produto final e perdas de material, respectivamente.

Figura 1 - Fluxo de materiais e custos na CCFM para um processo fabricação de notas fiscais



Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Em relação aos custos de sistema, levou-se em consideração, dentro da fronteira da CCFM definida, os custos de mão-de-obra, cujo valor médio, informado pela empresa, pago por hora a cada funcionário, é em torno de R\$ 9,00. Para o processo de impressão utilizou-se apenas um funcionário e toda a etapa até a entrega para o corte/separação, durou um turno de trabalho de quatro horas. A empresa funciona de segunda-feira à sexta-feira de 08 às 12 e das 14 às 18 horas, sendo assim, cada turno engloba quatro horas de labor.

Os custos de energia foram calculados separadamente dos custos de materiais, tendo em vista que a norma ABNT NBR ISO 14051 deixa a critério da organização incluir ou não, tais custos nos custos de material. Para o processo de impressão, a empresa utiliza uma máquina da marca MAQFORMS, modelo MR.150.NG fabricada em 2006 (informações coletadas no manual de instruções da máquina). A potência informada nas especificações técnicas da máquina é de 3.730 W (3,73 kW). Como informado anteriormente, o tempo de produção na fase de impressão durou quatro horas, mesmo período em que a máquina esteve ligada ininterruptamente. O preço do kWh foi baseado na fatura de consumo de energia elétrica da empresa referente ao mês de agosto de 2021, em que o valor foi de R\$ 0,983553. Ressalta-se que a classe de consumidor de energia elétrica da microempresa estudada é a comercial e no valor da tarifa do kWh mencionado anteriormente, estava embutido todos os tributos aplicáveis.

Em relação a etapa de corte/separação, um funcionário realiza a atividade também por um período de quatro horas. Nesta fase, não há utilização de máquinas de corte (guilhotina), tendo em vista que o papel vem pontilhado no local do corte, cabendo ao funcionário apenas retirar as bordas excedentes ou efetuar o corte, manualmente, daquelas que não saíram pontilhadas na fase de impressão.

No que se refere aos custos com gestão de resíduos, a empresa informou que terceiriza este serviço para a destinação do lixo produzido. O custo mensal é fixo e de R\$ 226,00, resultando uma média de custo com gestão de resíduos de R\$ 7,53 por dia e de, aproximadamente, R\$ 0,94 por hora, considerando as oito horas diárias de segunda a sexta-feira de funcionamento da empresa.

Na Tabela 1, pode-se visualizar as alocações de todos os custos de energia, sistema e de gestão de resíduos considerados para produto e perda de material, detalhadamente.

Tabela 1 – Alocação dos custos de energia, sistema e de gestão de resíduos

TIPO DE CUSTOS	CUSTO UNITÁRIO	UNIDADE	CQ 1	CQ 2
Custo de Energia	R\$ 0,983553	R\$ por kWh	R\$ 14,67	-
Produto final			R\$ 10,22	-
Perdas			R\$ 4,45	-
Custos de Sistema	R\$ 9,00	R\$ por h	R\$ 36,00	R\$ 36,00
Produto final			R\$ 25,09	R\$ 29,90
Perdas			R\$ 10,91	R\$ 6,10
Custos de Gestão de Resíduos	R\$ 0,94	R\$ por h	R\$ 3,76	R\$ 3,76

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Os custos de energia e de sistema descritos na Tabela 1 foram calculados, adotando-se o critério da porcentagem de distribuição do material principal utilizado, que representa um dos métodos de alocação de custos recomendados pela ABNT NBR ISO 14051. No CQ1, esses custos foram distribuídos na proporção de 69,68% para o produto final e 30,32% para as perdas, enquanto no CQ2 a distribuição ficou em 83,05% e 16,95% para produto e perdas de material, respectivamente. Em relação aos custos de gestão de resíduos, eles devem, em sua totalidade, ser agregados, às perdas de materiais, conforme determina a ABNT NBR ISO 14051. É importante destacar, que os custos unitários de energia, sistema e gestão de resíduos foram multiplicados pelo tempo necessário para produzir o produto final (quatro horas em cada CQ). A matriz com os resultados, após a implantação da CCFM na microempresa estudada, pode ser visualizada na Tabela 2.

Tabela 2 – Matriz dos custos do fluxo de materiais com base nas diretrizes gerais da ABNT NBR ISO 14051

CQ 1					
	Custo de Material	Custo de Energia	Custo de Sistema	Custo de gestão de Resíduos	TOTAL
Entrada de CQ prévio	-	-	-	-	-
Novas Entradas no CQ	R\$ 899,86	R\$ 14,67	R\$ 36,00	R\$ 3,76	R\$ 954,29
Total em cada CQ	R\$ 899,86	R\$ 14,67	R\$ 36,00	R\$ 3,76	R\$ 954,29
Produto Final	R\$ 627,06	R\$ 10,22	R\$ 25,09	-	R\$ 662,37
Perdas	R\$ 272,80	R\$ 4,45	R\$ 10,91	R\$ 3,76	R\$ 291,92
CQ 2					
Entrada de CQ prévio	R\$ 627,06	R\$ 10,22	R\$ 25,09	-	R\$ 662,37
Novas Entradas no CQ	-	-	R\$ 36,00	R\$ 3,76	R\$ 39,76
Entradas	R\$ 627,06	R\$ 10,22	R\$ 61,09	R\$ 3,76	R\$ 702,13
Produto Final	R\$ 520,80	R\$ 8,48	R\$ 50,73	-	R\$ 580,01
Perdas	R\$ 106,26	R\$ 1,74	R\$ 10,36	R\$ 3,76	R\$ 122,12
Custo Total das Perdas	R\$ 379,06	R\$ 6,19	R\$ 21,27	R\$ 7,52	R\$ 414,04
CUSTOS TOTAIS DO PROCESSO	R\$ 899,86	R\$ 14,67	R\$ 72,00	R\$ 7,52	R\$ 994,05

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Considerou-se o pressuposto do balanço de massa da ABNT NBR ISO 14051, em que o total necessário de custos para produzir determinado produto na entrada de um ou mais CQ's deve ser igual aos custos de saídas desses mesmos CQ's, porém, estratificado em produto final (acabado) e perdas de material. Na Tabela 2, pode-se observar que o total de custos necessários para o produto acabado (R\$ 580,01) somado ao total de custos da perda de material (R\$ 414,04) deve coincidir com o valor total de custos em todo o processo (R\$ 994,05). Destaca-se que todos os custos de material, sistema e energia destinados ao produto acabado na saída do CQ1, serviram de entrada de CQ prévio para o CQ2.

Diante dos dados apresentados na matriz (Tabela 2), verificou-se que os custos de perda total de material representaram 41,6% dos custos totais do processo. O CQ1 apresentou 70,5% de custos de perda de material em comparação com os custos totais da perda. Durante o processo de impressão, observou-se relevante desperdício de papel apenas com o intuito de limpar e regular os rolos e cilindros da máquina. Também, observou-se o descarte de parcela de papel sujo, provocado pelo acondicionamento inadequado. Percebeu-se que tanto a máquina de impressão como o papel utilizado ficam expostos ao ambiente natural, sem nenhuma proteção e climatização necessários, acumulando sujeira nos rolos e cilindros, que recebem a chapa e a tinta, prejudicando assim, a qualidade da primeira camada de papel usada.

Segundo o operador da máquina, ocorre perda significativa de tempo e de material com ajustes, limpeza e manutenção da impressora. Cabe ressaltar que todo o período em que a máquina esteve ligada foi considerado na fronteira de análise da CCFM (quatro horas), inclusive o tempo para a realização dos procedimentos preliminares, que antecederam a produção. Observou-se ainda, que a qualidade da primeira camada de tinta constituiu-se em outro fator que contribuiu para o desperdício, considerando-se que os rolos e cilindros ficam expostos ao ambiente o que, segundo o operador, prejudica a qualidade do impresso devido alguns componentes químicos da tinta necessitarem de ambientes e temperaturas adequados.

Tais fatores supracitados podem ter contribuído significativamente para a perda de aproximadamente 22 kg de papel durante o processo de impressão, o que representa 30,32% do total de papel utilizado nesta fase de produção.

No que se refere a segunda etapa do processo, o corte/separação, observou-se, por meio de medição com uma régua, que o tamanho ideal do produto final (acabado) para entrega possuía dimensões de 20,5 cm x 21,5 cm. Entretanto, as dimensões do papel que saíram da impressão eram de 24 cm x 21,5 cm, ou seja, para que fique no tamanho ideal, é necessário o corte nas bordas na largura do papel de aproximadamente 3 cm. Dessa forma, as

sobras (resíduos) decorrentes desta etapa totalizaram 8,570 kg, o que representou 16,95% do material usado nesta segunda etapa. Constatou-se que se houver uma forma de diminuir a largura do papel ou substituí-lo por um com dimensões de largura menor na etapa da impressão, tem-se como consequência redução de resíduos ou até mesmo a dispensa da fase de corte/separação das bordas, dependendo de qual medida for adotada.

Portanto, se deduz pela aplicação da CCFM, que a etapa de impressão (CQ1) requer maior atenção para melhoramento do processo produtivo, no sentido de otimizar custos de material, energia e de sistemas como, também, reduzir parcela significativa de resíduos (perdas na produção) e assim, contribuir para tornar o processo produtivo mais rentável, do ponto de vista econômico e, ambientalmente mais adequado.

Sahu *et al.*, (2021, p. 4) relatam que “ao implementar a CCFM, uma empresa pode analisar a eficiência de seu processo interno, pois a CCFM contabiliza os custos de material, energia, sistema e descarte de resíduos em uma única ferramenta”.

Schmidt (2015) afirma que a CCFM pode ser aplicada em uma única empresa ou em toda a cadeia de suprimentos, independentemente do porte, atividade industrial ou localização. Corroborando com esta afirmação, a aplicação da CCFM na microempresa estudada mostrou-se eficiente, adotando-se os critérios recomendados pela ABNT NBR ISO 14051. A ferramenta possibilitou mostrar os custos ocultos/implícitos (desperdícios) na produção de um lote de produto analisado. Além disso, por meio das análises feitas nos dados decorrentes da aplicação da CCFM, observou-se maior transparência no fluxo produtivo estudado.

Assim, os custos não explícitos por meio da contabilidade de custos convencionais podem ser visualizados com clareza na CCFM, propiciando uma análise mais detalhada, o que contribui para melhorias econômicas e ambientais, concomitantemente, para a empresa. Portanto, os custos associados aos resíduos são identificados com mais precisão na CCFM se comparado com a contabilidade de custos convencional (FAKOYA; POLL, 2013).

A CCFM também permite que a empresa continue a produzir e oferecer a mesma quantidade de produtos desejados, porém, com quantidade menor de insumos ou matéria-prima (KASEMSET; CHERNSUPORNCHAI; PALA-UD, 2015).

Outro aspecto importante a ser destacado é que a CCFM não exige custos adicionais para sua aplicação, podendo ser utilizada por qualquer organização, que utilize material e energia em seu processo produtivo. A ferramenta é um padrão de orientação e não de certificação, tendo em vista que para uma organização obter certificação passa por um processo burocrático e oneroso (CHRIST; BURRITT, 2016).

Entretanto, quando se fala que a CCFM não exige custos, obviamente é uma afirmação em relação ao processo de aplicação e não custos com capacitação de pessoal para torná-los aptos a utilizarem a ferramenta ou investimentos para melhorar a produção. Neste sentido, Christ e Burritt (2016) relatam que o nível de conhecimento da norma é o primeiro pressuposto importante e tem sido o principal entrave para sua aceitação. Embora a literatura aponte as vantagens da CCFM, se os gerentes não estiverem familiarizados com essa ferramenta e dispostos a investirem na capacitação de seus colaboradores, a soma dessas vantagens provavelmente permanecerá despercebida (CHRIST; BURRITT, 2016).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por se tratar de um estudo de caso, destaca-se a limitação de não se generalizar os resultados da aplicação da CCFM neste estudo para outros processos produtivos em microempresas. Entretanto, cabe destacar que tal limitação não se aplica a utilização da ferramenta em si, haja vista que a literatura tem mostrado que o uso da CCFM em organizações que utilizam material e energia, para transformar matéria-prima em produto final, independentemente do porte, tem sido satisfatória. Portanto, tais organizações podem adaptar a aplicação, simplificada ou não, da CCFM.

O presente estudo destinou-se a verificar se a CCFM pode ser adotada e adaptada, com base nas diretrizes gerais da ISO 14051, para apoiar decisões na redução de perdas de materiais e de energia em microempresa localizada no município de Teresina - Piauí. Após a aplicação da ferramenta na fabricação de um lote de 18.000 impressões de notas fiscais de serviços de comunicação série “U”, verificou-se que a CCFM pode ser adotada e adaptada para apoiar decisões na redução de perdas de materiais e energia em microempresas, que utilizam insumos e energia para transformação em produtos acabados.

Observou-se que a ferramenta pode contribuir de forma relevante para o aumento na transparência do fluxo de material e de energia, bem como identificar os custos implícitos contidos nas perdas de materiais (desperdícios) advindos do processo analisado.

A CCFM mostrou-se útil para o auxílio na tomada de decisões pela gerência, pois apontou em quais fases da produção estava ocorrendo o maior índice de desperdício como, também, ofereceu suporte para a identificação de melhorias nestas fases. A partir dos resultados apresentados, pode-se analisar formas de reduzir não só os custos advindos das perdas, mas, também, otimizar o uso dos insumos/matérias-primas como: substituição, redução, acondicionamento, dentre outros, mantendo a mesma quantidade do produto final oferecido, além de diminuir a quantidade de perdas (resíduos), o que corrobora para a redução

dos impactos ambientais adversos sobre o meio ambiente.

Outro aspecto a ser destacado decorrente da aplicação da CCFM está na possibilidade de melhoramento dos sistemas contábeis e de análise de custos, observou-se que a empresa utiliza sistemas convencionais, que agregam todos os custos decorrentes da produção ao produto final, não considerando os custos ocultos das perdas de materiais advindas do processo.

Estudos futuros podem ser realizados para aplicar a CCFM em uma estrutura de produção mais ampla e/ou complexa ou em organizações de grande porte ou ainda, de produção em larga escala, inclusive em cadeia de suprimentos bem como em empresas públicas que utilizam matéria prima e energia para transformação em produto acabado. Além disso, esta pesquisa se restringiu a uma microempresa para a aplicação da CCFM. Pesquisas futuras podem ser implementadas para apontar se os benefícios, vantagens e entraves, identificados pela execução da CCFM, variam entre diferentes regiões do Brasil ou setores da indústria brasileira.

Esta pesquisa, também, pode oferecer suporte não só para o conhecimento mais aprofundado da norma como, também, para o aprimoramento ou criação de novas metodologias de aplicação da CCFM em microempresas ou em outras organizações aptas, que vierem a utilizar tal ferramenta, seja de forma individual ou estendida, em conjunto com outras ferramentas de melhorias em fluxos produtivos industriais. Este trabalho, também, pode contribuir para a literatura sobre a CCFM, que está em crescimento desde a padronização da ferramenta em 2011.

REFERÊNCIAS

ADRIANO, V. **A implementação de um Sistema de Alocação de Custos Indiretos como mecanismo para mitigar o risco económico das Unidades de Negócio: estudo de caso da empresa Portos e Caminhos de Ferro de Moçambique, E.P.** 2020. Tese (Doutorado) - Departamento Académico da School of Business and Economics da Atlantic International University. Honolulu, Hawaii. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14051:** Gestão Ambiental – Contabilidade de Fluxos de Material – Estrutura Geral. Rio de Janeiro, p. 41. 2013.

CHRIST, K. L.; BURRITT, R. L. ISO 14051: A new era for MFCA implementation and research. **REVISTA DE CONTABILIDAD:** Spanish Accounting Review, Espanha, v. 19, ed. 1, p. 1-9, 2016. DOI <https://doi.org/10.1016/j.rcsar.2015.01.006>. Disponível em: [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1138489115000163?](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1138489115000163?via%3Dihub) Acesso em: 13 set. 2021.

FAKOYA, M. B.; POLL, H. M. van der. Integrating ERP and MFCA systems for improved waste-reduction decisions in a brewery in South Africa. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 40, p. 136-140, 2013. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.013>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612004787?via%3Dihub>. Acesso em: 13 set. 2021.

KASEMSET, C.; CHERNSUPORNCHAI, J.; PALA-UD, W. Application of MFCA in waste reduction: case study on a small textile factory in Thailand. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, p. 1342 - 1351, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.071>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010105>. Acesso em: 13 set. 2021.

MACENO, M.; PAWLOWSKY, U.; CARDOSO, R. Medição de desempenho ambiental pela CCFM em uma indústria de embalagens plásticas de alimentos. **XI CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO**, [S. l.], p. 1-13, 2015. Disponível em: https://www.inovarse.org/sites/default/files/T_15_184.pdf. Acesso em: 13 set. 2021.

SAHU, A. K. *et al.* Improving financial and environmental performance through MFCA: A SME case study. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 279, p. 1-19, 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123751>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620337963?via%3Dihub>. Acesso em: 24 ago. 2021.

SCHMIDT, M. The interpretation and extension of Material Flow Cost Accounting (MFCA) in the context of environmental material flow analysis. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, p. 1-10, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.038>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614012189?via%3Dihub#!>. Acesso em: 6 set. 2021.

WAGNER, B. A report on the origins of Material Flow Cost Accounting (MFCA) research activities. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], 2015. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0959652615014043?token=B0045175ACEAC1B56D3FCC64C57E0CF8D20378CFA04718E58993C771AC55D2DE49EFCF5C0B9730D9677EA3DA1877568B>. Acesso em: 6 set. 2021.

YAGI, M.; KOKUBU, K. Waste decomposition analysis in Japanese manufacturing sectors for material flow cost accounting. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 224, p. 823 - 837, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.196>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619308960?via%3Dihub>. Acesso em: 31 ago. 2021.

7 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO AMBIENTAL COM O REFLEXO ECONÔMICO DE MICROEMPRESA POR MEIO DA CONTABILIDADE DE CUSTO DE FLUXO DE MATERIAL

RESUMO:

O presente estudo foi realizado para avaliar o desempenho ambiental, bem como o reflexo econômico, do processo de fabricação de material impresso em microempresa, de Teresina, Piauí, por meio da aplicação da Contabilidade de Custo de Fluxo de Material (CCFM). Utilizando-se a técnica de observação direta e anotações em diário de campo, pode-se determinar e analisar o fluxo de materiais e de energia no processo produtivo estudado. A pesquisa documental foi realizada coletando-se dados contábeis e gerenciais, relacionados com o processo de fabricação de material impresso da microempresa. Os resultados apontaram que os desperdícios totais atingiram 41,6% do total de custos de todo o processo de fabricação do material impresso. Observou-se que na fase de impressão, houve a maior perda na produção se comparado ao total dos desperdícios, 70,5%. O acondicionamento e proteção da máquina de imprimir, da matéria-prima e insumos utilizados e a redução em 14,5% da área de cada folha de papel impresso destinado ao produto acabado, foram indicados como os principais componentes para redução das perdas advindas da produção, o que poderia constituir benefício econômico e ambiental pela redução dos desperdícios. A CCFM representa uma ferramenta importante na identificação dos custos ambientais ocultos, identificando os pontos críticos do processo produtivo que causam desperdício, com interferência nos custos de produção e reflexos nos aspectos ambientais e econômico.

Palavras-Chave: CCFM, ISO 14051, Gestão Ambiental, Contabilidade Ambiental.

ABSTRACT:

The present study was carried out to evaluate the environmental performance, as well as the economic impact, of the printed material manufacturing process in a microenterprise, in Teresina, Piauí, through the application of Material Flow Cost Accounting (MFCA). Using the technique of direct observation and notes in a field diary, it is possible to determine and analyze the flow of materials and energy in the studied production process. Documentary research was carried out by collecting accounting and management data related to the microenterprise's printed material manufacturing process. The results showed that total waste reached 41.6% of the total costs of the entire printed material manufacturing process. It was observed that in the printing phase, there was the greatest loss in production compared to total waste, 70.5%. The packaging and protection of the printing machine, the raw material and inputs used and the 14.5% reduction in the area of each sheet of printed paper destined for the finished product, were indicated as the main components for reducing losses arising from production, which could constitute an economic and environmental benefit by reducing waste. The MFCA represents an important tool in the identification of hidden environmental costs, identifying the critical points of the production process that cause waste, with interference in production costs and reflections on environmental and economic aspects.

Keywords: MFCA, ISO 14051, Environmental management, Environmental Accounting.

1 INTRODUÇÃO

Melhorar os processos produtivos, tanto do ponto de vista econômico quanto ambiental, tornou-se um objetivo cada vez mais comum a ser alcançado pelas organizações contemporâneas. O consumo desenfreado, o esgotamento dos recursos naturais, a geração de resíduos em massa, a poluição generalizada, a criação de instrumentos normativos, visando a proteção e preservação ambiental, tem levado muitas organizações a repensarem suas formas de produção para se adaptarem ao cenário sustentável nos amplos setores produtivos da sociedade.

Neste sentido, os indicadores de sustentabilidade constituem instrumentos indispensáveis nos diversos sistemas integrados de produção, em que se busca a utilização de tecnologias mais limpas. Assim, a contabilidade de gestão ambiental tem contribuído significativamente nesses processos de integração, por meio do fornecimento de informações econômicas e ambientais, facilitando a tomada de decisões estratégicas, de modo a proporcionar melhoria na produção sustentável, sem perda de eficiência econômica e com adequado ganho ambiental.

Dentre as ferramentas da contabilidade de gestão ambiental, que podem ajudar as organizações a compreenderem melhor o modo de utilização de matérias-primas, insumos e energia em seus processos produtivos, bem como analisarem suas práticas em relação a gestão de resíduos decorrentes de seus fluxos produtivos, encontra-se a Contabilidade de Custos de Fluxo de Material (CCFM). Trata-se de uma técnica que aplicada de forma correta, é capaz de rastrear os fluxos de material (matéria-prima, insumos, produtos auxiliares) e energia (eletricidade, combustível, vapor, etc.) de determinado processo produtivo. Tal recurso se fundamenta pela geração de dados, que podem colaborar na compreensão dos fatores que interferem nas melhores práticas fabris, além de identificar caminhos, que podem conduzir à melhoria no desempenho das organizações, uma vez que disponibiliza informações direcionadas à redução dos custos corporativos, contribuindo para a diminuição dos desperdícios, tendo como consequência melhor uso dos recursos naturais, menor geração de resíduos e, como efeito, a mitigação de impactos nocivos ao meio ambiente.

Como diferencial, a CCFM pode ajudar na modernização dos sistemas contábeis e gerenciais, tendo em vista que com o uso dessa ferramenta, podem ser identificados os custos ocultos dentro da produção (custos não visíveis decorrentes dos resíduos gerados no processo de fabricação), possibilitando otimizá-los, diferentemente da contabilidade de custos convencional, que agrega todos os custos ao produto acabado, sem levar em consideração a

valoração dos desperdícios e as ineficiências dos fluxos de material e energia advindos da produção.

Nesse contexto, o presente estudo partiu da seguinte questão-problema: é possível por meio da aplicação da Contabilidade de Custo de Fluxo de Material (CCFM) avaliar o comportamento ambiental, contemplando desperdícios, bem os reflexos no aspecto econômico em microempresa do ramo industrial? Neste contexto, o presente estudo foi realizado para avaliar o desempenho ambiental, bem como o reflexo econômico, do processo de fabricação de material impresso em microempresa, de Teresina, Piauí, por meio da aplicação da Contabilidade de Custo de Fluxo de Material (CCFM).

2 ASPECTOS GERAIS DO MÉTODO CCFM

Segundo Wagner (2015), estudos sobre fluxos de material na indústria sob o aspecto físico e monetário foram discutidos, na Alemanha, nas décadas de 20 e 30 do século XX e tiveram aprofundamento, durante os anos 60 e 70, com ênfase em medidas técnicas de proteção ambiental. O autor ressalta, ainda, que a CCFM não evoluiu da contabilidade clássica, mas sim, da gestão ambiental, servindo de elo entre os sistemas contábeis e gerenciais. Contudo, a ferramenta está padronizada como parte da contabilidade de gestão ambiental.

A CCFM nasceu por meio de um projeto de pesquisa de gestão ambiental na empresa têxtil Kunert, no sul da Alemanha, conduzido pela Imu-Augsburg, instituição de pesquisas e consultorias afiliada à Universidade de Augsburg e liderada pelo Professor Bernd Wagner no final da década de 80 e início dos anos 90 do século XX (WAGNER, 2015; MBEDZI; POLL; POLL, 2018).

Durante os anos 1990, a empresa Kunert publicou seus primeiros relatórios com informações ambientais, o que chamou atenção da imprensa e governo alemão e, posteriormente, de universidades e do governo japonês (WAGNER, 2015). Após experimentos e aplicações, principalmente em empresas japonesas, em 2011, a *International Organization for Standardization* (ISO) padronizou a CCFM dentro da família de normas ISO de gestão ambiental nomeada de ISO 14051:2011, estabelecendo diretrizes gerais para a implementação da CCFM (DOORASAMY, 2015; WAGNER, 2015).

Como principal objetivo da ABNT NBR ISO 14051, encontra-se o de oferecer uma estrutura geral para a CCFM, de modo que essa ferramenta sirva de base para adaptação e aplicação em qualquer empresa, que utilize material e energia em seus processos de fabricação sem considerar o porte, produto, estrutura, localização, independentemente de

sistemas de gestão ambiental, contábil ou gerencial existentes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

Para Doorasamy (2015, p. 40), a CCFM é um poderoso método de gestão ambiental direcionado para indústrias tendo em vista o potencial que esta ferramenta tem de contribuir com estas organizações a perceberem que, “ao aumentar a transparência das perdas materiais, as empresas podem reduzir os impactos ambientais e melhorar a eficiência dos negócios”.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013, p. 8) destaca que a CCFM é capaz de promover “aumento na transparência das práticas de uso de materiais e energia por meio do desenvolvimento de um modelo de fluxo de material que rastreia e quantifica os fluxos e estoques de materiais dentro de uma organização em unidades físicas”.

Para Behnami (2019), com a aplicação da CCFM, se tem condições de analisar as relações de entrada e de saída do fluxo de material no processo produtivo, com base nos pressupostos do balanço de massa, em que não se verifica perda de material e de energia, durante o fluxo de produção, porém, ocorre transformação em quantidade semelhante, na saída desse fluxo, distribuída em produto acabado e perdas (desperdícios ou resíduos), advindos do processo de transformação.

A CCFM promove o rastreamento das variações de estoque de materiais em unidades físicas (massa, volume, etc.), possibilitando a análise dos custos relacionados aos fluxos de materiais, com perspectiva de se identificar informações motivadoras, que resultem em benefícios financeiros e mitigação de impactos nocivos sobre o meio ambiente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013; DOORASAMY, 2015).

Neste sentido, Doorasamy (2015, p. 41) afirma que a CCFM pode ser caracterizada como um método vinculado à gestão “com o objetivo de gerenciar os processos de fabricação no que diz respeito aos fluxos de materiais, energia e dados para garantir que o processo de fabricação prossiga com eficiência”. Ressalte-se que todos os materiais derivados de um processo de produção são rastreados pela CCFM que os divide em duas categorias: Produto Positivo (produtos desejados que podem ser vendidos) e Produto Negativo (indesejados, como resíduos e emissões) (TAKAKUWA; ZHAO; ICHIMURA, 2014; KASEMSET *et al.*, 2015; BEHNAMI, 2019).

Takakuwa, Zhao e Ichimura (2014, p. 45) relatam que a vantagem significativa, propiciada pelo uso da CCFM, está em analisar e poder otimizar a quantidade de resíduos gerados em determinado processo produtivo, tendo em vista que “esses resíduos, ou produtos negativos, geram grandes quantidades de encargos ambientais devido ao excesso de estoque inutilizável e ao processamento inativo”.

A aplicação da CCFM é baseada no balanço de massa, em que se considera, após o processo de produção (saída), todos os produtos negativos (desperdícios, resíduos, emissões). Dessa forma, pode-se considerar os custos de desperdícios, o que diferencia da contabilidade de custos convencional, que negligencia os custos ocultos nas perdas oriundas da produção. Assim, o principal foco da CCFM está em analisar e caracterizar os produtos negativos (perdas de material) e, posteriormente, oferecer sugestões, as quais possam melhorar a produção, com a redução do consumo de materiais e insumos, diminuição das perdas, bem como aumentar a eficiência e transparência nos fluxos de materiais e, conseqüentemente, mitigar os impactos ambientais adversos com reflexos direto em termos econômicos.

Para Bautista-Lazo e Short (2013, p. 143), pela CCFM é possível se identificar com clareza “o verdadeiro custo dos resíduos, tratando-os como um produto negativo separado; quantidades apropriadas de custos são alocadas aos resíduos proporcionalmente aos pesos do produto e da produção que não é do produto”. Destaca-se ainda, em relação ao balanço de massa, que o total de materiais de entrada em um centro de produção deve ser igual ao da saída, ou seja, a soma do produto positivo e negativo (SAHU *et al.*, 2021).

Para a implementação da CCFM é necessário seguir alguns critérios propostos pela ABNT NBR ISO 14051. Para tanto, faz-se necessário apresentar os principais elementos e etapas para que a aplicação da ferramenta possa ser realizada da forma mais confiável e eficiente possível. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013) destaca quatro elementos fundamentais da CCFM: a) Centros de Quantidade (CQ`s), que são partes selecionadas dentro de um processo, onde as entradas e saídas são quantificadas em unidades físicas e monetárias; b) Balanço de Materiais que representa o demonstrativo de comparação entre as quantidades de materiais com as saídas (produto e perda de material), bem como as variações de inventário com o propósito de identificar lacunas de dados ou materiais significativos que estejam ausentes na análise; c) Cálculo dos Custos que representa os critérios de alocação de custos para os materiais utilizados; d) Modelo de Fluxo de Material definido para que se possa implantar a ferramenta.

Em relação a análise dos custos, a ISO 14051 determina quatro tipos a serem considerados na implementação da CCFM: a) Custos de Material (inclui custo de compra de matéria-prima, insumos); b) Custos de energia (inclui eletricidade e custo de compra de combustível); c) Custos do sistema (inclui custo de mão de obra, custo de depreciação, custo de transporte e custo de manutenção); d) Custo de gestão ou disposição de resíduos (inclui custo de manuseio de resíduos) (DUNUWILA; RODRIGO; GOTO, 2018; SAHU *et al.*, 2021). É relevante destacar que a ISO 14051 deixa a critério da organização unificar os custos

de material e energia ou calculá-los, separadamente, no momento de aplicação da CCFM.

Assim, no balanço de massa para determinado CQ, o total de entrada de certo material, levando-se em consideração as variações de inventário (saldo de estoques), é igual ao total de material da saída, se somado tudo destinado ao produto final (positivo), incluindo as perdas no processo (produto negativo). Logo, os valores de entrada, adicionados ao inventário inicial com todos os custos necessários para a produção dentro do CQ se subtraído dos valores não utilizados (inventário final) devem ser iguais ao total da saída.

As etapas de implementação da CCFM são baseadas no ciclo de melhoria contínua PDCA: Plan (Planejar); Do (Fazer); Check (Checar) e Act (Agir). O ciclo PDCA, “é uma ferramenta de gestão que visa melhorar e controlar os processos e produtos de forma contínua” (ALVES, 2015, p. 2). Criado por Waltera Shewhart e aperfeiçoado por William Edwards Deming, o ciclo tem como objetivo, por meio de atividades planejadas, melhorar resultados e atingir metas definidas (ALVES, 2015).

Associação Brasileira de Normas Técnicas (2013) destaca que em cada fase do ciclo PDCA, deve-se levar em conta etapas que, em conjunto, contribuirão para o sucesso da implementação da ferramenta. A fase de planejamento (Plan) envolve não só as etapas de envolvimento da gestão, mas de outros profissionais, que atuam na organização com conhecimentos específicos (expertise necessária), que poderão contribuir para a coleta e análise dos dados captados, dentro de uma fronteira de estudo definida, que pode ser a fabricação de um produto, um lote de produção ou até mesmo uma cadeia de suprimentos. Nesta fase, também deve-se determinar os CQ`s que são as partes interrelacionadas do fluxo produtivo.

Dentro da fase de execução ou fazer (Do), torna-se necessário, não só a identificação das entradas e saídas de materiais e energia, mas, também, quantificar os fluxos de materiais de maneira uniforme e por critérios adequados em unidades físicas e monetárias. A fase de checagem (Check), por sua vez, envolve toda a verificação da viabilidade e precisão dos dados obtidos por meio da organização de todas as informações coletadas em tabelas, planilhas, gráficos, etc, para então prosseguir para a última fase do ciclo, agir (Act). Esta etapa consiste na identificação e avaliação das oportunidades de melhorias para o processo, no sentido de otimizar a produção, aumentando a eficiência e reduzindo custos corporativos, consumo de matéria-prima e insumos, sem alterar a qualidade e quantidade dos produtos acabados, além de diminuir a quantidade de resíduos e/ou desperdícios consequentes da fabricação.

A CCFM se diferencia da contabilidade de custos convencional por valorizar as perdas de material no processo de fabricação, quantificando-as e oferecendo suporte com informações, que possam reduzir os produtos negativos. Para Schmidt (2015, p. 1) é importante destacar que “do ponto de vista econômico, o resultado é o conhecido na CCFM. Do ponto de vista ambiental, é possível calcular quais impactos ambientais poderiam ser salvos, reduzindo as perdas de material”.

Para Tran e Herzig (2020), benefícios significativos podem ser gerados com a aplicação da CCFM, como a identificação de custos subestimados, redução de perdas, desperdícios e impactos ambientais, aumento da qualidade e competitividade do produto, otimização dos processos, incluindo maior eficiência no uso de recursos, e fornecimento de apoio à tomada de decisões, que visem melhorar a produção como um todo. Assim, os benefícios gerados pela CCFM podem ser “reconhecidos entre vários contextos e várias indústrias, podem ser agrupados em duas grandes categorias: ecoeficiência e tomada de decisão estratégica” (TRAN; HERZIG, 2020, p. 9).

Doorasamy (2015, p. 43) afirma que a CCFM contribui para que as organizações identifiquem com clareza o “não-produto (perdas de materiais), aumentando a transparência das perdas de materiais ao longo do processo. Isso permite que o gerenciamento identifique áreas problemáticas e implemente medidas para melhorar a eficiência do processo”. Um dos principais benefícios apresentados pela CCFM está na capacidade de usar quantidades e custos para tornar a perda de material “visível” e a partir daí identificar o problema e sua magnitude, bem como oferecer sugestões de melhorias para a produção (DOORASAMY, 2015).

Na visão de Schaltegger e Zvezdov (2014), a CCFM baseia-se na ideia central de ecoeficiência pelo simples fato de vincular informações físicas e monetárias em um único conceito contábil. Além disso, informações obtidas por meio da aplicação desta ferramenta podem “servir como um guia fundamental para as propriedades de informações mais relevantes e fluxos de trabalho relacionados à coleta e gerenciamento de informações ambientais” (SCHALTEGGER; ZVEZDOV, 2014, p. 7).

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada nas dependências de uma microempresa do ramo gráfico, situada na cidade de Teresina no Piauí, durante o mês de agosto de 2021. A microempresa conta com 10 anos de atividade no mercado, na fabricação de produtos de papel para uso comercial e de escritório.

Foi utilizada a técnica de observação direta e anotações em diário de campo sobre os fluxos de materiais e de energia no processo produtivo, visando aplicar a CCFM e identificar informações, que contribuirão na avaliação do processo de fabricação do produto, objeto de estudo.

Com a pesquisa documental, buscou-se coletar dados em arquivos contábeis e gerenciais da microempresa, para servir de subsídio na análise dos dados obtidos do processo fabril. Perguntas abertas, também, foram feitas, tanto para os gerentes, quanto para os operadores do processo, sobre informações técnicas acerca dos materiais e das máquinas utilizados, visando reforçar a precisão dos dados obtidos.

A coleta dos dados teve como base a fabricação de um lote de produtos, contendo 18.000 exemplares impressos. Após a aplicação da CCFM, as informações foram organizadas em tabelas e planilhas eletrônicas, para em sequência, ser submetida a análise e identificação das melhorias no processo, com foco na tomada de decisões, que possa otimizar a produção por meio da redução das ineficiências encontradas.

Para a implementação da CCFM foi necessário definir uma fronteira no processo produtivo e um período de tempo para análise, conforme recomenda a ABNT NBR ISO 14051. Como fronteira, estabeleceu-se as etapas que vão da impressão até a embalagem do produto para a entrega. Quanto ao período de tempo, foi escolhido o necessário para a fabricação de um lote de produção de notas fiscais de serviços da série “U”.

Uma planilha de custos, decorrentes de dados obtidos no processo analisado, foi estruturada para identificar a magnitude das perdas de materiais (desperdícios), com a perspectiva de proporcionar melhorias no processo analisado e/ou em outros processos de fabricação semelhantes praticados pela instituição.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As fases da produção de impressão e de corte foram determinadas, respectivamente, como CQ 1 e CQ 2, por agregarem impactos econômicos e ambientais potencialmente significativos, conforme recomenda a ABNT NBR ISO 14051:2013. A unidade física considerada na análise do material utilizado foi o quilograma (kg) e a unidade monetária o real brasileiro (R\$). O tempo gasto para concluir todo o processo de fabricação foi de oito horas divididas em dois turnos diurnos de quatro horas.

O tipo de material predominante utilizado no fluxo de fabricação foi o papel autocopiativo, que foi usado na impressão. O valor médio do kg do papel consumido no processo, foi de, aproximadamente, R\$ 12,40 conforme as informações constantes nas notas

de compra, fornecidas para consulta, pela gerência da empresa.

Os custos de sistema foram calculados com base no preço por hora da mão-de-obra de cada funcionário. Foram necessários dois funcionários para realizar toda a tarefa. Segundo a gerência da empresa o custo por hora de trabalho de cada trabalhador é de, aproximadamente R\$ 9,00. Destaca-se, que foi necessário um funcionário em cada fase de produção (impressão e corte).

Os custos totais de energia consumida no processo foram calculados multiplicando-se a potência especificada na máquina de imprimir (3,7285 kW) pelo preço do kWh de R\$ 0,983553 (cobrado na fatura de energia elétrica referente ao mês de agosto de 2021 da empresa), e pela quantidade de horas de funcionamento da máquina (quatro horas). Em relação aos custos com manuseio dos resíduos gerados, os gerentes informaram que gastam R\$ 226,00 fixos mensais para dar destinação dos resíduos gerados, ou seja, um custo proporcional de R\$ 0,94 por hora levando-se em consideração o período de funcionamento da fábrica, que é de oito horas diárias de segunda-feira a sexta-feira, durante o dia. Destaca-se que na fase 2 da produção (corte/separação das bordas excedentes) toda a tarefa é realizada de forma manual, sem a utilização de máquinas, sem envolver consumo de qualquer tipo de energia. Nesta etapa, houve apenas custos de sistema (mão-de-obra).

No que se refere ao fluxo de material definido, bem como os custos associados às entradas e saídas de cada CQ considerado, observou-se que a quantidade total de papel utilizado na fabricação do produto e definido na fronteira da CCFM, foi de 72,570 kg (considerando material de entrada no CQ1), que foi igual ao total observado na saída do CQ2, dividido em produto acabado/produto positivo (nota fiscal pronta) e perda de material/produto negativo na quantidade de 42,00 kg e 30,570 kg de papel consumido, respectivamente. Destaca-se que em cada saída de CQ, efetuou-se a pesagem tanto do material destinado para o produto positivo quanto para as perdas.

A partir da análise dos custos de desperdícios em cada CQ, decorrentes de informações obtidas nos setores contábeis e gerenciais e nas observações feitas, durante a fabricação do produto, despontaram sugestões de melhorias para a gestão da empresa.

Na Tabela 1 estão apresentados os custos totais do fluxo de material analisado decorrente da implementação da CCFM na microempresa estudada.

Diferente da contabilidade de custos convencional, que agrega todos os custos somente ao produto acabado, observa-se pela Tabela 1, que a CCFM apresenta maior detalhamento dos custos do fluxo do material processado, conseguindo evidenciar os custos ocultos na produção (custos com perdas de material) com mais transparência.

Tabela 1 – Custos do fluxo de material no processo analisado

CQ 1						
Tipos de Custos / Entradas e Saídas		Custos de Material	Custos de Energia	Custos de Sistema	Custos de Gestão de Resíduos	TOTAL
Total de Entradas		R\$ 899,86	R\$ 14,67	R\$ 36,00	R\$ 3,76	R\$ 954,29
Total de Saídas	Produto Final	R\$ 627,06	R\$ 10,22	R\$ 25,09	-	R\$ 662,37
	Perdas	R\$ 272,80	R\$ 4,45	R\$ 10,91	R\$ 3,76	R\$ 291,92
CQ 2						
Total de Entradas		R\$ 627,06	R\$ 10,22	R\$ 61,09	R\$ 3,76	R\$ 702,13
Total de Saídas	Produto Final	R\$ 520,80	R\$ 8,48	R\$ 50,73	-	R\$ 580,01
	Perdas	R\$ 106,26	R\$ 1,74	R\$ 10,36	R\$ 3,76	R\$ 122,12
CUSTOS TOTAIS (CQ 1 + CQ 2)						
Custos totais do Produto Final		R\$ 520,80	R\$ 8,48	R\$ 50,73	-	R\$ 580,01
Custos Totais das Perdas		R\$ 379,06	R\$ 6,19	R\$ 21,27	R\$ 7,52	R\$ 414,04
Custos totais do processo		R\$ 899,86	R\$ 14,67	R\$ 72,00	R\$ 7,52	R\$ 994,05

Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Dunuwila; Rodrigo e Goto (2018, p. 421) afirmam, em termos de alocação de custos, que a CCFM “classifica as informações de custo de produção vinculadas aos custos de material, sistema e energia em dois segmentos, os custos positivos e negativos do produto, considerando-se o percentual de perda de matéria-prima em peso, envolvendo cada CQ”.

Para Schmidt (2015), a CCFM é um método de alocação especial, capaz de distribuir todos os custos de determinada produção, entre os produtos pretendidos e as perdas de materiais. O autor ressalta que este fato representa uma importante vantagem, sob o ponto de vista ambiental, tendo em vista que é permitida a identificação dos impactos ambientais adversos, podendo dessa forma, trabalhar-se com a prevenção, diminuindo as perdas de materiais.

Para a alocação dos custos nos CQ`s, utilizou-se o critério de porcentagem de distribuição de material principal (um dos critérios de alocação de custos recomendados pela ISO 14051), considerando-se que os dados relativos às saídas de cada CQ estavam disponíveis. Após a pesagem nas saídas (produto final e perdas) de cada CQ, os percentuais de distribuição foram baseados no principal material utilizado, apresentando a seguinte

proporção: No CQ1, 69,68% (50,570 kg) do material foi destinado ao produto final, enquanto 30,32% (22,00 kg) representaram as perdas. No CQ2, por sua vez, verificou-se que 83,05% (42,00 kg) foi destinado ao produto final, enquanto 16,95% (8,570 kg) corresponderam aos desperdícios (perdas).

Neste contexto, os Custos de Energia, Sistemas e de Gestão de Resíduos, foram distribuídos conforme a proporção de material e perda de material em cada CQ. Ressalta-se que o material utilizado e os custos (material, energia e sistemas) destinados ao produto final na saída do CQ1, serviram de entrada prévia para o CQ2, conforme determina a norma ISO 14051. No que se refere aos Custos de Gestão de Resíduos, eles são sempre destinados para perdas de materiais por estarem associados ao lixo (DUNUWILA; RODRIGO; GOTO, 2018).

Partindo-se da análise dos dados contidos na Tabela 1, verificou-se que os desperdícios totais atingiram 41,6% do total de custos de todo o processo. Este percentual é representativo, especialmente, sob o ponto de vista ambiental. No que se refere ao aspecto econômico, o valor de R\$ 414,04 (total das perdas), convencionalmente, é alocado como custos agregados ao produto final, portanto, não causando prejuízo econômico para a empresa.

Realizando-se a análise por CQ, observou-se que no CQ1 (fase de impressão), o custo total com desperdícios foi de R\$ 291,92, constituindo-se na maior perda na produção, quando comparado ao custo total de material desperdiçado (70,5%). No CQ2 (corte/separação), o total das perdas representou 29,5% do total dos custos com desperdícios.

Ainda em relação ao CQ1, em que se observou maior índice de desperdícios, os custos de materiais (R\$ 272,80) representaram 93,4% dos custos de desperdícios neste CQ e 65,8% do total de custos com produtos negativos em todo o processo. Observou-se que durante a fase de impressão, o operador da máquina utilizou, aproximadamente, 40 minutos para fazer ajustes e limpeza antes de iniciar a produção. Além do desperdício de energia elétrica, tendo em vista que a máquina permaneceu em funcionamento constante durante o preparo, o mesmo papel utilizado para fabricação foi usado para a limpeza da impressora, o que pode ter influenciado para o aumento nos custos de desperdícios com materiais.

Notou-se também, que durante a higienização, sujeiras e restos de tintas oriundas de produções anteriores, foram os principais componentes encontrados nos papéis utilizados na limpeza. Além da sujeira acumulada nos cilindros, rolos e bandejas da impressora, identificou-se, também, que boa parte do papel utilizado na impressão estava sujo, úmido e amassado.

Ao final da fase de impressão, verificou-se que dos 72,570 kg de papel utilizado para atender a demanda, 30,32% deste total foram para o lixo, índice de perda significativo. Cabe reforçar que em todas as saídas de cada CQ determinado, foi realizada a pesagem, tanto para o que foi destinado para a próxima fase ou para o produto quanto ao que foi direcionado para perdas.

Em relação às ineficiências identificadas, foram avaliadas e indicadas algumas sugestões de melhorias com o intuito de reduzir os desperdícios. Em relação a máquina de impressão sugere-se que seja providenciada capas impermeáveis de proteção, principalmente, para os cilindros de tintas, rolos e bandejas de entrada e saídas do papel, pois, observou-se que a máquina se situa no pátio da fábrica, exposta a sujeiras de modo geral, haja vista que o local não é totalmente fechado e o acondicionamento é inadequado.

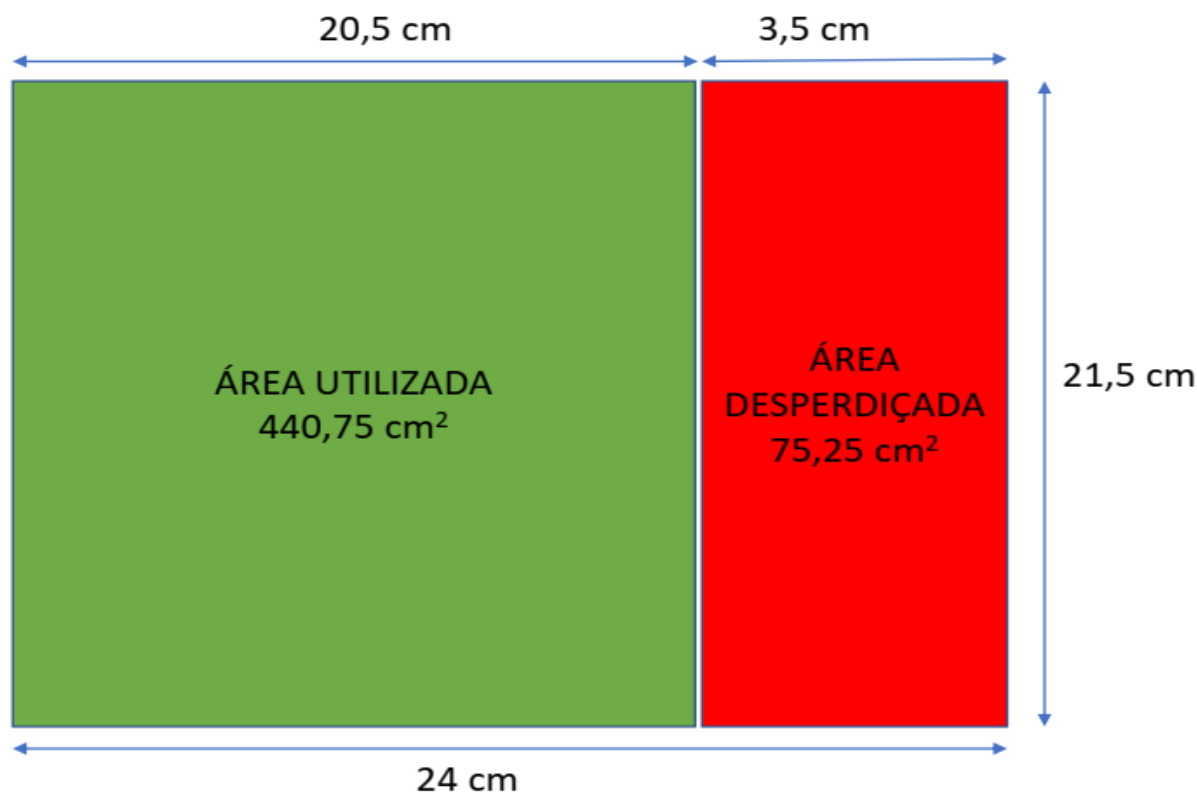
Ainda em relação a impressora, foi identificado que, por ela não estar em um ambiente acondicionado ou propício, as sobras de tintas de produções anteriores perdem suas propriedades originais, causando desperdício tanto de papel, que é utilizado para limpeza dos cilindros, quanto das referidas sobras que tem boa parte descartada para o lixo. Sobre essa questão e diante da impossibilidade de locomover a máquina, por indisponibilidade de espaço, para outro local com acondicionamento adequado, segundo informação da gestão da empresa, recomendou-se que houvesse controle de quantidade de uso de tinta, para que as sobras fossem reduzidas ao máximo possível. Também foi sugerido que, se possível, os cilindros que acomodam a tinta fossem retirados e higienizados pelo menos uma vez por semana, de modo que não provocasse transtornos nas demandas da empresa.

Ressalta-se que na análise dos custos de materiais, não foi levado em consideração o quantitativo de tinta gasto no processo, em decorrência da impossibilidade de se estimar o peso da quantidade deste produto gasto no processo analisado na fronteira definida neste estudo. Apenas o papel utilizado na impressão foi definido como material principal de entrada.

O acondicionamento adequado do papel utilizado para impressão merece maior atenção, considerando que todo o material fica exposto no pátio da empresa sem nenhuma proteção, acumulando sujeira e umidade, em consequência, boa parte do material se danifica facilmente no manuseio. Em decorrência disso, boa parte da primeira leva de impressão se perde até que a parte utilizável do papel fique exposta nos rolos da máquina pronta para impressão. Assim, foi sugerido a providência de capas de proteção, armazenamento e acondicionamento adequado para evitar ou diminuir o desgaste do produto.

As notas fiscais impressas, prontas para entrega, possuíam dimensões de 20,5 cm x 21,5 cm, contudo, os impressos que saíram para a fase de corte ou separação das bordas excedentes possuíam dimensões de 24 cm x 21,5 cm. Somente as bordas excedentes (resíduos) totalizaram 8,570 kg, o que representa 16,95% do total de material usado no CQ2. Em cada folha impressa (nas dimensões 24 cm x 21,5 cm), 3,5 cm x 21,5 cm deste material foi jogado no lixo. Cabe ressaltar que o lote fabricado totalizou 18.000 notas fiscais prontas. As bordas excedentes, não utilizáveis, já saíam pontilhadas pela impressora em um lado do papel, necessitando do corte ou separação de forma manual, para que o produto fique nas dimensões adequadas e pronto para embalagem. Na Figura 1 está representada a folha impressa na saída do CQ1.

Figura 1 – Representação das dimensões das folhas impressas



Fonte: Elaborada pelo autor (2021).

Percebe-se que dos 18.000 impressos prontos para a etapa de corte, 14,58% da área de cada folha impressa no CQ1 foi desperdiçada. Como forma de otimizar o processo, recomendou-se que seja averiguado com o fornecedor do material, a possibilidade de disponibilizar papel com medidas entre 20,5 cm e 21 cm de largura, pois com esta medida, pode-se retirar do processo de fabricação, a etapa corte/separação das dimensões que não forem utilizadas ou diminuir a largura das bordas, que não forem aproveitáveis, acarretando

em redução de resíduos e, conseqüentemente, economia de papel e mão de obra, principal custo agregado nesta etapa. Além disso, a segunda fase, realizada no CQ2, poderia ser evitada ou reduzida e, aproximadamente, 28,03% das perdas totais geradas poderiam deixar de ocorrer e como isso haveria redução de custos de material e de sistemas nesta etapa, bem como diminuição considerável dos impactos ambientais adversos, pela redução de resíduos, tendo, também, como reflexo, redução na margem de lucro da atividade ou elevação dos custos para o consumidor.

Além das sugestões de melhorias voltadas para o processo de fabricação, também se propõe que informações sobre custos ambientais sejam inseridas nos planos de análise de custos da empresa, pois, além de tornar explícito todos os custos inerentes aos processos de fabricação, ainda contribui para a modernização dos sistemas contábeis e gerenciais da instituição, contribuindo para eventuais correções de ineficiências na produção, ganho econômico e redução de impactos ambientais negativos.

Os aspectos abordados sobre desperdícios e as formas de minimizá-los exigem, predominantemente, mais esforço cultural e comportamental do que financeiro dentro da microempresa estudada. Mudanças de atitudes como: procura por substituições de materiais mais adequados às demandas, pequenas modificações nos processos de produção, manutenções regulares do maquinário, podem contribuir não só para a redução de consumo de matérias-primas, insumos, como também, diminuir a produção de resíduos e assim poder reduzir custos corporativos e ambientais ao mesmo tempo.

Contudo, outras melhorias podem ser implementadas, porém, com exigência de investimentos financeiros como: a troca da máquina de imprimir por impressora(s) moderna(s) e com maior eficiência energética e de trabalho, a climatização dos locais, onde ficam situadas as máquinas e armazenados os materiais utilizados na produção, pois, evitaria perdas das propriedades químicas dos insumos utilizados, como por exemplo os papéis e as tintas. Aquisição de capas de proteção para a máquina e para os rolos de papéis se faz necessária para evitar ou diminuir a umidade, a sujeira ou outros tipos de danos aos equipamentos, materiais e insumos utilizados.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a aplicação da CCFM na microempresa estudada, pôde-se verificar perda significativa no processo de produção, especialmente, na fase de impressão. A CCFM permitiu a identificação dos custos ocultos, contemplando aqueles não visíveis, durante o fluxo do material. Portanto, a CCFM possibilitou avaliar o desempenho econômico-ambiental

por meio da aplicação da Contabilidade de Custo de Fluxo de Material (CCFM) em microempresa do ramo industrial em tese.

Dentre as principais indicações de melhorias avaliadas e propostas, para redução das ineficiências identificadas, estão o acondicionamento e proteção adequados da máquina usada na produção, dos materiais e insumos, substituição do material utilizado, manutenção e limpeza regular dos equipamentos objeto do processamento do produto final. Também, foi observada a necessidade de investimentos financeiros, visando a substituição da máquina de imprimir, por outra mais moderna e eficiente do ponto de vista de maior eficiência energética e de trabalho, além da climatização do ambiente, onde ficam armazenados os materiais e insumos utilizados na produção, para que não haja perda das propriedades de tais materiais e insumos em decorrência da exposição em ambiente inadequado.

A CCFM mostrou-se uma ferramenta de grande valia em relação a análise dos custos ambientais que não são levados em consideração no momento do processo de fabricação. Embora se tenha analisado apenas um lote de fabricação, verificou-se que a microempresa estudada não utiliza a política de segregar os custos totais do processamento em custos ambientais, decorrentes das perdas geradas na produção e que poderia ser mitigado, bem como dos custos direcionados ao produto acabado.

Destaca-se, porém, que a implementação da CCFM deve ser adaptada às políticas de produção da instituição pesquisada, seja nas formas de análise de custos, sistemas contábeis ou gerenciais. Entretanto, os princípios, objetivos e elementos fundamentais, propostos na ABNT NBR ISO 14051:2013, devem ser utilizados em qualquer fase de implementação da CCFM.

Pesquisas futuras se fazem necessárias no intuito de se cobrir lacunas não alcançadas por este estudo, como por exemplo, a utilização de outras ferramentas de gestão ambiental em conjunto com a CCFM para se obter maior precisão nos dados e informações. A criação de softwares novos ou adaptações de outros já existentes é de grande valia para a análise de fluxos de materiais e energia com maior precisão. Desta forma, com a CCFM, pode-se identificar de forma mais exata os custos ambientais e ao mesmo tempo disponibilizar maior suporte na tomada de decisões estratégicas pela instituição.

Por fim, cabe destacar que todos os alicerces necessários possíveis foram realizados para minimizar as limitações deste estudo de caso. Mesmo utilizando um lote de produção como base de implementação da CCFM, os dados e informações coletados indicaram que é possível a aplicação desta ferramenta em qualquer microempresa, que utilize material e energia para transformação em produto acabado, seja qual for o ramo de negócio.

REFERÊNCIAS

- ALVES, É. A. C. O PDCA COMO FERRAMENTA DE GESTÃO DA ROTINA. **XI CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO**, [s. l.], p. 1-12, 2015. Disponível em: https://www.inovarse.org/sites/default/files/T_15_017M_7.pdf. Acesso em: 31 ago. 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14051: Gestão Ambiental – Contabilidade de Fluxos de Material – Estrutura Geral**. Rio de Janeiro, p. 41. 2013.
- BAUTISTA-LAZO, S.; SHORT, T. Introducing the All Seeing Eye of Business: a model for understanding the nature, impact and potential uses of waste. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 40, p. 141-150, 2013. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652612004763?via%3Dihub>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- BEHNAMI, A. *et al.* Integrating data reconciliation into material flow cost accounting: The case of a petrochemical wastewater treatment plant. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 218, p. 616-628, 2019. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.218>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619302318?via%3Dihub>. Acesso em: 16 set. 2021.
- DOORASAMY, M. THEORETICAL DEVELOPMENTS IN ENVIRONMENTAL MANAGEMENT ACCOUNTING AND THE ROLE AND IMPORTANCE OF MFCA. **Foundations of Management**, [s. l.], v. 7, p. 37-52, 2015. DOI 10.1515/fman-2015-0024. Disponível em: <https://content.sciendo.com/view/journals/fman/7/1/article-p37.xml?language=en>. Acesso em: 9 set. 2021.
- DUNUWILA, P.; RODRIGO, V. H. L.; GOTO, N. Financial and environmental sustainability in manufacturing of crepe rubber in terms of material flow analysis, material flow cost accounting and life cycle assessment. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 182, p. 587-599, 2018. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.202>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618302300?via%3Dihub>. Acesso em: 1 ago. 2021.
- KASEMSET, C.; CHERNSUPORNCHAI, J.; PALA-UD, W. Application of MFCA in waste reduction: case study on a small textile factory in Thailand. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, p. 1342 - 1351, 2015. DOI <https://doi-org.ez17.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.jclepro.2014.09.071>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614010105>. Acesso em: 13 set. 2021.
- MBEDZI, M. D.; POLL, H. M. van der; POLL, J. A. van der. An Information Framework for Facilitating Cost Saving of Environmental Impacts in the Coal Mining Industry in South Africa. **Sustainability**, [s. l.], v. 10, n. 1690, ed. 6, p. 1-20, 23 maio 2018. DOI 10.3390/su10061690. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/10/6/1690>. Acesso em: 1 set. 2021.

SAHU, A. K. *et al.* Improving financial and environmental performance through MFCA: A SME case study. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 279, p. 1-19, 10 jan. 2021. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123751>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652620337963?via%3Dihub>. Acesso em: 24 ago. 2021.

SCHALTEGGER, S.; ZVEZDOV, D. Expanding material flow cost accounting. Framework, review and potentials. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, p. 1333-1341, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.040>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614008634?via%3Dihub>. Acesso em: 20 set. 2021.

SCHMIDT, M. The interpretation and extension of Material Flow Cost Accounting (MFCA) in the context of environmental material flow analysis. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 108, p. 1-10, 2015. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.038>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614012189?via%3Dihub#!>. Acesso em: 6 set. 2021.

TAKAKUWA, S.; ZHAO, R.; ICHIMURA, H. Analysis of manufacturing systems using simulations in terms of material flow cost accounting. **International Journal of Computational Intelligence Systems**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 44 - 51, 2014. DOI <https://dx.doi.org/10.1080/18756891.2014.947112>. Disponível em: <https://www.atlantispress.com/journals/ijcis/25868569>. Acesso em: 17 set. 2021.

TRAN, T. T.; HERZIG, C. Material Flow Cost Accounting in Developing Countries: A Systematic Review. **Sustainability**, [S. l.], v. 12, n. 13, p. 1-18, 4 jul. 2020. DOI <https://doi.org/10.3390/su12135413>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/13/5413#>. Acesso em: 24 ago. 2021.

WAGNER, B. A report on the origins of Material Flow Cost Accounting (MFCA) research activities. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], 2015. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0959652615014043?token=B0045175ACEAC1B56D3FCC64C57E0CF8D20378CFA04718E58993C771AC55D2DE49EFCF5C0B9730D9677EA3DA1877568B>. Acesso em: 6 set. 2021.

8 CONCLUSÃO

A CCFM representa uma ferramenta importante na identificação dos custos ambientais ocultos, identificando os pontos críticos do processo produtivo, que causam desperdício, com interferência nos custos de produção e reflexos nos aspectos ambientais e econômico.

Assim, a aplicação da CCFM em microempresa no município de Teresina, Piauí, é factível como ferramenta a ser adotada e adaptada para apoiar decisões na redução de perdas de materiais e energia na transformação em produtos acabados, em que a ferramenta contribui de forma relevante para o aumento na transparência do fluxo de material e energia bem como, na identificação dos custos implícitos contidos nas perdas de materiais (desperdícios) advindos do processo analisado.

A aplicação da Contabilidade dos custos de fluxos de material (*Material flow cost accounting*) implica numa mudança cultural das empresas para que se torne uma rotina de trabalho. Isto pode vir a ocorrer quando as empresas conhecerem melhor e operacionalizarem as normas de gestão ambiental, utilizando as normas ISO 14051 (Contabilidade dos custos de fluxos de material) e a ISO 14052 (*Material flow cost accounting — Guidance for practical implementation in a supply chain*).

Estudos futuros se fazem necessários para verificar a aplicabilidade da CCFM em uma estrutura de produção mais ampliada e/ou complexa ou ainda, em organizações de grande porte ou de produção em larga escala, inclusive em cadeias de produção, especialmente, no estado do Piauí, onde foi constatada a ausência de estudos sobre a CCFM. Recomenda-se, também, a extensão da CCFM integrando-a com outras ferramentas de gestão ambiental como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e o Custo do Ciclo de Vida (CCV), por exemplo, para que se tenha maior amplitude nas análises de possíveis ineficiências em processos produtivos analisados.