

AVALIAÇÃO DOS METODOS PARA APLICAÇÃO DA ANÁLISE DO INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA NA INDÚSTRIA MOVELEIRA

Luciana Amaral Stradioto Neto¹
Nicollas Luiz Schweitzer de Souza²
Ivete de Fátima Rossato³
Jairo Afonso Henkes⁴
Sandro Keine⁵

RESUMO

O Sistema de Gestão Ambiental é indispensável dentro das indústrias de todos os setores, uma vez que a valorização dos produtos e processos que prezam pelo meio ambiente são tendências mundiais. Estudos mostram a necessidade de integrar o gerenciamento ambiental e as estratégias de manufatura das empresas, visando aspectos como a redução de resíduos e uso eficiente de recursos para diminuir os impactos ambientais gerados pela indústria. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta de gestão ambiental que auxilia na determinação do impacto causado ao meio ambiente durante o processo de fabricação de um produto. Neste estudo, a metodologia ACV foi aplicada em um item do setor moveleiro do Planalto Norte Catarinense, com o objetivo avaliar a aplicabilidade dos métodos na análise do inventário do ciclo de vida nas indústrias de móveis. Os resultados obtidos através da utilização do *software* SimaPro quantificaram o impacto ambiental total em diversos aspectos da natureza, bem como a emissão de gases responsáveis pelo aquecimento global gerados durante o ciclo de vida do berço ao portão - “*cradle to gate*” do produto. Uma comparação entre as metodologias de cálculo de impacto ReCiPe, CML e ILCD foi realizada para avaliar a padronização das mesmas, e demonstrou a divergência de resultados para algumas categorias, alertando para a necessidade de critérios rigorosos de escolha.

Palavras-chave: Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Gestão Ambiental. Metodologias ACV.

¹ Graduada em Engenharia de Produção, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). E-mail: luciana_stradioto@hotmail.com

² Mestrando em Engenharia de Produção (UFSC). Engenheiro de Produção (UNISUL 2019). E-mail: nicollas_schweitzer@hotmail.com

³ Professora. Doutora em Engenharia de Produção (UFSC, 2002), Mestre em Engenharia de Produção (UFSC,1996). Licenciada em Química/UFSC (1987), Engenheira Química (UFSC,1993). E-mail: ivete.rossato@unisul.br

⁴ Doutorando em Geografia (UMinho, 2019). Mestre em Agroecossistemas (UFSC, 2006). Especialista em Administração Rural (UNOESC, 1997). Engenheiro Agrônomo (UDESC, 1986). Professor dos Cursos de Ciências Aeronáuticas, Administração, Engenharia Ambiental, do CST em Gestão Ambiental e do Programa de Pós Graduação em Gestão Ambiental da Unisul. E-mail: jairohenkes333@gmail.com

⁵ Professor. Mestre. Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). E-mail: sandro.keine@udesc.br

APPLICABILITY AND COMPARISON OF THE CALCULATION METHODS FOR ASSESSING IMPACT OF THE LIFE CYCLE ON THE FURNITURE INDUSTRY IN BRAZIL

ABSTRACT

The Environmental Management System is indispensable within the industries of all sectors, since the valuation of the process and products that care about the environment are worldwide trends. Studies show the need to integrate environmental management with the companies' manufacturing strategies, aiming at aspects such as waste reduction and efficient use of resources, to reduce the environmental impacts generated by the industry. The Life Cycle Assessment (LCA) is an environmental management tool that assists in the determination of environmental impact generated during the development process of a product or service. In this study, the ACV methodology was applied to a product of the furniture sector of North Plateau of Santa Catarina, with the objective of verifying its applicability in the furniture industry. The results obtained using the SimaPro software quantified the total environmental impact in several aspects of nature, as well as the emission of gases responsible for global warming generated during the cradle to gate life cycle of the product. A comparison between the impact calculation methodologies ReCiPe, CML and ILCD was performed to evaluate the standardization of the same, and demonstrated the divergence of results for some categories, alerting to the need for strict criteria of choice.

Keywords: Life cycle assessment (LCA). Environmental management. Furniture. LCA methods. Comparative LCA.



1 INTRODUÇÃO

O setor moveleiro do Brasil possui participação importante na economia nacional, com faturamento anual aproximado de R\$ 35,74 bilhões em 2019, e por meio da geração de 258,95 mil empregos diretos e indiretos através de 20,7 mil empresas espalhadas pelo país. O Brasil é o 5º maior produtor mundial de móveis, totalizando uma parcela de 3,2% de participação, segundo o Relatório do Setor da Indústria de Móveis no Brasil (ABIMÓVEL, 2019).

De acordo com dados da ABIMÓVEL (2019), o estado de Santa Catarina (SC) é destaque nacional na produção de móveis, considerado o maior exportador e produtor nacional do país em 2019. As indústrias do planalto norte catarinense, contam com grande parcela de exportação, a preocupação com o meio ambiente surgiu como uma oportunidade econômica, e foi incentivada pela ABIMÓVEL -

Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário, com programas como o PROMÓVEL, que busca fortalecer os ideais sustentáveis dentro das empresas, objetivando a sensibilização ISO 14000 e o “Selo Verde” (KEIL, 2012).

Para eliminar as interações negativas entre a indústria e meio ambiente, foi concebida a norma ABNT NBR ISO 14001 que estabelece o Sistema de Gestão Ambiental com requisitos e orientações para auxiliar as organizações a controlar os impactos ambientais, considerando uma perspectiva de ciclo de vida para então evitar, reduzir e controlá-los, a fim de analisar seu desempenho ambiental e reduzir os impactos por ele causados (ABNT, 2015).

Avaliação do Ciclo de Vida- ACV é um dos mais importantes métodos de avaliação ambiental, por fornecer análises aprofundadas sobre o real impacto dos produtos e ações industriais no meio ambiente (KLÖPFFER; GRAHL, 2014). Essa metodologia é aplicada neste trabalho evidenciando a indústria moveleira, por ser o Brasil o sexto maior fabricante mundial de painéis de madeira e sétimo maior exportador em quantidade (FAOSTAT, 2016).

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo geral avaliar a aplicabilidade dos métodos na análise do inventário do ciclo de vida das indústrias de móveis nacional. Como objetivos específicos: Avaliar as metodologias e softwares existentes; e analisar e comparar resultados obtidos utilizando diferentes método.



2 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA - ACV

A ACV é um método padronizado pela norma ABNT NBR ISO 14040 e responsável por indicar os impactos ambientais presentes durante as fases da produção de um produto (CHEHEBE, 1998). A ACV pode apresentar variações quanto às suas fronteiras de estudo: quando considera todo o ciclo do produto é denominada “cradle to grave”- do berço à cova, quando o estudo é parcial e não considera o uso e disposição final chama-se “cradle to gate” – do berço ao portão (MUTHU, 2015).

2.1 FASES DA ACV

Segundo a norma ABNT NBR ISO 14040 (2009), a ACV é composta por 4 fases fundamentais, sendo:

- Definição de objetivo e escopo, deve estar coerente a aplicação pretendida, o sistema do produto e suas fronteiras. Quais tipos de impactos serão

avaliados, qual interpretação será utilizada e as limitações da ferramenta (ABNT, 2009);

- Análise de inventário, coleta dos dados das emissões que ocorrem durante o ciclo (LINKOSALM; ALMEIDA, 2016);
- Avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV) do produto, consiste em três elementos: executar a seleção das categorias de impacto; atribuir os dados coletados no inventário às categorias de impacto correspondentes; calcular os resultados dos indicadores; Interpretação relaciona todas as outras fases, devendo esclarecer: aspectos importantes identificados nos resultados das fases de ICV e AICV, avaliação do estudo, conclusões, limitações e recomendações (ABNT, 2009).

2.2 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO DO CICLO DE VIDA (AICV) E SOFTWARES UTILIZADOS

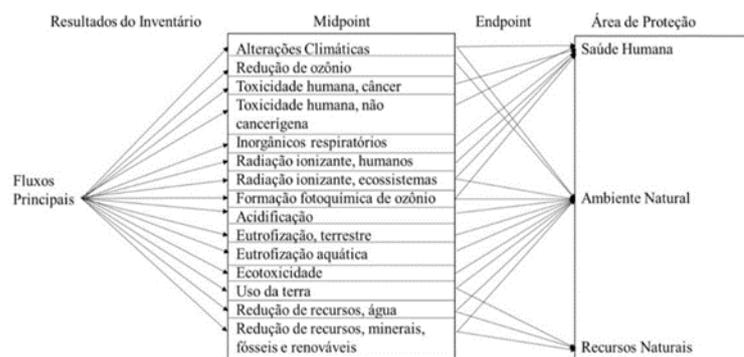
Os métodos de avaliação são utilizados durante a terceira etapa da ACV, ou seja, após determinadas as categorias de impacto que serão avaliadas, as ferramentas de cálculo são empregadas para mensurá-las. Podem ser classificadas em ponto médio (midpoint) ou ponto final (endpoint) (PIEKARSKI, 2013).

Segundo Cavalett et al. (2013), nos métodos midpoint, todas as substâncias identificadas durante o inventário são ligadas adequadamente às categorias de impacto, e quantificadas de acordo com suas características de efeitos no meio ambiente, desconsiderando, porém, as consequências finais na via ambiental das emissões.

A modelagem endpoint consiste em caracterizar a gravidade, ou consequências, das categorias de impactos midpoint, nas áreas de proteção finais, que são a saúde humana, ambiente natural e recursos naturais.

Enquanto o método midpoint é orientado ao problema, o endpoint é orientado aos danos (CAVALETT et al., 2013). Exemplos de impactos quantificados no método midpoint e da caracterização endpoint estão descritos na Figura 1.

Figura 1 – Diferenças entre métodos midpoint e endpoint.



Fonte: Fonte: Elaborado pelos autores (2020), adaptado de HAUSCHILD et al., (2013).

Mendes et al. (2015) apontam alguns dos métodos utilizados para a realização da AICV: Ecological Scarcity, EDIP, TRACI, CML, ReCiPe, Eco-indicator 99, Impact 2002+, EPS 2000, LUCAS, LIME, USEtox e IMPACT World+. Grande parte destes métodos foram desenvolvidos na Europa, com exceção apenas do LIME, desenvolvido no Japão, LUCAS e TRACI que possuem origem na América do Norte, além do USEtox e IMPACT World+ desenvolvidos por pesquisadores internacionais, evidenciando assim uma lacuna de métodos desenvolvidos na América do Sul, o que justifica a falta de procedimentos de caracterização para utilização nas ACV's no Brasil.



Piekarski et al. (2012) indicam que, por este motivo, o uso de múltiplas metodologias pode ser empregado durante a realização da AICV. O mesmo autor constatou que os estudos realizados na indústria moveleira no Brasil, os métodos mais utilizados, entre os anos de 2007 e 2013 foram o EcoIndicador 99 (endpoint) e o CML (midpoint), sendo aplicados em mesma quantidade de trabalhos.

Estes métodos contêm as categorias de impacto ambiental, os modelos de caracterização e os indicadores por categoria. Podem ser disponibilizadas através de softwares específicos de ACV, o que facilita o manuseio dos métodos, os cálculos, o fornecimento dos indicadores de maneira mais confiável e simplificada (SILVA; VARANDA; et al., 2013).

Segundo Martínez et al. (2015), a escolha de uma ferramenta de software AICV, bem como sua metodologia, pode ser feita de forma simples e rápida, quando se optar apenas pelos padrões pré-selecionados nos softwares que geram os impactos ambientais.

É importante destacar que cada software utiliza métodos de AICV e categorias de impactos diferentes, o que pode levar a resultados distintos. Em seus estudos,

determina que o CML e Eco-indicator 99, são as ferramentas que apresentam maior robustez nos resultados e por isso, indica seu uso.

Já Cherubini e Ribeiro (2015) ressaltam que a tendência mundial nos estudos ACV está voltada para a utilização dos softwares SimaPro, GaBi Software, Umberto e OpenLCA. Também destacam que as metodologias mais aplicadas nos projetos de AICV no Brasil e na Europa são majoritariamente europeias, tais como: CMILIA, ILCD 2011 e EDIP 2003 em nível midpoint, Ecological Scarcity 2013 em nível endpoint, e ReCiPe, midpoint e endpoint.

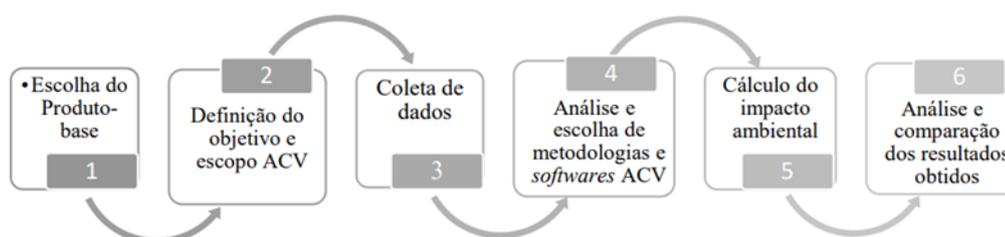
3 METODOLOGIA

De acordo com os modelos e métodos de pesquisas existentes, este trabalho apresenta caráter dedutivo, qualitativo e quantitativo e foi realizado um procedimento de pesquisa bibliográfica.

Quanto à natureza, segundo Gil (2008) o método dedutivo é aquele que parte de uma visão generalizada e busca particularizá-la, partindo de premissas verdadeiras chegando a conclusões de maneira formal, ou seja, em virtude de sua lógica e com objetivo exploratório. Quanto à abordagem, trata-se de uma pesquisa qualitativa, a qual tem como objetivo aprofundar a compreensão do conhecimento, partindo do pressuposto de que os métodos e teorias existentes devem ser adequados ao objeto de estudo (GIBBS, 2009).

A ACV foi executando, seguindo as etapas, conforme ilustra a Figura 2, e as ações prosseguiram conforme descritas a seguir.

Figura 2 – Etapas para desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

3.1 ESCOLHA DO PRODUTO BASE

O produto-base escolhido para esta pesquisa foi o móvel cômoda, conforme ilustra a figura 3, dentre as opções de mobiliário doméstico, buscou-se um móvel

constituído parcialmente de MDF e que estivesse presente na produção da maioria das empresas do ramo.

Figura 3 – Imagem ilustrativa do móvel cômoda.



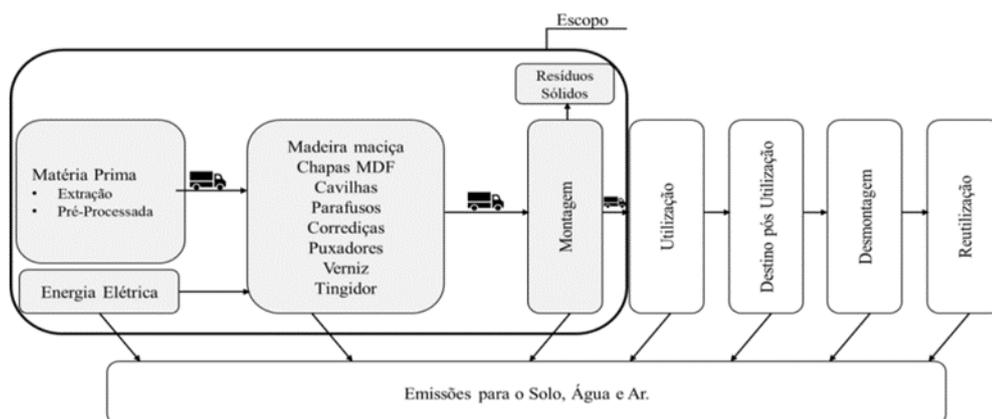
Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

3.2 DEFINIÇÃO DA PESQUISA E ESCOPO ACV

A definição do objetivo e escopo da ACV seguiu os princípios definidos na norma ABNT NBR ISO 14040. O estudo ACV visa determinar o impacto ambiental do processo produtivo de uma cômoda e posterior confronto dos dados obtidos, com os existentes na literatura, para evidenciar a confiabilidade das análises.

O Escopo definido é classificado como “cradle to gate”, ou seja, “do berço ao portão”, pois abrange o início do processo através do fluxo de matérias primas utilizadas na produção do móvel, energias dispendidas na produção, transportes envolvidos, montagem, resíduos gerados e termina no envio da mobília pronta para utilização. Os demais estágios do ciclo de vida do móvel não serão abordados neste estudo, por limitações relativas ao tempo necessário para execução do estudo ACV “cradle to cave”. Os limites do sistema estão apresentados na Figura 4.

Figura 4 – Fronteiras do Sistema.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

3.3 COLETA DOS DADOS

A coleta de dados na ACV é conhecida também como etapa de inventário de ciclo de vida do produto (ICV). O inventário foi obtido através de formulário internos da empresa da região do Planalto Norte Catarinense.

Segundo Chehebe (2014), a referência interna é uma das principais fontes de informação para quantificar o processo. Os formulários foram enviados para cinco diferentes empresas da região.

3.4 ANÁLISE E ESCOLHAS DE METODOLOGIAS E SOFTWARES ACV

A escolha da metodologia de cálculo, baseou-se no levantamento e análise dos trabalhos ACV em relação ao setor moveleiro, onde definiu-se pela metodologia ReCiPe - Midpoint.

3.5 CÁLCULO DO IMPACTO AMBIENTAL

O cálculo do impacto ambiental foi realizado através do software SimaPro, utilizando a base de dados Ecoinvent 3. As bases de dados do software apresentam um conjunto extenso de materiais, processos, tipos de resíduo, transporte, entre outros, que foram utilizados para criar o projeto ACV da cômoda.

O processo consistiu em adicionar ao sistema os componentes do móvel, com as respectivas matérias primas, quantidades em massa, distância de transporte e resíduos gerados. Para realizar os cálculos, utilizou-se o método ReCiPe World-Midpoint (H), o qual aponta os resultados para 18 categorias de impacto.



4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 RESULTADO DO INVENTÁRIO

Os dados coletados para realizar a ACV, estão os componentes de entrada, matérias primas e a cidade de origem dos recursos, conforme ilustra a Figura 5.

Figura 5 – Composição da Cômoda.

Materiais	Descrição	Origem
Madeira Maciça	Caxeta (<i>Simarouba Amara</i>)	Rondônia
Chapa MDF	MDF Laminado Amapá	Rio Negrinho
Cavilha	Pinus	Rio Negrinho
Tingidor	Glascor – madeira - diversos tons- Solventes aromáticos, acetatos e corantes	São Bento do Sul
Verniz	Glascor - acabamento acetinado - Resinas alquídicas, solventes e aditivos, livre de metais pesados	São Bento do Sul
Cola	D2, cola convencional, branca	Rio Negrinho
Puxador	Material Zamac	Rio Negrinho
Parafuso	Material Aço Carbono zincado - Sextavado com ponta	China
Corrediça	Material Aço Relaminado 1,2 mm, acabamento Zinco eletrolítico - Telescópica 300 mm	China
Papelão	Reciclado -Onda Dupla	São Bento do Sul
Filme Strech	Plástico	Rio Negrinho
Isomanta	Plástico	Rio Negrinho

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Os materiais e processos foram alocados no software SimaPro, apresentando seus correspondentes dentro da base de dados Ecoinvent 3. O material Madeira maciça sofreu adaptações quanto à sua matéria-prima Caxeta, sendo substituído pelo Pinus, como uma opção, dentro da base de dados, que representa a realidade do cenário brasileiro na produção e extração de madeira. (Figura 6).

Figura 6 – Materiais e processos correspondentes na base de dados.

Material	Material correspondente base de dados Ecoinvent
Verniz	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state
Tingidor	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state
Papelão	Corrugated board box
Chapa MDF	Medium density fiberboard
Filme Strech e Isomanta	Packaging film, low density polyethylene
Madeira Maciça e Cavilha	Sawnwood, Parana pine (Adaptado)
Parafuso e Corrediça	Steel, low-alloyed
Cola	Vinyl acetate
Puxador	Zinc
Processo	Processo correspondente base de dados SimaPro
Transporte Cavilha Cola, Verniz e Tingidor	Transport, freight, light commercial vehicle
Transporte Madeira maciça, chapa MDF	Transport, freight, lorry >32 metric ton
Transporte Embalagem e Puxador	Transport, freight, lorry 3.5-7.5 metric ton
Transporte Parafuso e Corrediça	Transport, freight, sea, transoceanic ship
Transporte final Cômoda	Transport, freight, lorry >32 metric ton
Processamento	Electricity, medium voltage {BR}

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Sobre as alocações de matéria prima, é importante destacar que a inexistência de uma base de dados brasileira faz com que os dados sejam obtidos para um contexto global e não nacional, que seria o ideal. Os dados relativos ao processo de montagem da cômoda foram estimados, segundo apontamentos e estatísticas de relatórios existentes no controle de processos e produção da empresa. A Figura 7 demonstra a separação dos grupos quanto às suas matérias-primas e os valores inseridos, conforme a coleta de dados.

Figura 7 – Entradas e Saídas do Processo.

Entradas	Descrição Fornecida	Peso	Unidade	Transporte	Unidade
Produtos à Base de Madeira					
Madeira Maciça	0,051 m ³	40,80	kg	3050	km
Chapa MDF	15mm - 1m ² 4mm - 2m ²	16,40	kg	15	km
Cavilha	40 unidades	0,22	kg	2	km
Produtos Químicos					
Tingidor	0,25 litros	0,20	kg	20	km
Verniz	0,30 litros	0,25	kg	20	km
Cola	0,05 litros	0,05	kg	5	km
Componentes metálicos					
Puxador	6 unidades	0,90	kg	10	km
Parafuso	30 unidades	0,80	kg	16.000	km
Corrediça	6 unidades	1,20	kg	16.000	km
Embalagem					
Papelão	-	1,20	kg	20	km
Filme Strech	-	0,10	kg	10	km
Isomanta	-	0,05	kg	10	km
Processamento					
Energia	-	0,80	h	-	-
		6,00	Kwh	-	-
Saídas					
Cômoda	1 unidade	60,82	kg	550	km
Resíduo Industrial	-	4,00	kg	-	-

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

4.2 RESULTADO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

4.2.1 Avaliação de impacto geral

A avaliação do impacto ambiental através da ACV permitiu quantificar os danos causados durante a fabricação de uma unidade do móvel cômoda, em diversos aspectos da natureza. A partir dos resultados, descritos na Figura 8, identificou-se que os maiores valores foram obtidos nas categorias: ocupação de terras agrícolas, mudança climática, toxicidade humana, escassez fóssil, escassez de metais e radiação ionizante. Estes itens são discutidos a seguir.

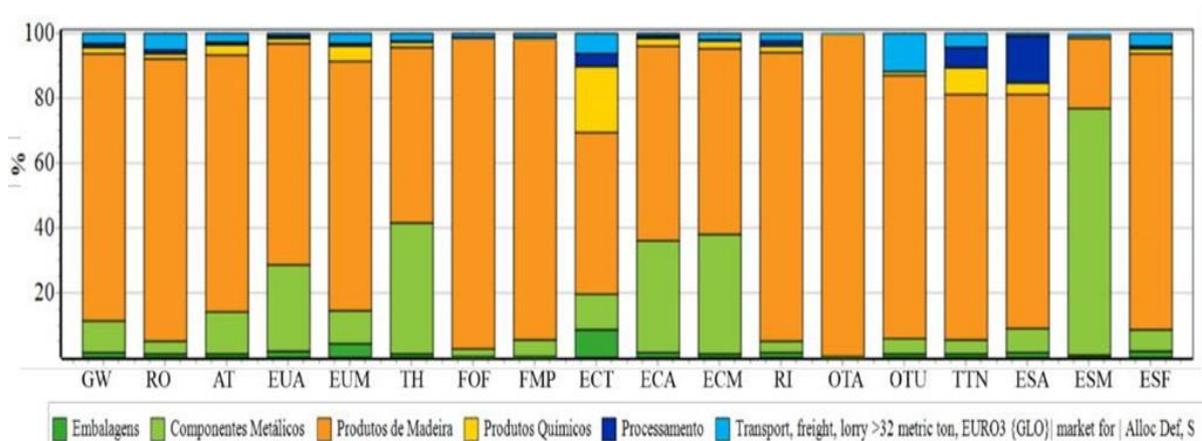
Figura 8 – Resultado de Alterações Climáticas, destaque para os 6 maiores valores – kgCO₂eq.

Categoria de impacto	Unidade	Total
Ocupação de terras agrícolas (OTA)	m²	601,8292
Mudanças Climáticas (GW- Global Warming)	kg CO₂ eq	95,1802
Toxicidade humana (TH)	kg 1,4-DB eq	46,1456
Escassez fóssil (ESF)	kg oil eq	30,0301
Escassez de metal (ESM)	kg Fe eq	14,6881
Radiação ionizante (RI)	kBq U235 eq	10,1817
Ocupação de terras urbanas (OTU)	m ² a	2,5505
Formação de oxidantes fotoquímicos (FOF)	kg NMVOC	1,9761
Ecotoxicidade marinha (ECM)	kg 1,4-DB eq	1,1710
Ecotoxicidade de água doce (ECA)	kg 1,4-DB eq	1,1222
Escassez de água (ESA)	m ³	1,0558
Formação de material particulado (FMP)	kg PM10 eq	0,8034
Acidificação terrestre (AT)	kg SO ₂ eq	0,5577
Eutrofização de água doce (EUA)	kg P eq	0,0375
Transformação de terras naturais (TTN)	m ²	0,0297
Ecotoxicidade terrestre (ECT)	kg 1,4-DB eq	0,0294
Eutrofização marinha (EUM)	kg N eq	0,0290
Redução de ozônio (RO)	kg CFC-11 eq	1,1270E-05

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

O Gráfico 1 estratifica os processos por categoria de impacto, onde é possível visualizar a predominância dos produtos de madeira e componentes metálicos como sendo os responsáveis pelos maiores níveis de impacto nos diversos fatores ambientais.

Gráfico 1 – Avaliação do impacto geral.

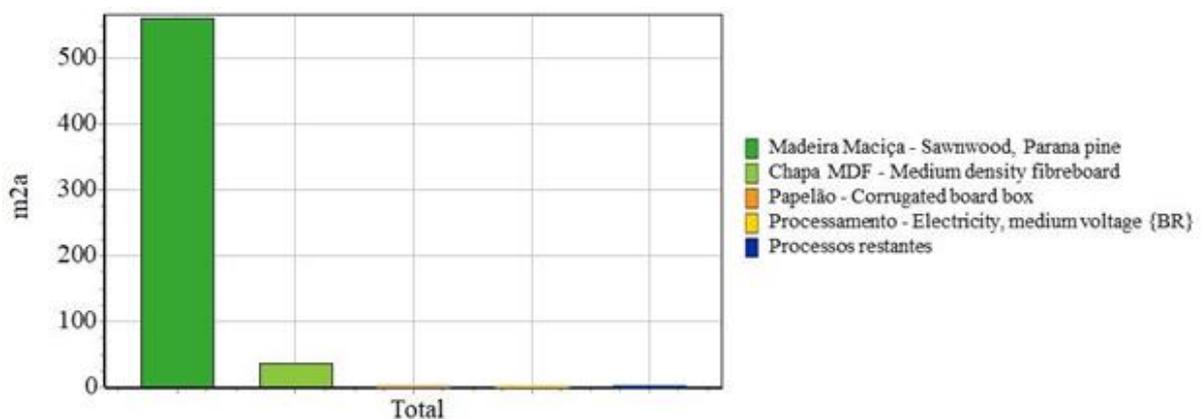


Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Pode-se observar, através do Gráfico 1, que para 18 categorias descritas nesta seção, 17 indicaram os produtos à base de madeira como maiores contribuintes no impacto ambiental. Este resultado também foi apresentado por González et al. (2012), na ACV “cradle to gate” de móveis infantis, onde os produtos de madeira apresentaram os índices dominantes em todas as categorias analisadas.

A OTA (Ocupação de terras agrícolas) é caracterizada a partir do uso da terra para plantio florestal, o qual altera a cobertura da terra e intensifica seu uso, causando perda do habitat natural e alterações no solo, este uso potencialmente gera o desaparecimento de espécies e causa danos ao ecossistema. Considerando estes fatos, o resultado demonstrado no Gráfico 2, comprova a degradação ambiental, visto que os produtos à base de madeira representaram praticamente a totalidade do índice, com 601,8 m² de áreas de plantações florestais para uso industrial.

Gráfico 2 – Impacto em ocupação de terras agrícolas.

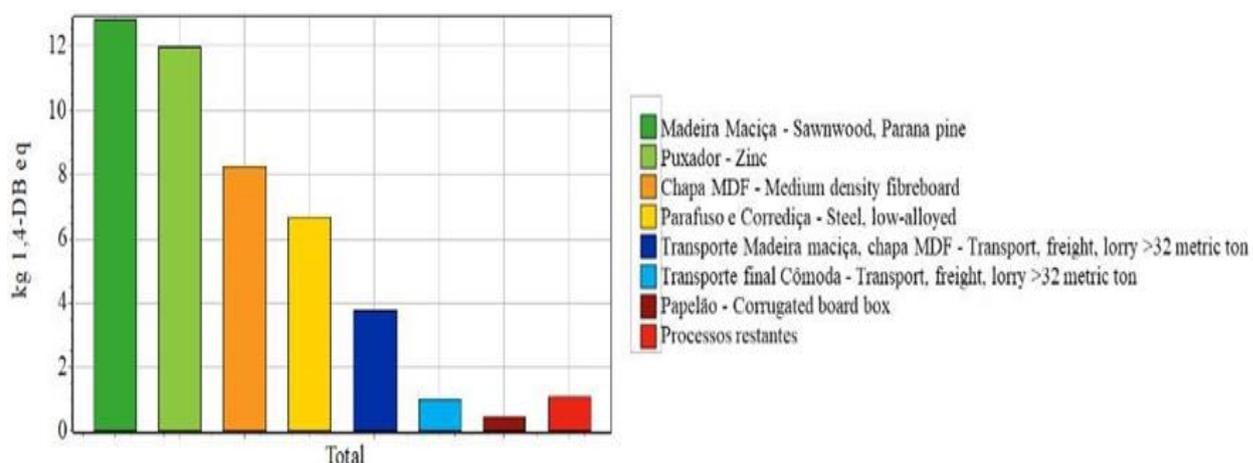


Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A categoria de toxicidade humana caracteriza a influência da destinação, exposição e efeito tóxicos de diversas substâncias químicas à saúde do homem. Constatou-se que os produtos de madeira e os componentes metálicos contribuíram em grande parte nesta categoria, totalizando 54% e 41%, respectivamente, do total do impacto gerado.

Este resultado é mostrado no Gráfico 3 e está associado às substâncias tóxicas geradas durante o processamento destes materiais, bem como a emissão e acúmulo destas substâncias no ar e solo, que podem ocasionar prejuízos à saúde do homem.

Gráfico 3 – Impacto em toxicidade humana.

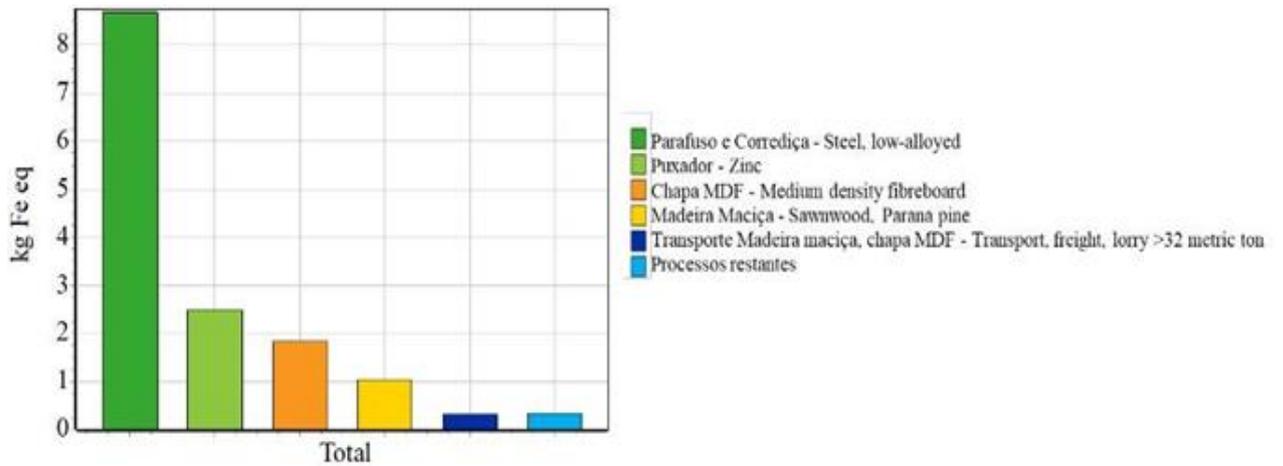


Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

A escassez fóssil e escassez de metal descrevem o impacto quanto à extração, em quilogramas de combustíveis fósseis e minerais metálicos da natureza, com base nas reservas de concentração existentes e considerando a provável insuficiência destas matérias-primas para as gerações futuras.

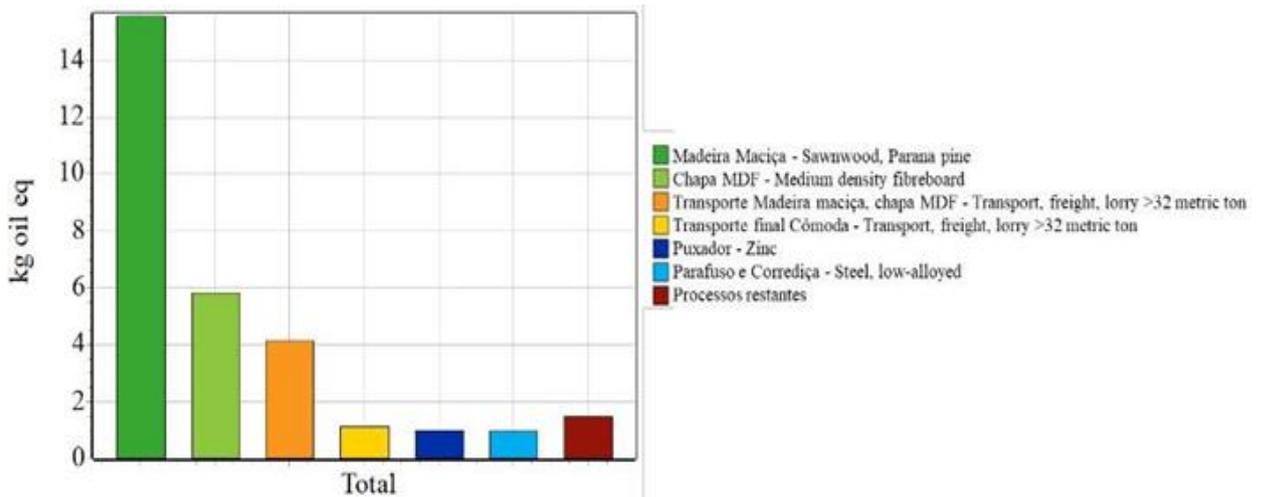
Sendo assim, os componentes de aço e zinco geram os maiores índices relacionados à escassez de metais. Já para a escassez fóssil, os produtos à base de madeira somaram 85% do total, seguido dos transportes, que também utilizam os combustíveis fósseis durante os processos. Os Gráficos 4 e 5 caracterizam estas duas categorias.

Gráfico 4 – Impacto em escassez de metais.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

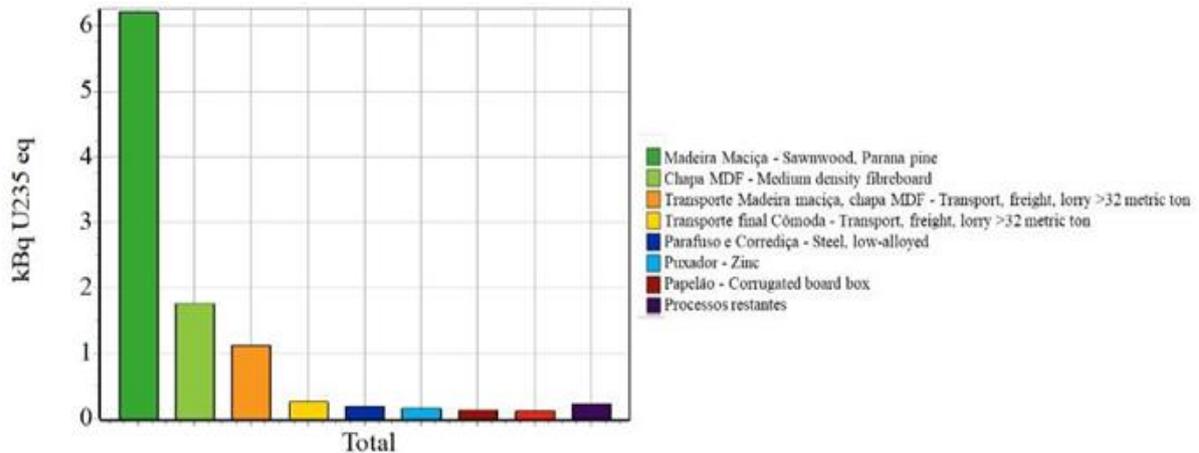
Gráfico 5 – Impacto em escassez fóssil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Por fim, a RI (Radiação Ionizante) representa o nível de exposição humana à substâncias que liberam radiação, em quilogramas de Urânio-235 equivalentes. Nos resultados, exibidos no Gráfico 6, notou-se que os produtos à base de madeira apresentaram o maior valor, visto que a metodologia de cálculo ReCiPe leva em consideração os níveis de Carbono-14 presente nas árvores.

Gráfico 6 – Impacto em radiação ionizante.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Keil (2012) utilizou a ferramenta: “Simplified LCA Ecoindicator Tool for Furniture Sector” para o cálculo do impacto de diversas cômodas e obteve resultados diferentes para os produtos à base de madeira, uma vez que no estudo realizado pela autora, o MDF apresentou maior impacto, seguido pelos aglomerados e por fim a madeira maciça. Quanto aos componentes metálicos, os resultados estão de acordo, justificando que quanto maior a quantidade utilizada, maior o dano ambiental.

Assim como neste estudo, para Keil (2012), o processamento do material (energia elétrica utilizada) não caracterizou grandes índices de impacto, quando comparado aos outros materiais e processos.

4.2.2 Contribuição dos processos de produção nas mudanças climáticas

A Figura 9 apresenta os índices de impacto ambiental relativos à categoria de Mudança Climática (aquecimento global), os resultados são apresentados em quilogramas de dióxido de carbono equivalentes (kgCO₂eq), que quantificam a emissão de gases de efeito estufa durante as etapas envolvidas na produção da cômoda.

Figura 9 – Resultado Mudança Climática – kgCO₂eq.

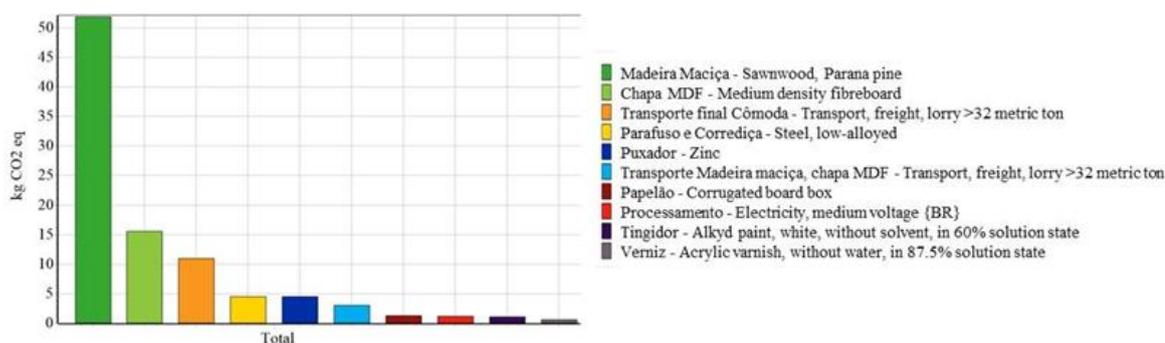
Material/ Processo	kg CO ₂ eq	%
Madeira maciça - Sawnwood, Parana pine	51,86	54,48%
Chapa MDF - Medium Density Fiberboard	15,57	16,36%
Transporte final cômoda - Transport, freight, lorry >32 metric ton	10,92	11,48%
Parafuso e Corrediça - Steel, low-alloyed	4,49	4,72%
Puxador - Zinc	4,48	4,70%
Transporte Madeira maciça, chapa MDF - Transport, freight, lorry >32 metric ton	3,00	3,15%
Papelão - Corrugated board box	1,28	1,34%
Processamento - Electricity, medium voltage {BR}	1,14	1,20%
Tingidor - Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state	1,12	1,18%
Verniz - Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state	0,54	0,57%

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Verificou-se que os materiais e processos utilizados na fabricação de uma cômoda geram, no total, 95,18 kgCO₂eq para o meio ambiente, originados em sua maioria por 3 grupos: produtos à base de madeira, transporte e componentes metálicos, que juntos totalizaram 90,32 kgCO₂eq. Estes resultados podem ser visualizados e avaliados através do Gráfico 7.



Gráfico 7 – Resultado Mudança Climática – kgCO₂eq.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Os produtos à base de madeira: chapas de madeira maciça (51,86 kgCO₂eq) e chapas MDF (15,57 kgCO₂eq), equivalem a 71% do índice total. Em seguida, o transporte (final e intermediário) contribui com 13,92 kgCO₂eq, fator associado à utilização de combustíveis fósseis nos caminhões que realizam as entregas dos materiais e consequente emissão do gás dióxido de carbono durante os processos de deslocamento. Os componentes metálicos geram 8,97 kgCO₂eq.

Para Linkosalmi et al. (2019), em um armário de escritório, os materiais de madeira também são responsáveis pela maior parte da emissão dos gases de efeito estufa, enquanto para González et al. (2012) a maior influência em um playground modular derivou do transporte dos produtos à base de madeira. A divergência nestes resultados está relacionada às quantidades de matéria-prima utilizada em cada processo e produto, assim como ao transporte, que tem distâncias diferentes para cada empresa, visto que os fornecedores não são os mesmos.

Em geral, para a categoria do Aquecimento Global, há uma padronização quanto aos cálculos visto que a maioria deles estão baseados no Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change), logo, os trabalhos existentes na literatura apresentam resultados muito próximos para a emissão dos gases de efeito estufa através dos móveis.

Segundo Medeiros et al. (2017), os estudos recentes de ACV a nível “cradle to gate” em móveis, resultaram em valores de kgCO₂eq/kg de produto entre 0,43 e 4,84, conforme mostra a Figura 10. No presente estudo, a quantidade de dióxido de carbono emitido pelo peso total do produto foi igual a 1,56, demonstrando resultado coerente aos relacionados na literatura.

Figura 10 – Comparação de resultados de kgCO₂eq/kg de produto em estudos ACV recentes



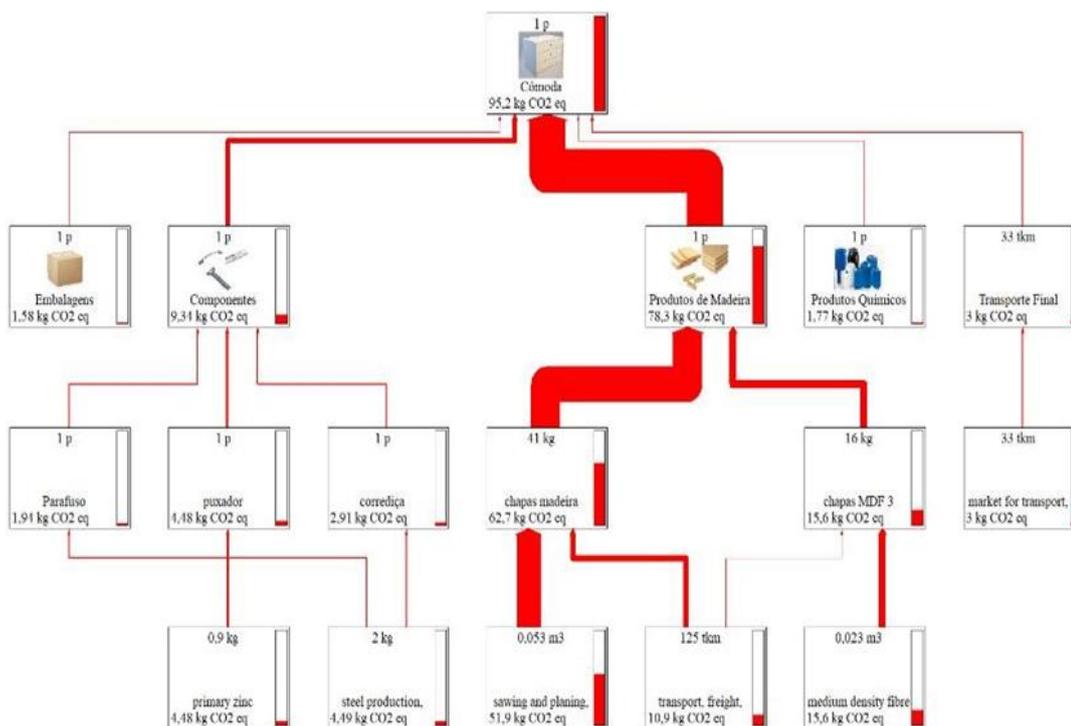
Autor	Produto	Limite Do Sistema	kgCO ₂ eq / kg total produto
González-García et al. (2011)	Diversos móveis	<i>Cradle to gate</i> da produção	0.43–4.84
González-García et al. (2012a)	Playground modular de madeira	<i>Cradle to gate</i> do cliente	1.40
González-García et al. (2012b)	Móveis infantis	<i>Cradle to gate</i> do cliente	0.95
Iritani et al. (2015)	Guarda-roupas	<i>Cradle to gate</i> do cliente	1.13
Linkosalmi et al. (2016)	Diversos móveis	<i>Cradle to gate</i> da produção	1.49 - 4.03
Medeiros et al. (2017)	Armário de escritório	<i>Cradle to gate</i> da produção	0,73 - 2,58

Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Nota-se que mesmo que ocorram variações quanto à quantidade de material utilizado em cada produto (madeira maciça, MDF, HDF, entre outros), os índices totais de Aquecimento Global estão associados ao peso do produto, móveis mais pesados possuem valores de impacto mais elevados. Porém, quando se considera a razão entre o índice total e o peso do material, observa-se que os resultados convergem para uma faixa de valores comum a todos os trabalhos, como demonstrou a Figura 10.

O Fluxograma do processo demonstra, conforme a Figura 11, a distribuição das quantidades de kgCO₂eq através da cadeia de materiais e processos, desde os fluxos de entrada até a saída do móvel cômoda. Os destaques em vermelho são relativos aos materiais e processos que apresentaram os índices mais significativos ao impacto ambiental.

Figura 11 – Fluxograma de distribuição dos índices de mudança climática.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

4.3 COMPARAÇÃO DE METODOLOGIA

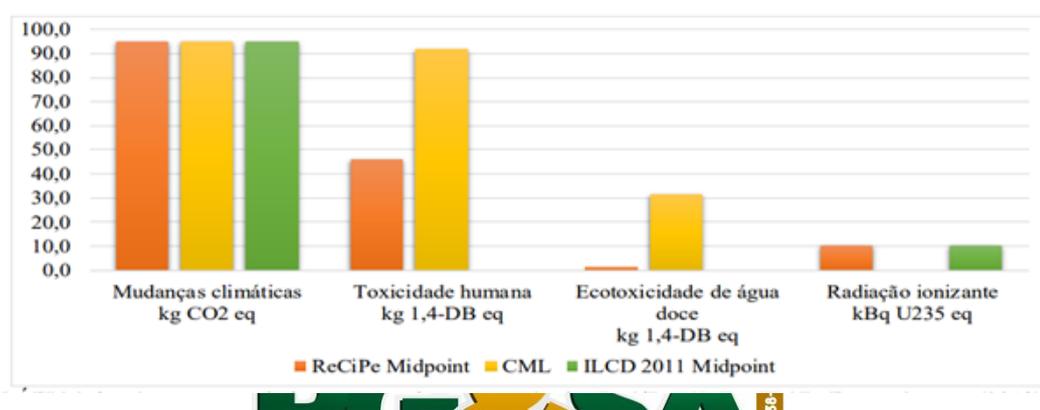
4.3.1 Comparação geral

A partir da avaliação do ciclo de vida da cômoda utilizando o método ReCiPe, foi possível correlacionar os resultados com outras duas metodologias de cálculo (ILCD e CML), visando evidenciar a padronização e correlação entre os indicadores.

Durante a análise dos resultados, observou-se que algumas categorias dos métodos ILCD e CML apresentavam os resultados em unidades distintas, logo, a comparação foi realizada apenas para aquelas que possuíam as mesmas unidades de medida utilizadas no método ReCiPe. Sendo assim, dentre as dezoito categorias de impacto ambiental apontadas pelo ReCiPe, nove foram abordadas nesta seção.

Os Gráficos 8 e 9 apresentam uma visão geral de comparação entre os resultados totais obtidos para cada categoria e método. O Gráfico 8 demonstra as categorias que possuem maior valor de impacto (escala em kg): mudanças climáticas, toxicidade humana, ecotoxicidade de água doce e radiação ionizante. Nota-se que resultados muito semelhantes foram obtidos em “Mudanças climáticas” e “Radiação ionizante”, entretanto os valores de toxicidade humana e ecotoxicidade da água, resultados da comparação entre ReCiPe e CML apresentaram diferenças mais significativas.

Gráfico 8 – Comparação do impacto geral entre os métodos ReCiPe, CML e ILCD.

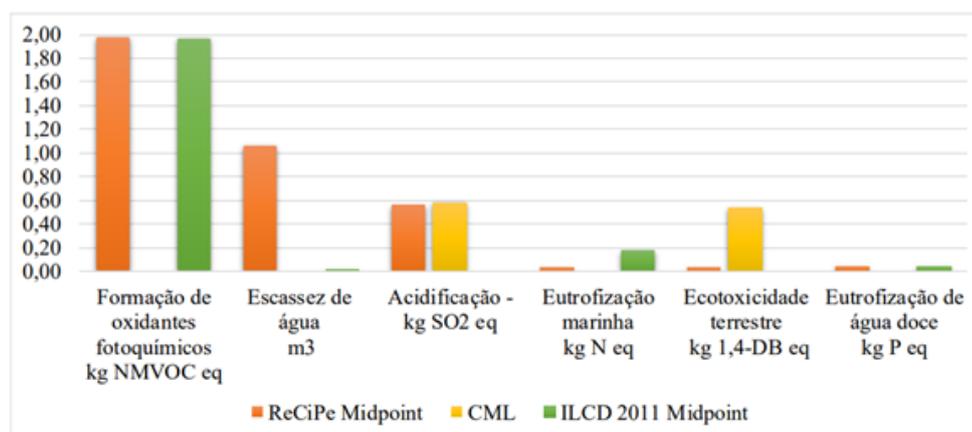


Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

REVISTA Gestão & Sustentabilidade Ambiental

As demais categorias, cujo peso do impacto total apresenta índices de 0 a 2,5 kg, estão exibidas no Gráfico 9. Através deste gráfico é possível identificar a diferença de valores para as categorias: “Escassez de água”, “Eutrofização marinha” e “Ecotoxicidade terrestre”.

Gráfico 9 – Comparação do impacto geral entre os métodos ReCiPe, CML e ILCD.



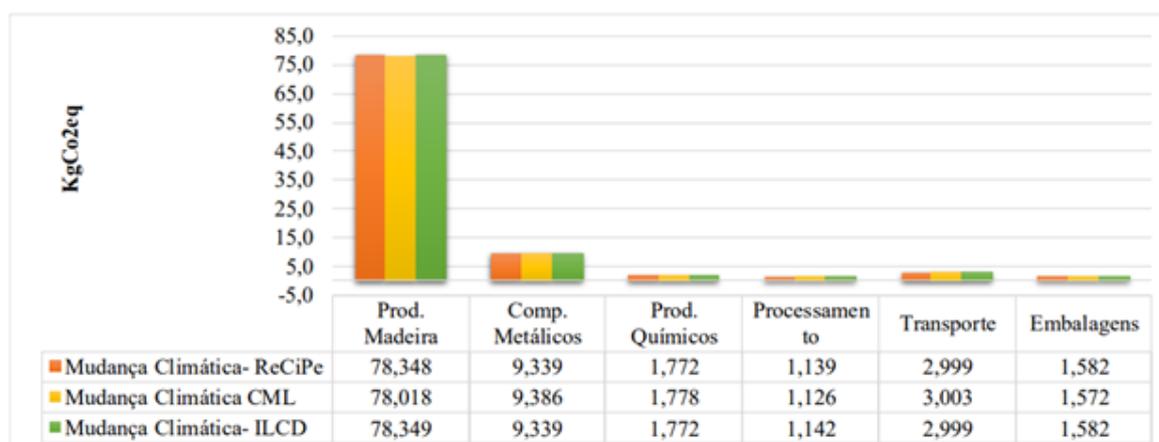
Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

4.3.2 COMPARAÇÃO DETALHADA

A comparação detalhada foi realizada para as categorias: Mudança Climática, Toxicidade Humana, Acidificação Terrestre, Escassez de Água e Ecotoxicidade Terrestre, levando em consideração os maiores valores de impacto e discordâncias de resultado.

Os resultados da comparação realizada entre os métodos ILCD, CML e ReCiPe, para a categoria de impacto “Mudança Climática” são apresentados no Gráfico 10. Como pode-se observar, as diferenças encontradas foram irrelevantes, nos três métodos as quantidades de CO₂eq obtiveram valores similares, este fator pode estar associado ao fato que todos os métodos utilizam o modelo de caracterização baseado no IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima).

Gráfico 10 – Comparativo mudança climática entre os métodos ReCiPe, CML e ILCD.



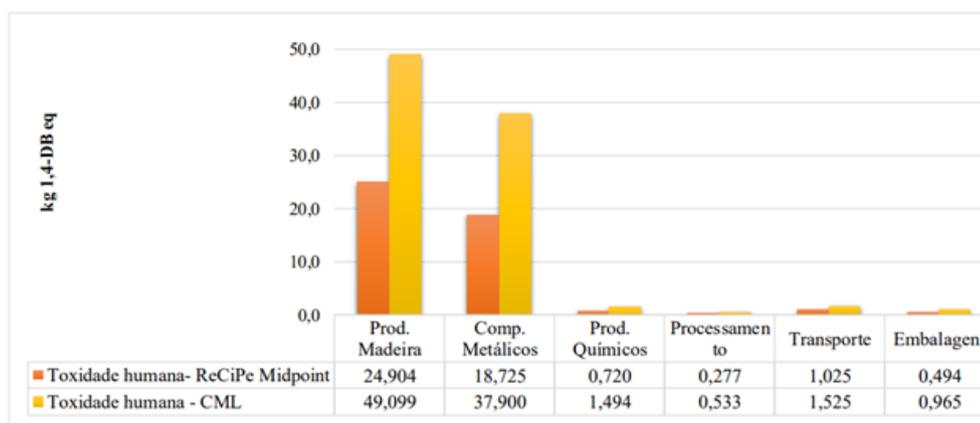
Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Hauschild et al. (2013), classificam os resultados dos métodos que se baseiam no IPCC como level I, ou seja, recomendados e satisfatórios. Porém indicam que é preferível o uso de uma linha do tempo de 500 anos, e não apenas 100, como é o caso das metodologias ReCiPe, CML e ILCD utilizadas.

Para os valores obtidos sobre a “Toxicidade Humana” - TH, foram comparados os métodos ReCiPe e CML, em ambos, os resultados são expressos em kg de 1,4-diclorobenzeno, porém os índices apresentaram diferenças. Para os produtos à base de madeira e componentes metálicos os valores tiveram variações

de 49% e 51%, respectivamente. Nos demais indicadores os resultados foram similares e estão identificados no Gráfico 11.

Gráfico 11 – Comparativo toxicidade humana entre os métodos ReCiPe e CML.



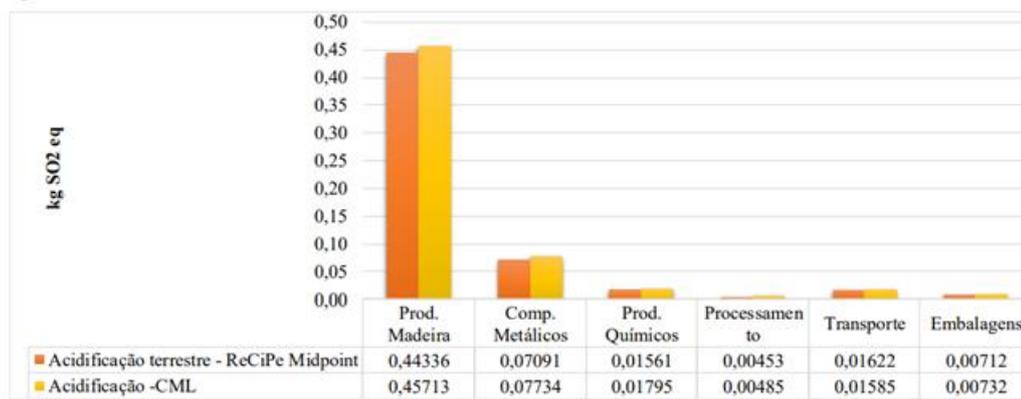
Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

As disparidades encontradas para a categoria TH podem ser justificadas pelo “fator peso” alocado aos materiais em cada um dos métodos, que sofre variação de valor. Neste caso o ReCiPe apontou o Manganês como principal substância para TH, enquanto o CML, classificou que o Cromo possui maior influência sobre os resultados. Notou-se que o valor dos fatores de impacto das substâncias é muito maior no método CML.

Martínez et al. (2015) apontam que, apesar de sua robustez, o método CML pode apresentar inconsistências nesta categoria. Para Hauschild et al. (2013), o USEtox é avaliado como método mais indicado para cálculo de TH.

A categoria ‘Acidificação Terrestre’ é avaliada em quilogramas de dióxido de enxofre equivalentes (kgSO₂eq) destinados ao solo. Os resultados dos métodos ReCiPe e CML apresentaram valores similares, como demonstra o Gráfico 12.

Gráfico 12 – Comparativo acidificação entre os métodos ReCiPe e CML.

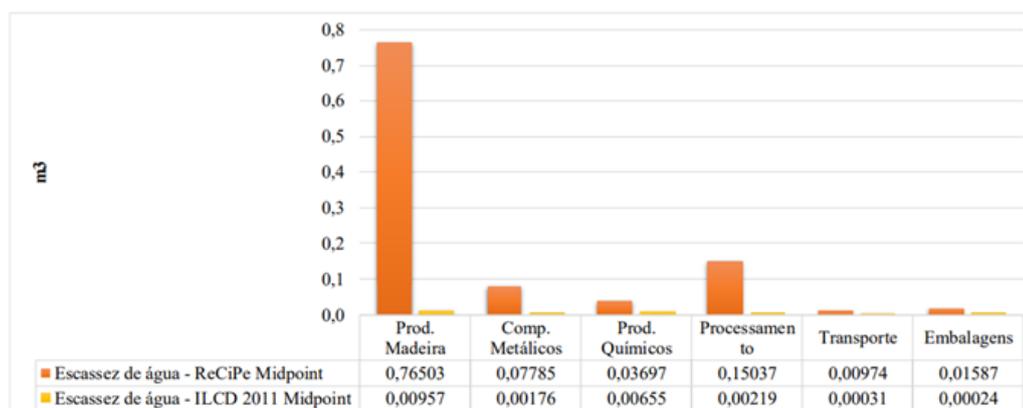


Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Como resultado de discussão verificou-se que ambas metodologias apontaram o dióxido de enxofre, a amônia e os óxidos de nitrogênio como principais substâncias para a caracterização da acidificação, além disso, o fator peso atribuído é semelhante, o que justifica os valores equivalentes para os dois métodos.

O Gráfico 13 apresenta o uso de água, em m³ para cada método (ReCiPe e ILCD). Observou-se que há divergência nos resultados, associada aos índices de necessidade de água que são utilizados por cada método. Sendo que o ReCiPe possui fator global 1 m³ e o ILCD considera um fator global de 0,162 m³.

Gráfico 13 – Comparativo escassez de água entre os métodos ReCiPe e ILCD.

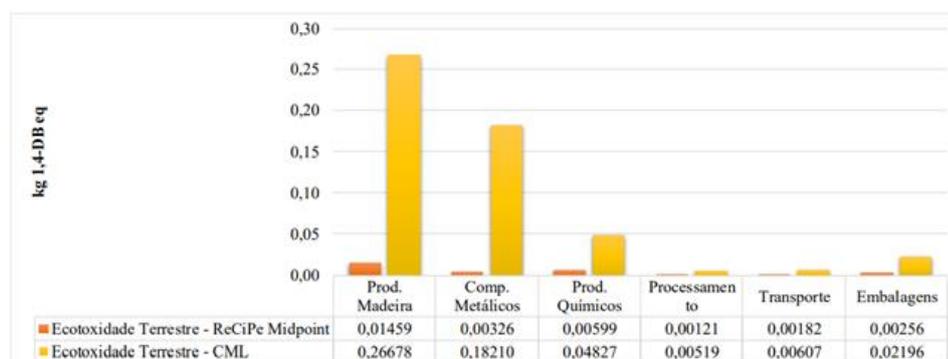


Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Com relação à Ecotoxicidade, os métodos comparados foram ReCiPe e CML, esta categoria é classificada pela unidade de kg1,4DBeq emitidos ao solo. A disparidade dos resultados é evidente, conforme mostra o Gráfico 14, e está associada às substâncias destacadas por cada método. Para o ReCiPe a Cipermetrina apresentou o maior índice, seguida pelo Cobre. Enquanto o CML considera primeiramente o Mercúrio e em segundo lugar, a Cipermetrina. Observou-

se que os fatores de impacto do CML são maiores que os atribuídos no método ReCiPe.

Gráfico 14 – Comparativo ecotoxicidade terrestre entre os métodos ReCiPe e CML.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020).

Os resultados obtidos nesta seção, demonstram que, para algumas categorias, há uma forte relação entre os fatores de caracterização utilizados nos métodos CML e ReCiPe, uma vez que o ReCiPe possui bases de desenvolvimento derivadas do CML. Ainda assim não existe uma padronização quanto ao fator peso e unidades de medida, ou seja, os índices podem apresentar diferenças significativas em determinadas categorias e similaridade em outras, como foi constatado.



O ILCD se difere do ReCiPe e CML, por ser um método constituído com base e referência em diversos outros métodos, que agrupados formam sua composição total. Além disso, as unidades de medidas diferem muito em relação ao ReCiPe e CML, fato que dificulta a comparação entre as metodologias.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do estudo de ciclo de vida berço ao portão - “cradle to gate” de um móvel, foi possível comprovar a aplicabilidade da ferramenta ACV dentro da indústria moveleira, em termos de identificação e quantificação dos impactos ambientais gerados por uma cômoda, atingindo assim, o objetivo geral do trabalho.

Os resultados desta pesquisa conduzem à conclusão de que, para a produção do móvel, as categorias de ocupação de terras agrícolas, mudança climática, toxicidade humana, escassez fóssil, escassez de metais e radiação ionizante, possuem as maiores influências sobre os danos gerados ao meio ambiente. Dentre estas, vale destacar que impactos como a Toxicidade Humana e Radiação Ionizante,

estão diretamente associados à saúde humana e apresentaram valores consideravelmente altos.

Durante a análise dos resultados dentre as categorias, verificou-se que madeira maciça apresentou os maiores índices de impacto na maioria delas, fato que salienta a importância do uso racional dos recursos da natureza e de um manejo sustentável das florestas. Além disso, a extração e processamento da madeira afetam diretamente os índices de aquecimento global, evidenciando a necessidade de práticas sustentáveis nas empresas moveleiras para atenuar os impactos adversos decorrentes.

As mudanças climáticas tiveram destaque neste estudo uma vez que o aquecimento global é assunto de interesse mundial e pauta de discussões em diversos países. O resultado obtido demonstrou que, para a produção de uma unidade de cômoda, são emitidos 91,18 kgCO₂ equivalentes, valores que aumentam no contexto de uma linha de fabricação ou produção mensal. Estas são informações de grande valia ao setor moveleiro uma vez que o cenário nacional, e principalmente o de exportação, exigem rigoroso controle dos impactos ambientais ocasionados pela indústria, considerando suas emissões ao ar, solo e água.

O principal fator associado à emissão dos gases que provocam a mudança climática é a utilização dos combustíveis fósseis tanto na industrialização das matérias-primas quanto nos transportes envolvidos no processo. Este fato reforça a ideia do uso de combustíveis renováveis no setor industrial moveleiro.

A comparação do ReCiPe, CML e ILCD, demonstrou que os resultados obtidos dependem da caracterização, unidade de medida e “fator peso” utilizado para cada um dos métodos. Notou-se maior semelhança de resultados entre os métodos ReCiPe e CML, considerando que estes possuem, na maioria de suas categorias, caracterizações semelhantes. Com relação ao método ILCD a comparação entre métodos não apresentou grandes divergências, porém foi limitada em função do uso de diferentes unidades de medida.

Conclui-se que, para a aplicação da ACV em empresas que visam investir em reduções de impacto ambiental, a escolha do método deve estar baseada no entendimento de quais categorias são abordadas por cada metodologia e quais os “pesos” atribuídos a elas, uma vez que estes podem afetar os resultados de categorias específicas.

As maiores limitações do trabalho foram relacionadas à etapa da coleta de dados, uma vez que, as empresas ainda possuem receio quanto à liberação de informações sobre seus produtos e processos.

REFERÊNCIAS

ABIMÓVEL. **Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário**: Relatório Setorial da Indústria de Móveis no Brasil. 2016. Disponível em: <<http://www.brazilianfurniture.org.br/sobresetor>>. Acesso em: 10 fev. 2020.

ADISSI, P. J.; PINHEIRO, F. A.; CARDOSO, R. D. S. **Gestão ambiental de unidades produtivas**. 1ª. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.

ARAUJO, G. M. G. DE. **Desafios para aplicação da metodologia do Berço-ao-berço ao ciclo de vida de móveis de MDF e MDP**. 2012. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro -PUC, Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR ISO 14040** - Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - **ABNT NBR ISO 14001** - Sistemas de gestão ambiental — Requisitos com orientações para uso. Apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

BUENDIA, L. S. **Gestão ambiental e Design : aplicação de um método de avaliação do desempenho ambiental de produtos da indústria moveleira**. 182 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) -Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 2018.

CAMPOS, L. M. S. **Environmental management systems (EMS) for small companies: A study in Southern Brazil**. *Journal of Cleaner Production*, v. 32, p. 141–148, 2016.

CAMPOS, L. M. S.; MELO HEIZEN, D. A. DE; VERDINELLI, M. A.; CAUCHICK MIGUEL, P. A. **Environmental performance indicators: A study on ISO 14001 certified companies**. *Journal of Cleaner Production*, v. 99, p. 286–296, 2017.

CAVALETT, O.; CHAGAS, M. F.; SEABRA, J. E. A.; BONOMI, A. **Comparative LCA of ethanol versus gasoline in Brazil using different LCIA methods**. *International*

Journal of Life Cycle Assessment, v. 18, n. 3, p. 647–658, 2013.

CHEHEBE, J. R. **Análise do Ciclo de Vida de Produtos**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2014.

CHEN, C.-C.; SHIH, H.-S.; SHYUR, H.-J.; WU, K.-S. **A business strategy selection of green supply chain management via an analytic network process**. **Computers & Mathematics with Applications**, v. 64, n. 8, p. 2544– 2557, 2017.

CHERUBINI, E.; RIBEIRO, P. T. **Diálogos Setoriais Brasil e União Europeia: desafios e soluções para o fortalecimento da ACV no Brasil**. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia-Ibict, Brasília, 2015.

FAOSTAT. **Food And Agriculture Organization of the United Nations**. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/EM/visualize>>. Acesso em: 01 jan. 2020.

FAOSTAT. **Food And Agriculture Organization of the United Nations**. 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO/visualize>>. Acesso em: 10 jan. 2020.

FIESC (Florianópolis). **Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina: Santa Catarina em Dados / Unidade de Política Econômica e Industrial**. 2015. Disponível em:

<http://fiesc.com.br/sites/default/files/medias/sc_em_dados_site_correto.pdf>.

Acesso em: 17 jan. 2020.



FREIRE, A. L. F.; FIGUEIRÊDO, M. C. B.; ROSA, M. F.; ARAÚJO JÚNIOR, C. P. **Impactos ambientais de painéis de madeira e derivados: Uma revisão de literatura**. *Espacios*, v. 36, n. 10, p. 3, 2015.

GALINARI, R.; JUNIOR, J. R. T.; MORGADO, R. R. **A competitividade da indústria de móveis do Brasil: situação atual e perspectivas**. *BNDES Setorial*, v. 37, p. 227–272, 2016.

GIBBS, G. **Análise de Dados Qualitativos**. Tradução de Roberto Cataldo Costa. 1. ed. [S.l.]: ARTMED, 2009. 198 p.

GIANNETTI, B. F.; ALMEIDA, C. M. V. B. D. **Ecologia Industrial: Conceitos, Ferramentas e Aplicações**. São Paulo: Blucher, 2006.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6th ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HAUSCHILD, M. Z.; GOEDKOOP, M.; GUINÉE, J.; HEIJUNGS, R.; HUIJBREGTS, M.; JOLLIET, O.; MARGNI, M.; DE SCHRYVER, A.; HUMBERT, S.; LAURENT, A.; SALA, S.; PANT, R. **Identifying best existing practice for characterization modeling in life cycle impact assessment**. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 3, p. 683–697, 2013.

IRITANI, D. R.; SILVA, D. A. L.; SAAVEDRA, Y. M. B.; GRAEL, P. F. F.; OMETTO, A. R. **Sustainable strategies analysis through Life Cycle Assessment: a case study in a furniture industry**. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p. 308–318, 2014.

KEIL, M. M. L. **Avaliação Do Ciclo De Vida (Acv) Do Mobiliário De Madeira E Derivados De Madeira Produzido Na Região Do Planalto Norte Catarinense**. 132f.

Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, 2012.

KLÖPPFER, W.; GRAHL, B. **Life Cycle Assessment (LCA): A Guide to Best Practice**. 2014.

LINKOSALMI, L.; HUSGAFVEL, R.; FOMKIN, A.; JUNNIKKALA, H.; WITIKKALA, T.; KAIRI, M.; DAHL, O. **Main factors influencing greenhouse gas emissions of wood-based furniture industry in Finland**. *Journal of Cleaner Production*, v. 113, p. 596–605, 2019.

MARTÍNEZ, E.; BLANCO, J.; JIMÉNEZ, E.; SAENZ-DÍEZ, J. C.; SANZ, F. **Comparative evaluation of life cycle impact assessment software tools through a wind turbine case study**. *Renewable Energy*, v. 74, p. 237–246, 2015.

MEDEIROS, D. L.; TAVARES, A. O. C.; RAPÔSO, Á. L. Q. R. S.; KIPERSTOK, A. **Life cycle assessment in the furniture industry: the case study of an office cabinet**. *International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 22, n. 11, p. 1823–1836, 2017.

MENDES, N. C.; BUENO, C.; OMETTO, A. R. **Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: revisão dos principais métodos**. *Production*, v. 26, n. 1, p. 160–175, 2015.

MOVERGS. Associação das Indústrias de Móveis do Estado do Rio Grande do Sul: **Relatório Setorial 2015 Polo Moveleiro do Rio Grande do Sul**. 2015. Disponível em: <http://www.movergs.com.br/dados-setor-moveleiro>>. Acesso em: 11 fev. 2020.

MUTHU, S. S. **Handbook of Life Cycle Assessment (LCA) of Textiles and Clothing**. [S.l.]: Elsevier, 2015.

PEREIRA, S. M. **Determinação da Energia Descartada e da Emissão de Co2 ao Longo do Ciclo de Vida de Produtos Eletrônicos Tendo em Vista a Obsolescência Programada: Um Estudo de Caso de Notebooks**. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)- Universidade Do Estado de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis, 2016.

PIEKARSKI, C. M. **Proposta de melhoria do desempenho ambiental associado ao ciclo de vida da produção do painel de madeira mdf**. 148f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná- UTFPR, Ponta Grossa, 2013.

PIEKARSKI, C. M.; FRANCISCO, A. C. DE; LUZ, L. M. DA; KOVALESKI, J. L.; SILVA, D. A. L. **Life cycle assessment of medium-density fiberboard (MDF) manufacturing process in Brazil**. *Science of the Total Environment*, v. 575, p. 103–111, 2017.

PIEKARSKI, C. M.; MENDES, L.; ZOCHE, L.; FRANCISCO, A. C. DE. **Métodos De Avaliação De Impactos Do Ciclo De Vida: Uma Discussão Para Adoção De Métodos Nas Especificidades Brasileiras**. *Revista Gestão Industrial*, v. 8, n. 3, p. 222–240, 2012.

RINO, C. A. F.; SALVADOR, N. N. B. **ISO 14001 certification process and reduction of environmental penalties in organizations in Sao Paulo State, Brazil**. *Journal of Cleaner Production*, v. 142, p. 3627–3633, 2017.

SEBRAE, **Relatório de Inteligência: O mercado de móveis planejados**. Da competitividade à diferenciação, Santa Catarina: Sebrae, 2017. Disponível em:<

www.sebrae-sc.com.br/sis>, acesso em: Acesso em 24 fev. 2020.

SERVILIANO, B.; FRANÇA, A.; AZEVEDO, P.; SANTOS, D.; VALPORTO, M.; MONTEIRO, K.; VIEGAS, V.; ROCHA, L. **Comparativo de impactos ambientais entre produtos provenientes da madeira para projetos de mobiliário**. Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM DESIGN, 12. Anais... . Belo Horizonte: Blucher. v. 9, p. 1 - 12, 2016.

SILVA, D. A. L. **Avaliação do ciclo de vida da produção do painel de madeira MDP no Brasil**. 207 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

SILVA, D. A. L.; IRITANI, D. R.; GRAEL, P. F. F.; OMETTO, A. R. **Avaliação do Ciclo de Vida de Roupeiro Composto por Material Aglomerado (MDP)**. 4th International Workshop Advances in Cleaner Production, , n. 2007, p. 1–10, 2013.

SILVA, D. A. L.; VARANDA, L. D.; LAHR, F. A. R. **Análise Energética do Ciclo de Vida Produtivo do Painel de Madeira MDP no Brasil**. 4th International Workshop Advances in Cleaner Production, p. 1–10, 2013.

SINDUSMOBIL. **Sindicato das Indústrias da Construção e do Mobiliário de São Bento do Sul: Biomóvel**. Disponível em: <<http://www.biomovel.com.br/>>. Acesso em: 13 out. 2017.

THE WORLD BANK. **Carbon dioxide (CO₂) emissions – country rankings**. 2017. Disponível em: <http://www.theglobaleconomy.com/rankings/Carbon_dioxide_emissions/>. Acesso em: 5 fev. 2020.

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

TOBERGTE, D. R.; CURTIS, S. **A Avaliação De Ciclo De Vida Como Ferramenta Para a Formulação De Políticas Públicas No Brasil**. Journal of Chemical Information and Modeling, v. 53, n. 9, p. 1689–1699, 2013.