



# ConBRepro

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



IA nas Engenharias

29 nov. a 01 de dezembro 2023

## Avaliação e Tendências de Sustentabilidade Ambiental na Indústria de Fitas Adesivas

**Ramon Delano de Assunção**

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal do Paraná

**Marcell Mariano Corrêa Maceno**

Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal do Paraná

**Resumo:** Os últimos anos têm apresentado um cenário otimista à indústria de fitas adesivas a despeito das dificuldades na cadeia de suprimentos. Entretanto, as companhias produtoras estão sendo desafiadas a manter sua estrutura de custo competitiva e a trabalhar com regimes operacionais flexíveis. Exigências de mercado e requisitos regulamentares adicionam, também, crescente pressão por produtos mais sustentáveis e processos produtivos e logísticos mais eficientes. Nesse contexto, o presente estudo avalia o estado da arte e tendências de sustentabilidade ambiental na indústria de produção de fitas adesivas. Tal análise de sustentabilidade ambiental considerou uso de água, emprego de energia elétrica total e renovável, emissões de CO<sub>2</sub>, uso de solventes orgânicos, reciclagem de resíduos no processo produtivo e iniciativas de economia circular por parte de alguns dos principais produtores deste ramo industrial.

**Palavras-chave:** Fitas Adesivas, Sustentabilidade Ambiental, Economia Circular.

## Environmental Sustainability Evaluation and Trends in the Adhesive Tape Industry

**Abstract:** The last few years have presented an optimistic scenario for the adhesive tape industry, despite difficulties on the supply chain. However, producers are being challenged to maintain their cost structure competitive and to work with flexible operating structures. Market demands and regulatory requirements also add increasing pressure for more sustainable products and more efficient production and logistics processes. In this context, the present work evaluates the state of the art and environmental sustainability trends in the industry of production of adhesive tapes. Such environmental sustainability evaluation comprehended water usage, use of total and renewable electricity, CO<sub>2</sub> emissions, use of organic solvents, waste recycling in the production process and circular economy initiatives by some of the key producers in this industrial field.

**Keywords:** Adhesive Tapes, Environmental Sustainability, Circular Economy.

### 1. Introdução

Os últimos anos têm apresentado um cenário bastante otimista à indústria de fitas adesivas, com aumentos de produção e faturamento, de modo geral. No entanto, dificuldades quanto à aquisição de matérias-primas conforme especificações de qualidade e nas quantidades

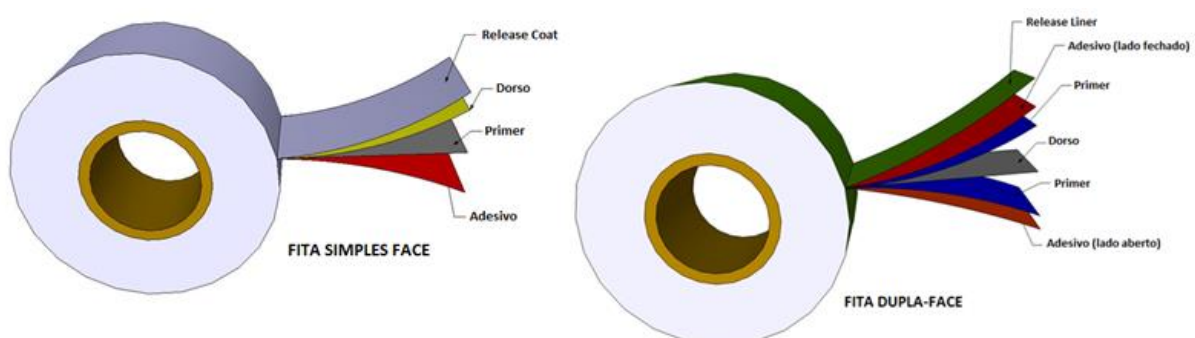
desejadas, aumento de preços de insumos bem como dificuldades logísticas como redução na disponibilidade de containers para frete internacional e de caminhões para frete local apresentam desafios no controle de custos e na produção de materiais necessários ao mercado B2B de fitas adesivas (AFERA, 2022). Além disso, o impacto da Covid-19 ainda limita a disponibilidade de mão-de-obra em certos países, causando aumento de custos com medidas de proteção a saúde dos empregados, possíveis impactos como o fechamento temporário de turnos de produção, atrasos nas entregas de pedidos ou mesmo postergando a realização de investimentos (HALL *et al.*, 2022; EUROSTAT, 2022; HIGGINS-DUNN *et al.*, 2022; GAN, 2022). Nesse panorama, as companhias estão sendo desafiadas a manter sua estrutura de custo dos produtos a níveis aceitáveis dentro do mercado para não perder competitividade e a trabalhar com regime operacional visando maior flexibilidade e automação. Aliado a isso, exigências de mercado e requisitos regulamentares colocam crescente pressão por produtos, processos produtivos e logísticos de menor impacto ambiental, com menor emissão de carbono, utilização de energias renováveis, menor emprego de água e de solventes orgânicos, produtos passíveis de uso em economia circular dentre outros (GROSS *et al.*, 2021).

Considerando o contexto exposto e que a indústria de fitas adesivas compreende um mercado que terá um crescimento anual médio estimado em 7,4% até 2028, atingindo um valor anual de mercado de até US\$ 100 bilhões (MARKET RESEARCH FUTURE, 2022), faz-se vital um esforço das companhias a fim de garantirem sua competitividade neste cenário. Este ramo da indústria química é relativamente pouco explorado na literatura em temas que estejam relacionados a gestão industrial, eficiência de processos produtivos, sustentabilidade e economia circular. As iniciativas que se apresentam por parte das principais empresas produtoras deste tipo de produtos estão, também e ainda, pouco difundidas. Dessa forma, o presente projeto de pesquisa efetua, tanto na vanguarda acadêmica quanto na do ambiente industrial, um estudo de processos produtivos e sustentabilidade ambiental na cadeia produtiva de fitas adesivas.

## 2. Fitas Adesivas

A Figura 1 apresenta a construção genérica e básica de fitas adesivas, tanto simples quanto dupla-face:

Figura 1 – Construção genérica de fitas adesivas simples e dupla-face



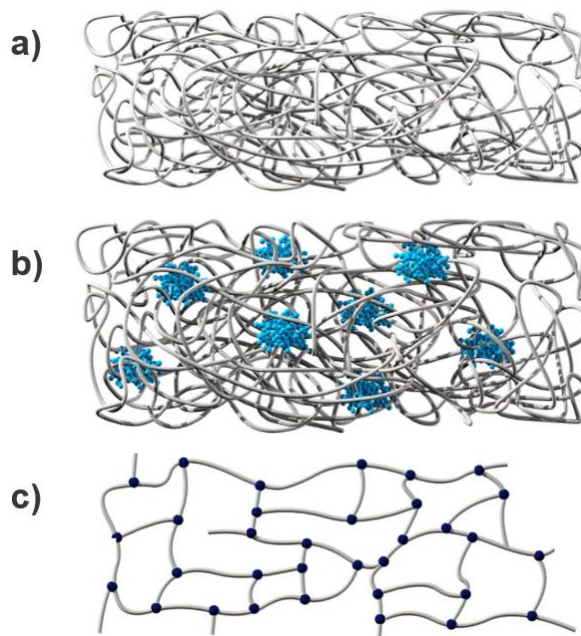
Fonte: Os Autores (2023)

Dentre os diferentes tipos de adesivos disponíveis no mercado industrial, podem-se citar adesivos multipropósito, adesivos de silicone, adesivos de poliuretano, adesivos *jetmelt* (p.ex.: “cola quente”), adesivos de cianoacrilato (p.ex.: “*superbonders*”), adesivos epóxi (p.ex.: adesivos tipo durepoxi e araldite) e adesivos PSA, sensíveis a pressão (aplicados em fitas adesivas) (MAASSEN *et al.*, 2016; TESA, 2012).

Os adesivos das fitas adesivas são classificados como PSA (*pressure sensitive adhesive* em inglês – adesivo sensível à pressão), e são diferentes dos adesivos líquidos como aqueles a base de materiais epóxi, cianoacrilatos, de silicone, PU, entre outros. Os adesivos PSA garantem que a fita adesiva possa aderir ao menor toque e, para tanto, têm uma formulação específica: combinam viscosidade (o estado de ser espesso, pegajoso e semifluido em consistência) com elasticidade. Dessa forma, um adesivo sensível à pressão é uma substância permanentemente pegajosa que adere a uma determinada superfície quando uma leve pressão é aplicada e não requer uma reação química para desenvolver forças de adesão. Adesivos do tipo PSA são ideais para unir materiais quando atendem a dois requisitos: por um lado, devem garantir que a fita adesiva e a superfície do substrato permaneçam unidas pelo tempo e pela força desejada ("adesão"). Por outro lado, a resistência interna do próprio adesivo deve ser tão forte quanto necessário para a finalidade pretendida ("coesão"). Para isso, a substância adesiva deve ser constituída por matérias-primas específicas em sua formulação (KOSTYUK *et al.*, 2020; KOSTYUK *et al.*, 2022; TESA, 2022).

Os adesivos PSA podem ser classificados de acordo com seu elastômero, conforme exemplificado na Figura 2, e de acordo com a forma de produção dos mesmos, conforme exemplificado nas Figuras 3 e 4. Os elastômeros mais comuns são borracha natural, borrachas sintéticas, poliacrilatos, silicone, PIB e EVA. No caso de PSAs de poliacrilato, atenção especial no processo produtivo dá-se a etapa de polimerização, na qual os componentes dos adesivos são misturados entre si em um processo químico. Posteriormente, os adesivos são preparados para que possam ser aplicados de maneira fácil e com baixa espessura no dorso desejado (AHMADI-DEHNOEI e GHASEMIRADI, 2021).

**Figura 2 – Comparativo das estruturas macromoleculares de adesivos de diferentes elastômeros: (a) borracha natural, (b) borracha sintética, (c) poliacrilato**

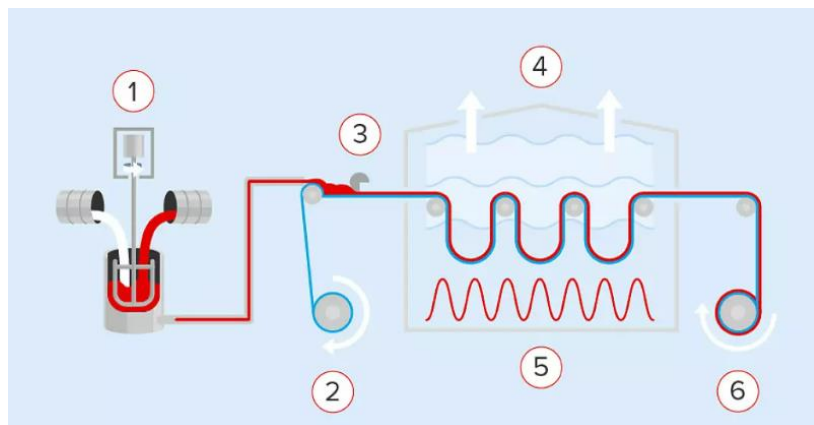


**Fonte: Adaptado de Tesa (2022)**

A forma de produção classifica os adesivos como base solvente (aqueles dissolvidos em solventes orgânicos como, por exemplo, hexano, octano e tolueno), base aquosa (aqueles dissolvidos em água) ou *hotmelt* (aqueles produzidos sem solventes orgânicos nem água) (BENEDEK e FELDSTEIN, 2009).

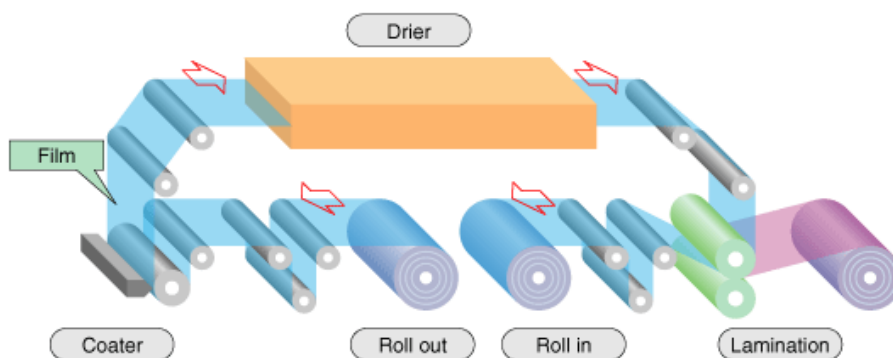
Durante a produção, alguns adesivos são transferidos (*coated*) com um solvente orgânico. O PSA é aplicado/laminado em uma fina camada no dorso do produto dissolvido no solvente. Em seguida, o dorso revestido com adesivo passa por um túnel de secagem e o solvente é vaporizado. O adesivo PSA da fita adesiva fica sólido e é assim fixado no dorso após o processo de secagem. O solvente evaporado é quase totalmente recapturado e realimentado na produção do adesivo. Nesse processo, fitas adesivas com adesivos a base solvente são produzidas misturando-se os componentes do adesivo (etapa de mistura), aplicando-se o adesivo, *primer* e *release coat* no dorso (etapa de *coating*). Depois desta etapa de *coating* vem a conversão do material (onde grandes rolos são mecanicamente rebobinados e cortados até o formato dos rolos menores, sendo este o produto final) e subsequente embalagem. Quando se empregam adesivos a base aquosa o processo é basicamente o mesmo, com a diferença que o solvente empregado no processo é a água, e não mais um solvente orgânico. Fitas adesivas com adesivos *hotmelt* não tem o uso de solventes. Os componentes do adesivo são misturados e aquecidos até que o adesivo esteja fundido. O mesmo é então extrudado e laminado no dorso da fita (etapa de *coating*) e, ao invés de ser secado, é solidificado por resfriamento. (BENEDEK e FELDSTEIN, 2009; ASI, 2022; NITTO DEKO, 2022; PIZZI e MITAL, 2018).

**Figura 3 – Esquema básico de produção de adesivos base solvente e base aquosa: (1) mistura/preparação do adesivo, (2) desenrolamento do dorso, (3) coating, (4) evaporação de solvente/água, (5) câmara de secagem e (6) embobinamento do jumbo.**



FONTE: Tesa (2022)

**Figura 4 – Ilustração do conceito de *coating* e laminação**



FONTE: Nitto Denko (2022)

### 3. Indicadores de Sustentabilidade Ambiental na Indústria de Fitas Adesivas

A indústria de fitas adesivas, como nicho da indústria química, tem interface com diversos outros segmentos industriais. Devido à alta variedade de insumos que esta indústria consome (borrachas, papéis, monômeros, embalagens, plásticos, metais, fibras, tecidos, não-tecidos, solventes, serviços industriais diversos etc.) bem como a diversa gama de clientes B2B a quem fornece seus produtos (indústrias automotiva, eletrônica, de embalagem, construção, alimentos, farmacêutica, militar, naval, de energias renováveis etc.), a variedade de componentes no sistema de gestão integrada destas companhias é bastante vasta. No entanto, verifica-se uma tendência entre os principais fabricantes de fitas adesivas em investir nas seguintes frentes quanto à sustentabilidade ambiental:

- Incrementar o uso de energias renováveis nos processos produtivos, sendo esta de origem solar ou eólica principalmente (3M, 2022; TESA, 2022; NITTO DENKO, 2022; COROPLAST, 2020);
- Redução no uso de água nos processos produtivos mediante otimização e inovação tecnológica, reuso e reciclo (3M, 2022; TESA, 2022; YONGLE, 2022);
- Redução de emissões de GHG, CO<sub>2</sub> equivalente e similares (3M, 2022; TESA, 2022; NITTO DENKO, 2022; COROPLAST, 2020; SCAPA, 2022; YONGLE, 2022);
- Digitalização mediante iniciativas de Indústria 4.0, tecnologias de regime híbrido e otimização de trabalho etc. (3M, 2022; TESA, 2022; NITTO DENKO, 2022; COROPLAST, 2020);
- Implementação de certificações de qualidade, segurança e meio-ambiente tais como ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 50001, IATF 16949 (3M, 2022; TESA, 2022; NITTO DENKO, 2022; COROPLAST, 2020; CERTOPLAST, 2022; SCAPA, 2022; YONGLE, 2022);
- Redução de resíduos dos processos produtivos, especialmente plásticos (3M, 2022; TESA, 2022; NITTO DENKO, 2022; NITTO DENKO, 2022; COROPLAST, 2020; SCAPA, 2022);
- Direcionamento estratégico rumo a operações e desenvolvimento de produtos alinhados com iniciativas de economia circular (3M, 2022; TESA, 2022; NITTO DENKO, 2022; COROPLAST, 2020);
- Alinhamento com os objetivos de sustentabilidade do Global Compact da ONU (ONU, 2022; 3M, 2022; TESA, 2022);
- Comprometimento com iniciativas ligadas a melhoria de governança (3M, 2022; TESA, 2022; NITTO DENKO, 2022; COROPLAST, 2020; SCAPA, 2022).

A crescente preocupação com as questões ambientais afeta diretamente a gestão dos negócios. Ademais, a pressão para minimizar os danos ambientais é um forte impulsionador para a otimização das cadeias de suprimento, visando o desenvolvimento sustentável e a transição para um modelo mais circular e de baixo carbono. Tanto nas economias desenvolvidas quanto nas emergentes, os fabricantes são impulsionados a melhorar sua produtividade usando recursos sustentáveis e eficientes a fim de eliminar danos e passivos ambientais (DE SOUZA et al., 2022; JULIANELLI et al., 2020; SILVA e PÅLSSON, 2022).

Na Tabela 1 segue o resumo das estratégias e ações de sustentabilidade por empresa mapeada.

**Tabela 1 – Estratégias e ações de sustentabilidade ambiental dos principais fornecedores de fitas adesivas**

| Tópico  | 3M | tesa | Nitto Denko | Coroplast | certoplast | Scapa | YongLe |
|---|----|------|-------------|-----------|------------|-------|--------|
| Emprego de Energias Renováveis                  | X  | X    | X           | X         |            |       |        |
| Otimização no Uso de Água                       | X  | X    |             |           |            |       | X      |
| Redução de CO <sub>2</sub> -equivalente emitido | X  | X    | X           | X         |            | X     | X      |
| Iniciativas de Digitalização                    | X  | X    | X           | X         |            |       |        |
| Certificações de Qualidade                      | X  | X    | X           | X         | X          | X     | X      |
| Redução de Resíduos Industriais                 | X  | X    | X           | X         |            | X     |        |
| Produtos Circulares                             | X  | X    | X           | X         |            |       |        |
| Alinhamento ao <i>Global Compact</i> da ONU     | X  | X    |             |           |            |       |        |
| Melhoria de Governança                          | X  | X    | X           | X         |            | X     |        |

Fonte: Os Autores (2023)

#### 4. Revisão Sistemática e Bibliométrica da Literatura

Para levantamento do estado da arte foi feita uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) bem como uma Revisão Bibliométrica de Literatura (RBL), conforme protocolo a seguir. A RBL buscou a análise quantitativa de tipos de publicação, de *journals* principais e análise quantitativa de conteúdo, de forma geral.

##### 4.1 Protocolo de RBL e RSL

Palavras-chave e operadores *booleanos* das strings de pesquisa: “*adhesive tapes*”; “*adhesive tapes*” AND “*circular economy*”; “*adhesive tapes*” AND *circularity*; “*adhesive tapes*” AND *production*; “*adhesive tapes*” AND *sustainability*; “*pressure sensitive*” AND “*circular economy*”; “*pressure sensitive*” AND *circularity*; “*pressure sensitive*” AND *production*; “*pressure sensitive*” AND *sustainability*.

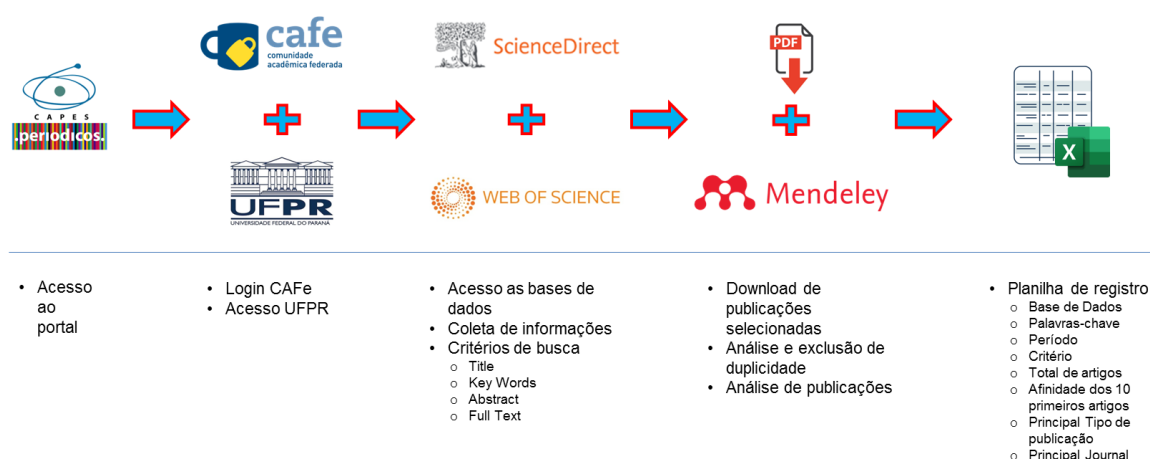
Período de avaliação: 10 anos (2012-2022).

Bases de dados: *Science Direct*, *Web of Science*.

Etapas da RSL: (1) coleta de informações; (2) análise e exclusão de duplicidade (via software Mendeley Desktop); (3) avaliação de disponibilidade do conteúdo selecionado; (4) seleção de artigos em idiomas específicos (nesse caso em inglês); (5) critérios de exclusão na análise: (a) *Title*, *Key Words* & *Abstract* e (b) *Full Text*.

Na Figura 5 apresenta-se o passo-a-passo para tabulação de dados para RBL e RSL. Enquanto a RBL informa quanto as tendências e gaps de pesquisa, a RSL provê mais detalhes quanto ao conteúdo pesquisado em si.

Figura 5 – Passo-a-passo para RBL e RSL.



Fonte: Os Autores (2023)

## 4.2 Resultados da RBL e RSL

A Tabela 2 apresenta, de forma sumarizada, os resultados base encontrados mediante Revisão Sistemática da Literatura (RSL) bem como Revisão Bibliométrica de Literatura (RBL), considerando *journals*, tipos de publicação, afinidade com o tema da pesquisa, quantidade de referência encontradas entre outros.

Na interface entre fitas adesivas e temas relacionados à sustentabilidade ambiental e economia circular, o principal meio de publicação foram os artigos com *peer review*. As revistas que mais se destacam são *Journal of Cleaner Production* e *Science of The Total Environment*, concentrando a maioria das publicações relevantes a esta pesquisa. No âmbito da inovação e novos desenvolvimentos na indústria de fitas adesivas, as principais publicações encontram-se no *International Journal of Adhesion and Adhesives*. Não há autores que se destaquem em função de um alto número de publicações, porém verificou-se que a maioria das publicações que tem relação com esta pesquisa vêm de autores localizados na Europa e na Ásia. As publicações são oriundas aqui em sua maioria de universidades e institutos de pesquisa, e foram publicadas principalmente nos últimos cinco anos apenas.

HAASAN et al. (2021) e PŁOTKA-WASYLKA et al. (2022) avaliaram temas relacionados a produção, economia circular e disposição de resíduos sólidos de fraldas, materiais compostos, entre outras coisas, por fitas adesivas. Nestes artigos os autores aplicam técnicas de Análise de Ciclo de Vida e Análise de Custo de Ciclo de Vida para avaliar a ecoeficiência de métodos de disposição final, acentuando o fato de, atualmente, estes produtos serem bastante atrelados a modelos de economia linear, não sendo fortemente balizados por projetos em Economia Circular. Apresentam dados no sentido de mostrar que se evita significativa emissão de CO<sub>2</sub> caso os produtos sejam reciclados, apesar de ressaltarem que o processo de reciclagem é bastante intensivo em termos de uso de energia. Uma alternativa avaliada é o envio destes resíduos para geração de energia elétrica via pirólise (processo de incineração), devido à boa capacidade calorífica destes materiais. Relativo a outros métodos de disposição final, apresenta-se a opção de aterramento como fácil, porém não indicada, pois se requer até 500 anos para a decomposição do material por completo, além da potencial liberação de resíduos tóxicos ao meio-ambiente. Também, assim como a reciclagem, métodos de disposição final como digestão e compostagem são ambientalmente incentivados, porém bastante custosos.

No contexto de consumo de energia e emissão de CO<sub>2</sub> na indústria de manufatura, GAGLIARDI *et al.* (2019) apresentam materiais adesivos como uma alternativa ambientalmente atrativa em comparação com métodos mecânicos de fixação e de soldas tendo-se em vista um cenário “*cradle to grave*”.

Como exemplos de iniciativas sustentáveis dentro da indústria de fitas adesivas, LOU *et al.* (2022) apresenta uma proposta de dorso de fita adesiva composto de filmes reciclados de poliéster com alto teor de CO<sub>2</sub> e adesivos PSA, gerando um produto, em nível de desempenho técnico, teoricamente comparável a fitas adesivas produzidas com material virgem na indústria. ALLASIA *et al.* (2022), SHIM *et al.* (2020) e BADÍA *et al.* (2021) tratam da substituição de adesivos PSA base solvente por opções base água. Enquanto os processos de produção de adesivos PSA a base água, como a polimerização em emulsão, permitem a produção de materiais poliméricos com baixa emissão de solventes orgânicos, a redução de sua pegada de carbono pode ser também alcançada pela substituição de matérias-primas derivadas do petróleo por reagentes de origem biológica sustentável. KIM *et al.* (2022), também no conceito de substituir adesivos PSA base solvente, trata da produção de adesivos PSA acrílicos sem solvente algum. SINGH *et al.* (2022) propõem novas formulações de adesivos PSA com óleo de linhaça com aplicações nas embalagens das indústrias alimentícia e de saúde. Ainda no tema de adesivos PSA fabricados com produtos renováveis, PAUL *et al.* (2022) e DROESBEKE (2021) propõem uma formulação de adesivos PSA com poliacrilatos a base de lignina e LEE *et al.* (2020) propõem um adesivo acrílico com agente de *crosslinking* a base de isossorbida, material obtido da glicose, como alternativa a compostos derivados de petróleo. FANG *et al.* (2020) propuseram a substituição, em adesivos PSA com elastômero de borracha, de metil metacrilato por um metacrilato baseado em biocompostos.

As publicações relacionando fitas adesivas, sustentabilidade e economia circular ainda não abrangeram muitos segmentos industriais. Os artigos tangenciam, por exemplo, a aplicação de fitas adesivas as indústrias médica e de saúde, manufatura geral e automotiva no âmbito de aplicações de fixação, mas não tocam diretamente em temas como custos, sustentabilidade, e economia circular de maneira ostensiva e aprofundada neste momento. Através da RBL e da RSL evidencia-se, de maneira geral, que pouco se pesquisou na literatura sobre o tema deste trabalho. Isso é corroborado por três fortes fatores:

- A quase totalidade da bibliografia verificada é datada de cinco anos para cá;
- Há poucas publicações que tangenciam o tema desta pesquisa;
- As próprias empresas líderes de mercado e responsáveis pela vanguarda na indústria de fitas adesivas, ao lado de alguns acadêmicos, ainda estão em estágio inicial no que tange a temas de economia circular, sustentabilidade ambiental e, ao mesmo tempo, de alto desempenho técnico;
- Em termos de novas tecnologias, aquilo que se está produzindo relacionado a novos produtos está sendo primordialmente patenteado, não necessariamente publicado em artigos acadêmicos.



**Tabela 2 – Resultados da RBL e RSL**

| <b>Palavras-chave</b>                       | <b>Critério</b>             | <b>Artigos</b> | <b>Tipo</b>       | <b>Principal Journal</b>   |
|---|-----------------------------|----------------|-------------------|--|
| “adhesive tapes”                            | Title, Key Words & Abstract | 328            | Research Articles | Forensic Science International                                   |
| “adhesive tapes”                            | Full Text                   | 19.771         | Research Articles | International Journal of Biological Macromolecules               |
| “adhesive tapes” AND “circular economy”     | Full Text                   | 69             | Research Articles | Journal of Cleaner Production; Science of The Total Environment  |
| “adhesive tapes” AND “circular economy”     | Title, Key Words & Abstract | 0              | Research Articles | N/A  |
| “adhesive tapes” AND circularity            | Title, Key Words & Abstract | 2              | Research Articles | Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects |
| “adhesive tapes” AND circularity            | Full Text                   | 2.809          | Research Articles | International Journal of Biological Macromolecules               |
| “adhesive tapes” AND production             | Title, Key Words & Abstract | 16             | Research Articles | International Journal of Adhesion and Adhesives                  |
| “adhesive tapes” AND production             | Full Text                   | 8.082          | Research Articles | International Journal of Biological Macromolecules               |
| “adhesive tapes” AND sustainability         | Title, Key Words & Abstract | 11             | Research Articles | Nano Energy  |
| “adhesive tapes” AND sustainability         | Full Text                   | 4.116          | Research Articles | International Journal of Pharmaceutics                           |
| “pressure sensitive” AND “circular economy” | Title, Key Words & Abstract | 1              | Research Articles | The Innovation   |
| “pressure sensitive” AND “circular economy” | Full Text                   | 25             | Research Articles | Bioresource Technology   |
| “pressure sensitive” AND circularity        | Title, Key Words & Abstract | 16             | Research Articles | International Journal of Adhesion and Adhesives                  |
| “pressure sensitive” AND circularity        | Full Text                   | 1.178          | Research Articles | International Journal of Heat and Mass Transfer                  |
| “pressure sensitive” AND production         | Title, Key Words & Abstract | 33             | Research Articles | International Journal of Adhesion and Adhesives                  |
| “pressure sensitive” AND production         | Full Text                   | 2.754          | Research Articles | International Journal of Adhesion and Adhesives                  |
| “pressure sensitive” AND sustainability     | Title, Key Words & Abstract | 32             | Research Articles | International Journal of Adhesion and Adhesives                  |
| “pressure sensitive” AND sustainability     | Full Text                   | 1.675          | Research Articles | International Journal of Adhesion and Adhesives                  |

Fonte: Os Autores (2023)

## 5. Conclusões

No presente artigo foi avaliado o estado da arte e tendências de sustentabilidade ambiental na indústria de fitas adesivas mediante revisão bibliométrica e sistemática da literatura, bem como através de análise de publicações dos principais fabricantes deste ramo industrial. Verificou-se que tem-se investido esforços pelos principais fabricantes no sentido de otimizar o uso de energia no processo produtivo, empregando-se fontes renováveis, redução do uso de água e de pegada de carbono, otimizações e digitalização de processos produtivos, reciclagem de resíduos, economia circular e gestão de qualidade. No entanto, este é um ramo de estudo ainda em desenvolvimento, tanto na academia quanto na

indústria, haja vista a pouca quantidade de publicações disponíveis e o fato destas serem majoritariamente recentes, datando dos últimos cinco anos. Tendo-se em vista que os processos produtivos e engenharia de produto estão sendo fortemente impulsionados pelo contexto exposto, e que esta importante indústria tem interface com diversos outros ramos industriais B2B e também com o consumidor final, espera-se ver neste cenário uma expansão de conhecimento e tecnologia no futuro, com produtos e processos melhores, mais otimizados e ambientalmente sustentáveis.

Esta pesquisa poderá ser aprofundada no futuro com a adição de tópicos relacionados a sustentabilidade econômica e abordagem quantitativa mais aprofundada, visando enriquecer a abordagem não só do ponto de vista ambiental, mas também de custos, gestão estratégica e com maior robustez devida à combinação das análises qualitativa e quantitativa.

## Referências

- 3M Company. **3M 2022 Global Impact Report**. Disponível em: <<https://multimedia.3m.com/mws/media/2191432O/2022-global-impact-report.pdf>> Acesso em: 05 set. 2022.
- AFERA. **European Adhesive Tape Association**. Disponível em: <<https://www.fera.com/>> Acesso em: 23 jan. 2022.
- AHMADI-DEHNOEI, A., GHASEMIRAD, S. Designing of desired nanocomposite pressure-sensitive adhesives through tailoring the structural characteristics of polysilsesquioxane-acrylic core-shell nanoparticles. **International Journal of Adhesion and Adhesives** 11, 102973, 2021.
- ALLASIA, M., AGUIRRE, M., GUGLIOTTA, L. M., MINARI, R. J. High biobased content waterborne latexes stabilized with casein. **Progress in Organic Coatings** 168, 106870, 2022.
- ASI. Adhesives & Sealants Industry. **Manufacturing Pressure-Sensitive Adhesive Products: A Coating and Laminating Process**. Disponível em: <<https://www.adhesivesmag.com/articles/86079-manufacturing-pressure-sensitive-adhesive-products-a-coating-and-laminating-process>> Acesso em: 23 jan. 2022.
- BADÍA, A., AGIRRE, A., BARANDIARAN, M. J., LEIZA, J. R. Easy removable and UV tunable biobased waterborne pressure sensitive adhesives. **International Journal of Adhesion & Adhesives** 108, 102860, 2021.
- BENEDEK, I., FELDSTEIN, M. M. **Fundamentals of Pressure Sensitivity**. Boca Raton: CRC Press, 2009.
- CERTOPLAST TECHNISCHE KLEBEBÄNDER GMBH. **Environment**. Disponível em: <<https://certoplast.com/en/products/>> Acesso em: 05 set. 2022.
- COROPLAST FRITZ MÜLLER GMBH & CO. KG. **Sustainability Report 2020**. Disponível em: <<https://www.coroplast-group.com/en/sustainability/sustainability-reports>> Acesso em: 05 set. 2022.
- DE SOUZA, E. D., KERBER, J. C., BOUZON, M., RODRIGUEZ, C. M. T. Performance evaluation of green logistics: Paving the way towards circular economy. **Cleaner Logistics and Supply Chain** 3, 100019, 2022.
- DROESBEKE, M. A., AKSAKAL, R., SIMULA, A., ASUA, J. M., DU PREZ, F. E. Biobased acrylic pressure-sensitive adhesives. **Progress in Polymer Science** 117, 101396, 2021.
- EUROSTAT. **Impact of Covid-19 crisis on industrial production. EUROSTAT, 2022**. Disponível em: <[https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Impact\\_of\\_Covid-19\\_crisis\\_on\\_industrial\\_production](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Impact_of_Covid-19_crisis_on_industrial_production)> Acesso em: 06 jan. 2023.

FANG, C., ZHU, X., CAO, Y., XU, X., WANG, S., DONG, X. Toward replacement of methyl methacrylate by sustainable bio-based isobornyl methacrylate in lates pressure sensitive adhesive. **International Journal of Adhesion and Adhesives** 100, 102623, 2020.

GAGLIARDI, F., PALAIA, D., AMBROGIO, G. Energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions of joining processes for manufacturing hybrid structures. **Journal of Cleaner Production** 228, 425-436, 2019.

GAN, N. **China's manufacturing hub Guangzhou locks down millions as Covid outbreak widens**. **CNN**, 2022. Disponível em: <<https://edition.cnn.com/2022/11/09/china/china-covid-guangzhou-lockdown-intl-hnk/index.html>> Acesso em: 06 jan. 2023.

GROSS, A., MAYER, B., HAAG, K. Circular Economy and Adhesive Bonding Technology, Part 1. **Adhes Adhes Sealants** 18, 14–17. 2021.

HALL, C., POLLARD, M. Q., CASH, J. **Corporate China struggles with supply snags as COVID cases spread**. **REUTERS**, 2022. Disponível em: <<https://www.reuters.com/world/china/corporate-china-struggles-with-supply-snags-demand-s slump-covid-cases-spread-2022-12-21/>> Acesso em: 08 jan. 2023.

HIGGINS-DUNN, N., MORGANTEEN, J., REGINATO, J.. **How China's Covid shutdowns keep hitting global supply chains**. **CNBC**, 2022. Disponível em: <<https://www.cnn.com/video/2022/08/19/how-chinas-covid-shutdowns-keep-hitting-global-supply-chains.html>> Acesso em: 06 jan. 2023.

JULIANELLI, V., CAIADO, R. G. G., SCAVARDA, L. F., CRUZ, S. P. de M. F. Interplay between reverse logistics and circular economy: Critical success factors-based taxonomy and framework. **Resources, Conservation & Recycling** 150, 104784, 2020.

KIM, H., CZECH, Z., BARTKOWIAK, M., SHIM, G., KABATC, J., LICBARSKI, A. Study of UV-initiated polymerization and UV crosslinking of acrylic monomers mixture for the production of solvent-free pressure-sensitive adhesive films. **Polymer Testing** 105, 107424, 2022.

KOSTYOUK, A. V., IGNATENKO, K. Y., MAKAROVA, V. V., ANTONOV, S. V., ILYIN, S. O. Polyethylene wax as an alternative to mineral fillers for preparation of reinforced pressure-sensitive adhesives. **International Journal of Adhesion and Adhesives** 102, 102689, 2020.

KOSTYOUK, A. V. SMIRNOVA, N., ILYIN, S. O. Two-functional phase-change pressure-sensitive adhesives based on polyisobutylene matrix filled with paraffin wax. **Journal of Energy Storage** 52, 104797, 2022.

LEE, S., BACK, J., SHIM, G., JANG, S., KIM, H. Adhesion performance and optical properties of optically pressure-sensitive adhesives including an isosorbide. **International Journal of Adhesion & Adhesives** 98, 102503, 2020.

LOU, Y., XU, L., GAN, N., SUN, Y., LIN, B. Chemically recyclable polyesters from CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, and 1,3-butadiene. **The Innovation**, 3 (2), 100216, 2022.

MAASSEN, W., MEIER, M. A. R., WILLENBACHER, N. Unique adhesive properties of pressure sensitive adhesives from plant oils. **International Journal of Adhesion and Adhesives** 64, 65-71, 2016.

MARKET RESEARCH FUTURE. **Pressure Sensitive Tapes Market**. Nova Iorque, EUA. Disponível em: <<https://www.marketresearchfuture.com/reports/pressure-sensitive-tapes-market-1620>> Acesso em: 05 jul. 2022.

NITTO DENKO. **Lamination Technology**. Disponível em: <<https://www.nitto.com/us/en/rd/base/adhesive/specificat/>> Acesso em: 04 set. 2022.

NITTO DENKO. **Nitto Group Integrated Report 2022**. Disponível em: <<https://www.nitto.com/us/en/sustainability/report/#report2022>> Acesso em: 05 set. 2022.

PAUL, R., JOHN, B., SAHOO, S. K. UV-Curable Bio-Based Pressure-Sensitive Adhesives: Tuning the Properties by Incorporating Liquid-Phase Alkali Lignin- Acrylates. **Biomacromolecules**, 23 (3), 816-828, 2022.

PIZZI, A., MITTAL, K. L. **Handbook of Adhesive Technology**. Boca Raton: CRC Press, 2018.

PŁOTKA-WASYLKA, J., MAKÓŚ-CHEŁSTOWSKA, P., KUROWSKA-SUSDORF, A., TREVIÑO, M. J. S., GUSZMÁN, S. Z., MOSTAFA, H., CORDELLA, M. End-of-life management of single-use baby diapers: Analysis of technical, health and environment aspects. **Science of the Total Environment** 836, 155339, 2022.

SCAPA GROUP LTD. **Responsibility**. Disponível em: <<https://www.scapa.com/Responsibility>> Acesso em: 05 set. 2022.

SHIM, G., KIM, J., BACK, J., JANG, S., PARK, J., KIM, H., CHOI, J., YEOM, J. Preparation of acrylic pressure-sensitive adhesives by UV/UV step curing as a way of lifting the limitations of conventional dual curing techniques. **International Journal of Adhesion and Adhesives** 96, 102445, 2020.

SILVA, N., PÅLSSON, H. Industrial packaging and its impact on sustainability and circular economy: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production** 333, 130165, 2020.

SINGH, M., SETHI, S. K., MANIK, G. Pressure-sensitive adhesives based on acrylated epoxidized linseed oil: A computational approach. **International Journal of Adhesion & Adhesives** 112, 103031, 2022.

HAASAN, T., ALI, Y., KHAN, A. U., PETRILLO, Antonella, DE FELICE, Fabio. Sustainable production of diapers and their potential outputs for the Pakistani market in the circular economy perspective. **Science of the Total Environment** 769, 145084, 2021.

TESA SE. **Essential Technical Training**. Hamburg: 2012.

TESA SE. **tesa – Sustainability report 2021**. Disponível em: <<https://www.tesa.com/en/about-tesa/sustainability/sustainability-report>> Acesso em: 05 set. 2022.

TESA SE. **The Power Of Adhesive Tapes depends on the Mix**. Disponível em: <<https://www.tesa.com/en/wikitapia/tape-and-adhesive-applications.html>> Acesso em: 04 set. 2022.

YONGLE AVERY DENNISON CORPORATION. **Certifications and Compliance**. Disponível em: <<https://yongletape.averydennison.com/en/home/about-us/certifications-compliance.html>> Acesso em: 05 set. 2022.