

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO - CTC
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Pedro Henrique Lima Painim

**ESTUDO COMPARATIVO DO CICLO DE VIDA DOS MATERIAIS UTILIZADOS
NA FABRICAÇÃO DE UMA PRANCHA DE SURFE CONVENCIONAL EM
FLORIANÓPOLIS-SC**

Florianópolis

2022

Pedro Henrique Lima Painim

**ESTUDO COMPARATIVO DO CICLO DE VIDA DOS MATERIAIS UTILIZADOS
NA FABRICAÇÃO DE UMA PRANCHA DE SURFE CONVENCIONAL EM
FLORIANÓPOLIS-SC**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador: Thales Eduardo Tavares Dantas.

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra

Painim, Pedro Henrique Lima

Estudo comparativo do ciclo de vida dos materiais utilizados na fabricação de uma prancha de surfe convencional / Pedro Henrique Lima Painim ; orientador, Thales Eduardo Dantas Tavares, 2022.

56 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Avaliação de Ciclo de Vida. 3. Prancha de Surfe. 4. Poliuretano. 5. Poliéster. I. Tavares, Thales Eduardo Dantas . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. III. Título.

Pedro Henrique Lima Painim

**ESTUDO COMPARATIVO DO CICLO DE VIDA DOS MATERIAIS UTILIZADOS
NA FABRICAÇÃO DE UMA PRANCHA DE SURF CONVENCIONAL EM
FLORIANÓPOLIS-SC**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Sanitarista e Ambiental e aprovado em sua forma final pelo Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Florianópolis, 22 de abril de 2022.

Prof. Maria Elisa Magri, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Thales Eduardo Tavares Dantas, M.Sc.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Roni Matheus Severis
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Flávia Bittencourt Moré
Avaliadora
DEEP/USP

Este trabalho é dedicado, sobretudo, aos meus pais Cláudio e Rose.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, gostaria de agradecer aos meus pais, Cláudio e Rose, pois sem eles com certeza não teria chegado até a conclusão dessa etapa. Todo esforço e dedicação dos dois durante toda a vida para que eu e meu irmão tivéssemos boas condições foram minha força motriz para a conclusão desse curso.

Agradeço também a meu irmão Cláudio Jr, e a toda minha família que sempre me apoiaram e me fizeram acreditar no meu potencial.

Agradeço aos meus grandes amigos que me acompanham durante toda a vida e fizeram dessa trajetória mais leve e alegre. Agradeço a todos os colegas da turma 2014.1 da engenharia sanitária e ambiental, turma da qual tive o privilégio de fazer parte. Agradeço também a todos os colegas de outras turmas e cursos com os quais eu tive a sorte de encontrar, aprender e viver momentos inesquecíveis.

Agradeço ao Thales, meu orientador, pelos conhecimentos passados, pela paciência e pela cordialidade com que sempre me tratou.

Agradeço aos professores e à Universidade Federal de Santa Catarina por terem me proporcionado uma formação profissional de qualidade, além das vivências que me tornaram uma pessoa melhor.

Por fim, agradeço a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha trajetória acadêmica, muito obrigado.

“I think when a surfer becomes a surfer, it’s almost like an obligation to be an environmentalist at the same time.”

(Kelly Slater)

RESUMO

A prancha de surfe é o utensílio essencial para a prática do surfe, esporte ligado diretamente a natureza, porém sua produção é marcada por impactos ambientais. No presente estudo foi realizada uma Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) comparativa da produção de uma prancha de surfe convencional fabricada com bloco de poliuretano (PU) e resina poliéster com uma prancha fabricada com bloco de poliestireno expandido (EPS) e resina epóxi produzidas em Florianópolis-SC. O objetivo desse estudo foi avaliar e comparar os potenciais impactos ambientais associados às etapas de produção de matéria-prima, logística e transporte, produção da prancha e tratamento dos resíduos gerados. A unidade funcional foi a produção de uma prancha de surfe tamanho 6'0". Foram analisadas quatro categorias de impacto ambiental, sendo elas: Mudanças Climáticas; Toxicidade Humana; Eutrofização da Água Marinha e Ecotoxicidade Marinha. Os resultados da ACV constataram as etapas de maior impacto foram a produção dos blocos e das resinas. Na comparação de resultados entre os sistemas de produção foi possível notar que a prancha de PU apresenta maiores valores totais de impactos em todas as categorias de impacto analisadas. Por ter um peso mais elevado, o bloco de PU acaba contribuindo também em um maior impacto relacionado ao transporte e ao tratamento de resíduos. Na comparação entre as resinas, os valores de impacto foram parelhos, porém a resina epóxi obteve valores maiores nas categorias Toxicidade Humana, Ecotoxicidade Marinha e Eutrofização da Água Marinha. Os dados obtidos nessa ACV reiteram a necessidade do aperfeiçoamento do inventário utilizado e do uso de dados primários a fim de resultados mais robustos.

Palavras-chave: Avaliação de Ciclo de Vida. Prancha de Surfe. Poliuretano. Poliéster. EPS. Epóxi. Bloco. Resina.

ABSTRACT

The surfboard is the essential tool for the practice of surfing, sport directly linked to nature, but its production is marked by environmental impacts. In the present study, a comparative Life Cycle Assessment (LCA) was carried out between the production of a conventional surfboard made of polyurethane (PU) block and polyester resin with a board made of expanded polystyrene (EPS) block and epoxy resin produced in Florianópolis-SC. The objective of this study was to evaluate and compare the potential environmental impacts associated with the stages of raw material production, logistics and transport, board production and waste treatment. The functional unit was the production of a 6'0'' surfboard. Four categories of environmental impact were analyzed, namely: Climate Change; Human Toxicity; Eutrophication of Marine Water and Marine Ecotoxicity. The results of the LCA found the stages with the greatest impact were the production of blocks and resins. In the comparison of results between the production systems, it was possible to notice that the PU board presents higher total values of impacts in all the analyzed impact categories. Due to its higher weight, the PU block also ends up contributing to a greater impact related to transport and waste treatment. In the comparison between the resins, the impact values were similar, but the epoxy resin obtained higher values in the categories Human Toxicity, Marine Ecotoxicity and Eutrophication of Marine Water. The data obtained in this LCA reiterate the need to improve the inventory used and the use of primary data in order to obtain more robust results.

Keywords: Life Cycle Assessment. Surfboard. Polyurethane. Polyester. EPS. Epoxy. Blank. Resin.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Evolução das pranchas de surfe.....	18
Figura 2 - Fluxograma do processo produtivo de uma prancha de surfe	23
Figura 3 - Processo de laminação de uma prancha de surfe.....	26
Figura 4 - Surfista colocando o leash	27
Figura 5 - Acessórios da prancha de surfe	28
Figura 6 - Aparatos utilizados na fabricação de uma prancha de surfe.....	30
Figura 7 - Fases de uma ACV	31
Figura 8 - Sistema de produto e fronteira do sistema.....	38
Figura 9 - Mudanças Climáticas.....	43
Figura 10 - Toxicidade Humana.....	44
Figura 11 - Eutrofização da Água Marinha.....	45
Figura 12 - Ecotoxicidade Marinha.....	46
Figura 13 - Quilhas feitas com as sobras de resina e resíduos plásticos	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pegada de Carbono de uma prancha de surfe.....	36
Tabela 2 - Materiais tóxicos provindos da fabricação de uma prancha	36
Tabela 3 - Dados de inventário para uma prancha de PU + Poliéster	39
Tabela 4 - Dados de inventário para uma prancha de EPS + Epóxi.....	39
Tabela 5 - Energia elétrica utilizada na fabricação de uma prancha	40
Tabela 6 - Impactos ambientais das pranchas de surfe	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Impactos ambientais na produção de uma prancha.....	16
Quadro 2 - Evolução da fabricação das pranchas de surfe.....	19
Quadro 3 - Etapas do processo produtivo de uma prancha de surfe	22

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Avaliação de Ciclo de Vida
AICV	Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida
COVs	Compostos Orgânicos Voláteis
EIO-LCA	Economic Input-Output Life Cycle Assessment
EPI	Equipamento de Proteção Individual
EPS	Poliestireno Expandido
GAIA	Gerenciamento de Aspectos e Impactos Ambientais
ICV	Inventário de Ciclo de Vida
IBRASURF	Instituto Brasileiro de Surf
ISA	International Surfing Association
ISO	International Organization for Standardization
MEKP	Methyl Ethyl Ketone Peroxide
NBR	Norma Brasileira
P+L	Produção Mais Limpa
PEV	Ponto de Entrega Voluntária
PU	Poliuretano
SBRT	Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas
UF	Unidade Funcional
USD	Dólar Americano
UV	Ultravioleta

LISTA DE SÍMBOLOS E UNIDADES

'	Pés
”	Polegadas
%	Por Cento
CO ₂	Dióxido de Carbono
h	Horas
Kg	Quilograma
Kg 1,4 DCB-Eq	Quilograma de Diclorobenzeno Equivalente
Kg CO ₂ -Eq	Quilograma de Dióxido de Carbono Equivalente
Kg N-Eq	Quilograma de Nitrogênio Equivalente
Km	Quilômetros
Kwh	Quilowatt-hora
L	Litros
m	Metros
N	Nitrogênio
t	Toneladas
W	Watts

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	17
1.1.1	Objetivo Geral.....	17
1.1.2	Objetivos Específicos	17
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1	INDÚSTRIA DO SURFE	18
2.1.1	Cadeia Produtiva	20
2.1.1.1	Bloco de poliuretano.....	24
2.1.1.2	Bloco de EPS	24
2.1.1.3	Resina poliéster	25
2.1.1.4	Resina epóxi	25
2.1.1.5	Fibra de vidro	26
2.1.1.6	Outros insumos	26
2.1.2	Maquinário utilizado.....	28
2.2	AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA.....	31
2.2.1	Etapas da ACV	31
2.2.1.1	Definição de objetivo e escopo.....	32
2.2.1.2	Análise de inventário do ciclo de vida (ICV)	32
2.2.1.3	Avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV)	33
2.2.1.4	Interpretação do ciclo de vida.....	33
2.3	IMPACTOS AMBIENTAIS NA PRODUÇÃO DE PRANCHAS DE SURFE ...	34
3.	METODOLOGIA.....	37
3.1	DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ESCOPO.....	37
3.2	ANÁLISE DO INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA.....	38
3.3	AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA	40

3.4	INTERPRETAÇÃO	41
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	42
4.1	MUDANÇAS CLIMÁTICAS	42
4.2	TOXICIDADE HUMANA.....	43
4.3	EUTROFIZAÇÃO DA ÁGUA MARINHA	44
4.4	ECOTOXICIDADE MARINHA	45
4.5	RECOMENDAÇÕES.....	47
5.	CONCLUSÃO.....	49
	REFERÊNCIAS.....	51
	ANEXO A – Distância média da fábrica de pranchas até o fornecedor de matérias primas (Recife-PE-Florianópolis-SC).	55
	ANEXO B – Distância média da fábrica de pranchas até o aterro sanitário mais próximo (Florianópolis-SC-Biguaçu-SC).	56

1. INTRODUÇÃO

O surfe é uma das modalidades esportivas mais conectadas com a natureza, dependendo diretamente do mar para sua prática. Porém, a relação do esporte com o meio ambiente tem sido marcada pela produção de pranchas de surfe ambientalmente impactante. A prancha de surfe é o utensílio essencial para a prática do esporte, mas sua produção é perigosa tanto para o meio ambiente quanto para as pessoas envolvidas no seu processo de fabricação (GREES, 2014). Materiais não biodegradáveis acompanham constantemente a maioria dos surfistas, desde as pranchas feitas em blocos de poliuretano (PU) ou poliestireno expandido (EPS), laminadas com resinas altamente tóxicas, até as parafinas que tem origem derivada do petróleo. Derivados do petróleo são substâncias que devem passar por inúmeros processos químicos e elevações de temperatura, para transformar a fração extraída do petróleo no produto final. Com isso, durante as reações químicas, ocorre a geração de resíduos nocivos, que se não descartados de modo adequado, além de poluir o ecossistema, também colocam a saúde humana em risco (WEBER, 2020).

Por outro lado, economicamente, o surfe é também um atrativo negócio, visto que, só no Brasil, o esporte movimentava anualmente R\$ 7 bilhões em roupas, pranchas e acessórios, segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Surfe (IBRASURFE, 2019). De acordo com um levantamento feito pela *International Surfing Association* (ISA), mais de 23 milhões de pessoas praticam surfe, onde cerca de 3 milhões são brasileiros (ISA, 2020). Estima-se também, que no Brasil são produzidas cerca de 50.000 pranchas de surfe por ano (GRIJÓ, 2004). E com a entrada do esporte nas olimpíadas pela primeira vez no ano de 2021, o esporte ganhou elevada visibilidade e a cada dia reúne mais adeptos. Consequentemente gerando um aumento na geração de resíduos sólidos nos seus processos produtivos e pós-consumo.

Na fabricação de pranchas de surfe, muita energia é gasta desde a extração do petróleo do solo até a obtenção do produto final. E para a geração dessa energia que irá abastecer todas as etapas de fabricação, mais combustíveis fósseis são queimados, e com isso, mais CO₂ é gerado. Além da queima, o CO₂ é gerado a partir de diversas reações químicas. Assim, temos a geração elevada de CO₂ a partir de inúmeras fontes (SCHULTZ, 2009).

A prancha de surfe evoluiu muito pouco em termos de fabricação, pois é fabricada basicamente da mesma forma com bloco de PU e fibra de vidro desde os anos 1960. Poucos produtos no mundo são elaborados e construídos da mesma forma por tanto tempo (BASTOS, 2012). A fabricação de pranchas de modo convencional, do uso do bloco de PU como matéria-

prima e das sobras de PU nas fábricas que trabalham com esse material são assuntos já discutidos pelo fabricantes há algum tempo, porém é importante salientar a importância do envolvimento de autoridades competentes relacionadas a área ambiental, pois é uma problemática séria que gera impactos tanto ao meio ambiente quanto à sociedade (ARRUDA, 2012). Com o objetivo de analisar esses impactos, estruturou-se um quadro (Quadro 1) exemplificando os potenciais alvos de impacto ambiental inerentes ao processo de produção de uma prancha de surfe fabricada com bloco de PU e resina poliéster, adaptado de (GREES, 2014; BARCELOS, 2015).

Quadro 1 - Impactos ambientais na produção de uma prancha

Materiais	Efeitos para a Saúde Humana	Efeitos para o Ar	Efeitos para a Água	Efeitos para a Terra
Bloco de PU	A exposição pode causar irritação na pele, olhos, garganta e nariz. Pode conduzir a graves lesões oculares e cegueira. Classificado como carcinogênico.	Sem emissão.	Baixa toxicidade para a vida aquática.	Não degradabilidade. Elevada toxicidade às aves.
Fibra de Vidro	Irritação da pele, olhos e garganta.	Sem emissão.	Baixa toxicidade aguda para a vida aquática.	Não degradabilidade.
Resina Poliéster	Associada à depressão, problemas de concentração, fraqueza muscular, fadiga, narcoze e náuseas.	A decomposição libera monóxido e dióxido de carbono.	Toxicidade leve para a água. A decomposição libera ácidos orgânicos.	Toxicidade leve para a terra. A decomposição libera ácidos orgânicos.
Catalisador	Fatal se ingerido, é irritante à pele, olhos e garganta.	A decomposição libera monóxido e dióxido de carbono.	A decomposição libera monóxido e dióxido de carbono.	A decomposição libera monóxido e dióxido de carbono.

Fonte: Adaptado de Barcelos (2015).

Existem vários métodos capazes de identificar o impacto ambiental de um processo ou sistema, um deles é a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). Segundo a NBR 14.040 (ABNT, 2009a), a ACV estuda os aspectos ambientais e os impactos potenciais ao longo da vida de um produto, desde a aquisição da matéria-prima, passando por produção, uso e disposição. As categorias gerais de impactos ambientais que necessitam ser consideradas incluem o uso de recursos, a saúde humana e as consequências ecológicas.

Atualmente, as pranchas que mais se destacam são fabricadas à partir do bloco de PU com resina poliéster ou do bloco de EPS revestido com resina epóxi (OLIVEIRA, 2019). No

que cerne à fabricação, independentemente do bloco e da resina utilizados, diversos processos impactantes são empregados e em cada um deles uma vasta quantidade de poluentes é gerada, se por um lado o EPS é menos poluente que o PU, por outro, a poliamida, que é o catalisador utilizado na resina epóxi é uma substância química muito tóxica para o ambiente e principalmente para quem a manipula sem o uso dos EPI (GRIJÓ e PRIM, 2015). Sabendo disso, e com a crescente preocupação no desenvolvimento de produtos menos impactantes ao meio ambiente, é pertinente realizar um estudo focado em identificar e mensurar o potencial impacto ambiental relacionado a fabricação de pranchas de surfe. O presente estudo visa mensurar e comparar o impacto ambiental causado por esses dois tipos de prancha.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Comparar o impacto ambiental potencial da produção de pranchas de surfe feitas com bloco de PU e resina poliéster e pranchas feitas com bloco de EPS e resina epóxi fabricadas em Florianópolis-SC.

1.1.2 Objetivos Específicos

- i) Caracterizar os aspectos ambientais de um sistema de produção de pranchas;
- ii) Comparar os potenciais impactos ambientais inerentes a produção de pranchas feitas com bloco de PU e resina poliéster e pranchas feitas com bloco de EPS e resina epóxi fabricadas em Florianópolis-SC;
- iii) Sugerir recomendações para mitigação de impacto ambiental relacionado à fabricação de pranchas de surfe.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INDÚSTRIA DO SURFE

A origem do surfe é incerta, porém, a maior parte dos indícios aponta seu início para alguma ilha do Oceano Pacífico, mais precisamente na Polinésia Central. A prática de deslizar sobre as ondas teria se popularizado até chegar ao Havaí, onde o esporte era um privilégio limitado à realeza local. Naquela época, as pranchas havaianas mediam até 6 metros de comprimento e eram feitas a partir da madeira de árvores consideradas sagradas (RONDINELLI, 2019). Com o passar do tempo, foram desenvolvidos novos materiais mais leves e resistentes, até chegar na composição mais usada atualmente que se baseia em 3 materiais: o bloco, a fibra de vidro e a resina. Desde a década de 1970, as pranchas seguem esse modelo de fabricação. Dois tipos de pranchas são mais amplamente fabricados, o modelo feito com núcleo de PU e resina insaturada de poliéster, que representa 85% das pranchas fabricadas hoje em dia, e a prancha feita com núcleo de EPS e resina epóxi (SCHULTZ, 2009). A Figura 1 e o Quadro 2 exemplificam a evolução das pranchas de surfe através dos anos, tendo como matéria-prima desde a madeira até os blocos de espuma.

Figura 1 - Evolução das pranchas de surfe



Fonte: Hawaii Surf Point (2019)

Quadro 2 - Evolução da fabricação das pranchas de surfe

Ano/Período	Tipo de Prancha	Materiais	Características	Impactos Ambientais	Biodegradável
1920	Madeira	Madeira Balsa	Robustez e Flutuabilidade	Desmatamento	Sim
Fim de 1920	Madeira Envernizada	Madeira Balsa e Verniz	Robustez e Resistência à Água	Desmatamento, Emissão de COVs (Compostos Orgânicos Voláteis), Uso de Derivados de Petróleo	Não
1930	Madeira Oca com Quilha	Madeira Balsa, Verniz e Cola	Leveza, Resistência à Água e Manobrabilidade	Desmatamento, Emissão de COVs, Nocivo a Camada de Ozônio	Não
1946	1ª com Fibra de Vidro	Madeira Balsa ou Poliestireno, Fibra de Vidro e Resina	Leveza, Facilidade de Fabricação, Robustez e Resistência à Água	Desmatamento, Emissão de COVs, Nocivo a Camada de Ozônio, Contaminação do Oceano	Não
1950	Madeira, Resina e Fibra de Vidro	Madeira Balsa ou Poliestireno, Fibra de Vidro, Resina Epóxi e Cola	Leveza, Facilidade de Fabricação, Robustez e Resistência à Água	Desmatamento, Emissão de COVs, Nocivo a Camada de Ozônio, Contaminação do Oceano	Não
1958- Presente	Bloco de Espuma, Fibra de Vidro e Resina	Bloco de Espuma, Fibra de Vidro e Resina Poliéster	Durabilidade, Qualidade, Facilidade de Fabricação, Robustez, Resistência à Água	Emissão de COVs e CO2, Nocivo a Camada de Ozônio, Substâncias Cancerígenas, Contaminação do Oceano	Não

Fonte: Adaptado de Sullivan (2007).

No Brasil são produzidas cerca de 50.000 pranchas de surfe por ano e de 50% a 70% da matéria-prima consumida no processo produtivo é descartada. Essa quantidade de material corresponde a um prejuízo financeiro superior a *USD* 7.000.000 e mais de 380 toneladas de substâncias tóxicas e inflamáveis descartadas, como o peróxido de metil-etila (catalisador); cobalto (acelerador); monômero de estireno, parafina bruta e pigmentos, muitos deles com metais pesados incorporados (NASCIMENTO, 2017). Os resíduos desses insumos são classificados como perigosos (Classe I), que compreendem a materiais que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposição especiais devido às suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, entre outras, segundo a NBR 10004 (ABNT, 2004). Esses resíduos perigosos acabam sendo depositos nos "lixões", ou aterros simples, sem tratamento ambiental, o problema principal é que esses resíduos são rejeitos tóxicos, perfuro-cortantes, possuem baixa densidade, o que resulta na ocupação de grande volume em áreas destinadas para o aterramento (GRIJÓ, 2004).

Economicamente, a indústria do surfe no Brasil movimenta *USD* 1,6 bilhões por ano, com mais de 600 empresas disputando cerca de 58.000.000 de consumidores potenciais de produtos relacionados ao esporte e aproximadamente 2.500.000 praticantes. Segundo um levantamento do Instituto de pesquisa BRASMARKET realizada em 2000, o surfe no Brasil era o segundo esporte mais praticado entre os homens e o terceiro mais assistido na televisão, crescendo de forma exponencial e aumentando a escala da geração de resíduos sólidos (GRIJÓ e PRIM, 2015).

2.1.1 Cadeia Produtiva

Os atores da cadeia produtiva na fabricação de uma prancha de surfe são os fabricantes de matéria-prima, distribuidores, *shapers*, pintores e laminadores. Os fabricantes são responsáveis por fornecer os insumos para a produção de pranchas e seus principais produtos de comercialização são as resinas, as fibras e os blocos de PU ou EPS. Os distribuidores tem a função de transportar esses materiais da fábrica ao local de produção. *Shaper* é o indivíduo responsável pelo desenvolvimento das formas e da estrutura a ser dada à prancha. Os pintores ficam encarregados de dar pigmentação à prancha através de tintas e vernizes caso ela seja feita dessa forma, a maioria das pranchas convencionais não são pintadas devido ao acréscimo de peso que essa etapa agrega à prancha. O laminador fica responsável por revestir a prancha com

a fibra de vidro e resina, tornando-a impermeável e resistente a impactos. É comum serem realizadas as etapas de *shape*, pintura e laminação pelo mesmo ator (BARCELOS et al., 2017).

Para a fabricação de uma prancha de surfe, vários processos são necessários e em cada um deles são gerados uma variedade de resíduos, emissões e efluentes. O processo é dividido basicamente em duas macroetapas, a modelagem do bloco e a etapa de laminação (BARCELOS, 2019). O bloco de PU ou EPS já vem de fábrica pré-moldado. O *shaper* desenha o chamado *outline* (forma final), que gera aparas longitudinais e latitudinais de PU ou EPS, de acordo com o bloco utilizado. Em seguida, esse produto é polido com plaina elétrica, lixa manual ou lixadeira elétrica e também pode ser usado o *surform*, um equipamento de aço manual, cuja função é acertar pequenas falhas geradas pelo emprego das máquinas citadas. Nestas fases são descartados flocos e pó de poliuretano ou EPS (GRIJÓ, 2004).

Em seguida o bloco já com a forma final pode ser pintado com tinta vinílica aspirada e após a secagem é revestido com fibra de vidro e uma mistura de resina e peróxido de metil-etila (catalisador) na primeira camada (*glass*). Nas duas camadas restantes (*hot coat* e *gloss*) também se incorporam uma nova mistura, o monômero de estireno, cobalto (acelerador) e parafina bruta, que tem a função de proporcionar mais transparência e diluição da resina com o propósito de obter um melhor acabamento. Os estabilizadores hidrodinâmicos das pranchas (quilhas) são produzidos separadamente e com um compósito semelhante ao do revestimento inicial. Tanto no revestimento como na produção de quilhas são gerados rejeitos em forma sólida e particulada dos compósitos dessas duas misturas e também emissões nocivas que são lançadas no ambiente. (GRIJÓ e BRÜGGER, 2011).

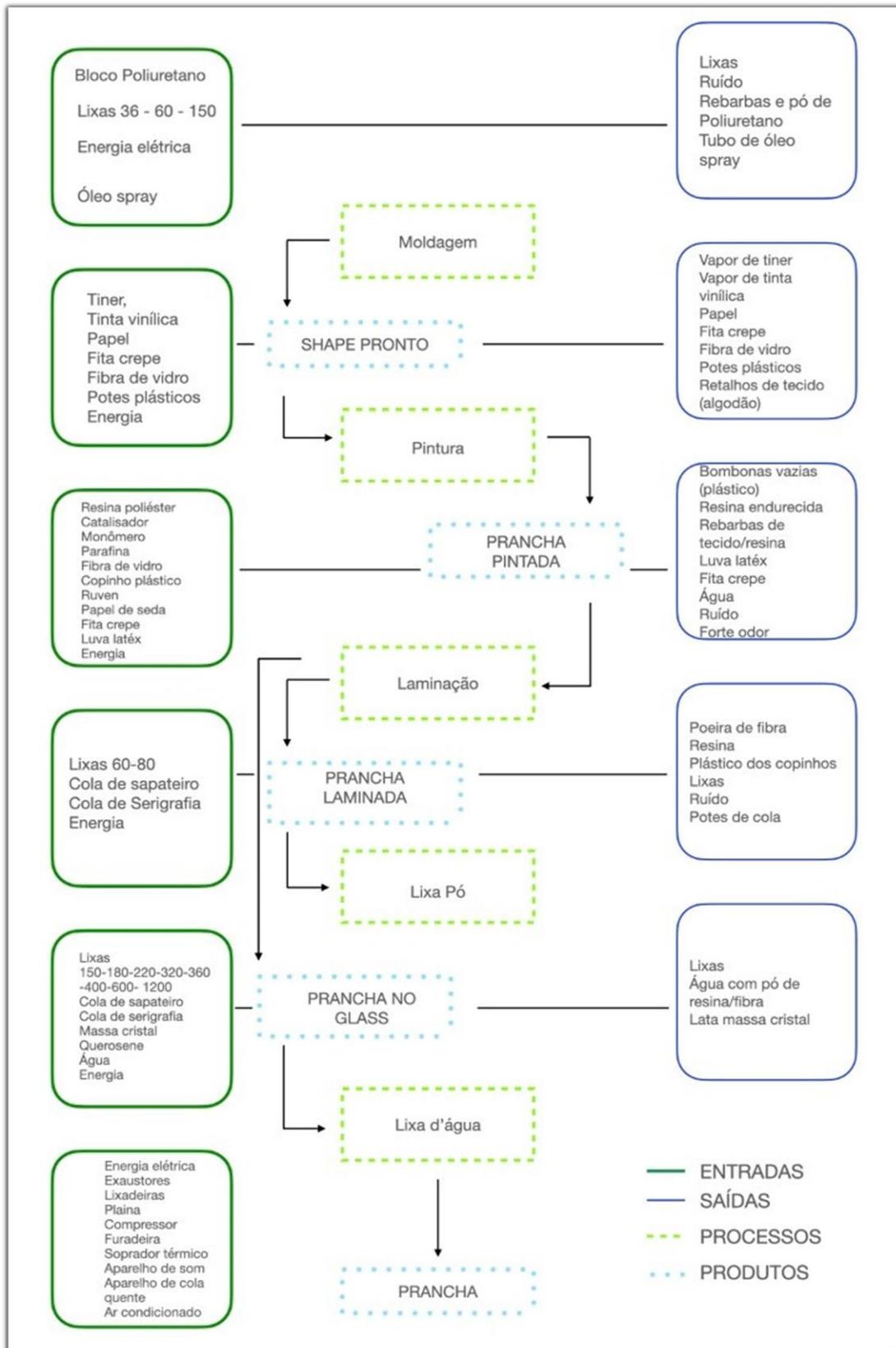
No Quadro 3, estão descritas as etapas básicas do processo de fabricação de uma prancha de surfe feita com bloco de PU e resina poliéster. Na Figura 2 está exemplificado o processo de produção de uma prancha de surfe com bloco de PU e resina poliéster em forma de fluxograma. Atualmente, as pranchas de surfe mais usuais são compostas, basicamente, por três materiais: espuma ou bloco (feita de PU ou EPS), fibra de vidro e resina (poliéster ou epóxi) (ECYCLE, 2012). Nos capítulos a seguir, esses materiais serão descritos detalhadamente.

Quadro 3 - Etapas do processo produtivo de uma prancha de surfe

Macroprocesso	Processo	Descrição
<i>Shape</i>	Dimensões, Curvas e Desbaste	A primeira etapa, onde é dado o formato de prancha ao bloco de PU através do uso de ferramenta de corte ou desgaste. Nessa etapa é onde se gera o maior volume de resíduos de PU, sendo esse resíduo disposto em pedaços e em pó.
	Acabamento	Nessa etapa, o formato da prancha é finalizado e são utilizadas somente lixas e pequenas plainas manuais para singelas correções e homogeneização da superfície da prancha, já que a etapa anterior pode deixar frisos e pequenas imperfeições. Compreende a última etapa com geração de resíduo de PU, sendo esse em pó.
Laminação	Pintura	A terceira etapa acontece caso a prancha seja pintada. A pintura compreende a aplicação de tintas e vernizes. São utilizados, além do material de pintura, solventes, fitas adesivas e papéis para cobertura da pintura. Ao final da etapa, os resíduos são fitas e papéis contaminados por tintas, vernizes e solventes. Há também a eliminação de gases tóxicos.
	Laminação	A quarta e última etapa é a laminação, onde é realizado o isolamento e a estruturação da prancha pela aplicação de uma manta de fibra de vidro e resinas sobre a superfície do bloco. É realizado o uso de fibras, resinas, monômeros, catalisadores, solventes, fitas, lixas, energia elétrica e água. Esta etapa apresenta a maior variedade de materiais residuais, sendo eles, resina e fibra em pó e em pedaços, lixas contaminadas com pó de resina e fitas contaminadas com resina.

Fonte: Adaptado de Barcelos (2015).

Figura 2 - Fluxograma do processo produtivo de uma prancha de surfe



Fonte: Adaptado de Mazzoco (2007).

2.1.1.1 Bloco de poliuretano

O PU é um tipo de espuma rígida que forma o núcleo da prancha de surfe, ou seja, é o seu preenchimento principal. Certos tipos de prancha de surfe podem levar em sua constituição a longarina central, que nada mais é do que uma peça vertical de madeira, encaixada no meio da prancha para garantir maior resistência e rigidez longitudinal, além de facilitar a modelagem da forma da prancha de surfe. O bloco é fabricado através da injeção do poliuretano líquido em um molde. É o tipo de bloco mais usado para a fabricação de pranchas, e para esse fim é recomendado ser leve e o mais branco possível, o que o torna mais fácil de ser moldado (ECYCLE, 2012). Os fabricantes costumam dispor de um catálogo de bloco para cobrir todas as necessidades dos *shapers*, variando os tamanhos desde pranchas de surfe *shortboard* cujos tamanho variam de 5'6'' a 6'5'' (1,68 metros a 1,95 metros) até pranchas de surfe *longboard* que pode chegar até 12'0'' (3,6 metros) (SEBAS, 2014).

2.1.1.2 Bloco de EPS

A sigla EPS vem do nome em inglês, *Expanded Polystyrene*, que em português é traduzido como Poliestireno Expandido. O material é da família dos plásticos, fabricado a partir de pequenos grânulos à base de petróleo. Durante sua produção, o EPS passa por um processo de expansão (por isso o nome poliestireno expandido), assim, o produto como o conhecemos é, na verdade, 98% composto de ar e apenas 2% de matéria-prima, devido à essa característica, é usado na fabricação nas pranchas de surf devido à sua leveza, e possui a peculiaridade de somente poder ser laminado com a resina epóxi, não compatível com as resinas poliéster (EPSBRASIL, 2021).

Atualmente, o EPS tem larga utilização na indústria, principalmente na área de embalagens. É um material que apresenta características importantes como baixa absorção de água, resistência ao envelhecimento e é inócuo, ou seja, não constitui substrato para a proliferação de micro-organismos ou animais dentre outras. Porém seu descarte é extremamente danoso ao meio ambiente, pois com o passar do tempo ele tende a se desintegrar, dando origem ao microplástico, que possui a capacidade de absorver compostos tóxicos em sua estrutura, como, pesticidas e metais pesados (ECYCLE, 2020). Apesar de compor a família dos plásticos e, portanto, não ser biodegradável, o EPS é 100% reciclável, podendo ser reutilizado de diversas formas, cerca de 34,5% do material produzido no Brasil é reciclado e reutilizado na produção

de novos objetos de plástico, colas, solas de sapato e até mesmo energia térmica elétrica (KNAUF, 2019).

2.1.1.3 Resina poliéster

O papel da resina no processo de fabricação é a aglomeração de partículas de pigmentos, ou seja, é a parte não volátil do produto (FAZENDA, 1995). A resina poliéster é um sistema completamente diferente da resina epóxi. A vantagem da resina de poliéster é que seu custo é de 2 a 3 vezes mais baixo que a de epóxi, possibilitando mais facilidade no controle e produção em escala por conta da sua secagem que é controlada pelo catalizador MEKP. A desvantagem é a sua permeabilidade, pois na secagem dos solventes torna a resina porosa, absorvendo água lentamente com o uso, destruindo as características mecânicas, com o tempo a prancha fica mais pesada, influenciando diretamente a usabilidade do produto. A proporção de resina e fibra de vidro é quase 2 vezes a mais que a de epóxi (ALEXANDRE, 2018). Além disso, a resina é suscetível a mudanças de suas características químicas e físicas ao longo tempo, diminuindo sua resistência a impactos e ocasionando rachaduras na prancha (LANGAI, 2020).

2.1.1.4 Resina epóxi

Se comparada com a resina poliéster, é um material nobre, resistente, flexível, emite menos gases tóxicos, visto que é uma resina produzida a base de água (LEITE, 2019). A resina epóxi é considerada um material nobre, pois não possui solventes e sua polimerização (cura) só ocorre quando os dois componentes, resina epóxi e endurecedor, cada um na sua proporção são misturados. A desvantagem, além do custo mais elevado, é a necessidade de controlar a temperatura e umidade no processo de produção e de ser mais apropriado realizar a pós cura em estufa. O uso de resina epóxi em pranchas de surfe se bem executado resulta em uma prancha leve e ao mesmo tempo rígida. No caso da resina de poliéster ela continua curando (secando) ao longo do tempo, tendo mais chances de ter rachaduras e quebras enquanto a resina epóxi uma vez curada e pós curada mantém suas características físicas e químicas integrais (ALEXANDRE, 2018).

2.1.1.5 Fibra de vidro

A fibra de vidro é um compósito (material formado pela união de outros materiais com o objetivo de se obter um produto de maior qualidade) filamentosos de finíssimos fios de vidro, agregados através de resinas, silicones, fenóis e outros compostos solúveis em solventes orgânicos, e ainda pode conter em sua formulação alguns componentes como óxidos de potássio, ferro, cálcio e alumínio (SANTOS, 2019). A fibra de vidro, quando impregnada de resina, como exemplificado na Figura 3, tem a função de conceder força e rigidez à prancha de surfe. Existem diversos tipos de tecidos de fibra de vidro, com diferentes espessuras, formas de cruzamento de fibras, fabricantes e qualidade. Para pranchas de surfe, é muito comum, o uso de uma capa de fibra de vidro 4 Oz (onças) no *bottom* (parte de baixo da prancha) e duas capas de 4 Oz (onças) no *deck* (parte de cima da prancha) (SEBAS, 2014).

Figura 3 - Processo de laminação de uma prancha de surfe



Fonte: SCcompositos (2018).

2.1.1.6 Outros insumos

Para complementar o processo de fabricação de uma prancha de surfe, de acordo com SEBAS (2014), são necessários outros insumos, como o estireno parafinado, que é misturado à resina poliéster numa proporção de 5%, para realizar o *hot coat* (camada de resina aplicada sobre o tecido já laminado), esse procedimento permite o lixamento da superfície da prancha

com maior facilidade. Para a resina poliéster, é utilizado o catalisador a fim de endurecer a mistura com a ação do calor. É usado entre 1% e 3% de catalisador, dependendo da temperatura ambiente, podendo variar de 18 a 25 graus Celsius. Fora dessas temperaturas, o catalisador não funciona bem. Também é possível usar o catalisador na resina UV, para realizar um trabalho noturno por exemplo, para que a resina se endureça mesmo longe dos raios de sol.

As microesferas de vidro são misturadas com a resina até se alcançar uma consistência viscosa. Essa mistura é usada para pequenos consertos, para fixar os encaixes dos *leashes* ou de quilhas. É um produto com potencial impacto para a qualidade do ar, sendo nocivo à saúde humana quando inalado, por isso é necessário manipulá-lo com precaução e com uso de máscara (SEBAS, 2014). Os suportes para as quilhas foram inventados nos anos 1990, revolucionando o mercado do surfe, permitem a troca de quilhas, e retira-las ao realizar o transporte das mesmas. Os copinhos laterais têm um pequeno ângulo para possibilitar a inclinação das quilhas, enquanto que os centrais não levam ângulo, para que a quilha central fique à 90 graus com respeito à prancha. O encaixe de *leash* é colocado no *tail* (rabeta) da prancha para que seja possível amarrar o *leash*, tornozeleira feita de neoprene que liga o surfista à prancha, (Figura 4) (LANGAI, 2021). Os acessórios inerentes à uma prancha de surfe estão exemplificados na Figura 5.

Figura 4 - Surfista colocando o leash



Fonte: Mybest, 2021.

Figura 5 - Acessórios da prancha de surfe



Fonte: Red Skull, 2022.

2.1.2 Maquinário utilizado

Para qualquer processo de produção de manufaturas, são empregados instrumentos específicos (ferramentas, equipamentos de proteção, etc). Para entender melhor o que ocorre em cada etapa do processo, deve-se conhecer sobre esses equipamentos e saber que não existe o instrumento perfeito, mas sim aqueles instrumentos que são complementares uns com os outros. É importante salientar que cada *shaper* tem um conhecimento específico do processo de produção e isso pode acarretar em algumas peculiaridades na produção que variam de um *shaper* para outro. De acordo com a SBRT (2013), os equipamentos utilizados nesta etapa são:

- Equipamentos de proteção: O processo de fabricação de pranchas de surf pode trazer danos à saúde ao produtor. Afim de evitar estes danos, o *shaper*, pintor e o laminador necessitam sempre se proteger. O *shaper* deve sempre utilizar máscara de papel, para evitar a aspiração de poeira dos blocos de PU ou EPS. O pintor deve sempre estar com luvas de borracha e máscara com respirador e filtro, visto que o contato com substâncias químicas, como as tintas, deve ser também evitado. O laminador deve estar, em tempo integral, utilizando máscara com respirador e luvas, tendo em vista que a fibra de vidro provoca irritações quando em contato com a pele, assim como sua inalação pode ser prejudicial ao sistema respiratório. Com relação ao ambiente

de trabalho, é recomendável que o processo de fabricação de pranchas de surfe se dê em locais arejados e bem iluminados;

- Cavaletes: utilizados como apoio para os blocos na etapa de moldagem (ou *shape*), tem como função manter o bloco a ser moldado numa altura confortável e ergonômica para o shaper;

- *Outlines*: os blocos já chegam ao *shaper* pré-moldados, mas necessitam dos ajustes para o biótipo de cada surfista. Os *outlines* são réguas de papel – moldes que norteiam o *shaper* na modelagem do bloco. Os riscos baseados no *outline* são feitos no poliuretano ou EPS e devem estar na parte inferior do bloco. As linhas podem ser copiadas de outros modelos de pranchas ao invés de se utilizar as réguas de papel;

- Plaina: após o desenho do formato desejado de prancha, o *shaper* deve utilizar equipamentos para desgastar o bloco. Um dos equipamentos usados nesta etapa é a plaina, utilizada com o propósito de retirar grandes pedaços do bloco e aproximá-lo das formas do *outline*. É também utilizada no fundo da prancha (*bottom*), na retirada de material em excesso, sendo preferido ao serrote por sua maior precisão;

- Serrote: pode ser utilizado com o mesmo propósito da plaina, em caso de não haver uma plaina disponível, mas exige mais cautela por parte do *shaper*, visto que seu corte é mais grosseiro e facilita o aparecimento de pequenas ondulações indesejáveis na superfície da prancha;

- *Surform*: lima metálica utilizada por muitos *shapers* logo após o desenho dos *outlines*. Retira pedaços grandes de material do bloco e deixa a superfície com bom aspecto, sendo necessário para não ser preciso aplicações demoradas de lixa. O *surform* é ideal para eliminar pequenas imperfeições deixadas pelo serrote ou pela plaina;

- Lixas: as lixas são ferramentas abrasivas que desgastam aos poucos a superfície na qual entra em contato, deixando-a mais uniforme, sendo uma ferramenta importante na eliminação de imperfeições e retirando as rebarbas deixadas no *shape* pelo serrote, pela plaina ou farpas de fibra de vidro que surjam após a aplicação da resina sobre os tecidos de fibra. As lixas utilizadas para a fabricação são, geralmente, de 3 tipos: uma de ferro com granulometria por volta de 60 e outras duas lixas d'água (uma com granulometria 320 e a outra 600). A lixa mais grossa (60 para ferro) é utilizada no processo de preparação para o acabamento, onde após a aplicação das camadas de resina, retira o excesso da resina e as ondulações da laminação. Já

as lixas d'água 320 e 600 são empregadas com o propósito do polimento, bem ao final do processo;

- Espátula: ferramenta utilizada com o propósito de espalhar resina nos tecidos de fibra de vidro aplicados sobre o *shape*, após a etapa de pintura;
- Serra copo: utilizada após a etapa de *glass*, ou laminação, para que sejam feitos os furos no bloco para a colocação dos suportes das quilhas (quando estas são móveis);
- Implementos de pintura: equipamentos utilizados para o incremento da estética da prancha, deixando-a com o aspecto que mais agrada ao surfista. Há surfistas que preferem que a prancha não tenha pinturas, sendo assim, o produto final fica mais barato;

Os principais aparatos utilizados na fabricação estão exemplificados na Figura 6.

Figura 6 - Aparatos utilizados na fabricação de uma prancha de surfe



Fonte: SRBT, 2013.

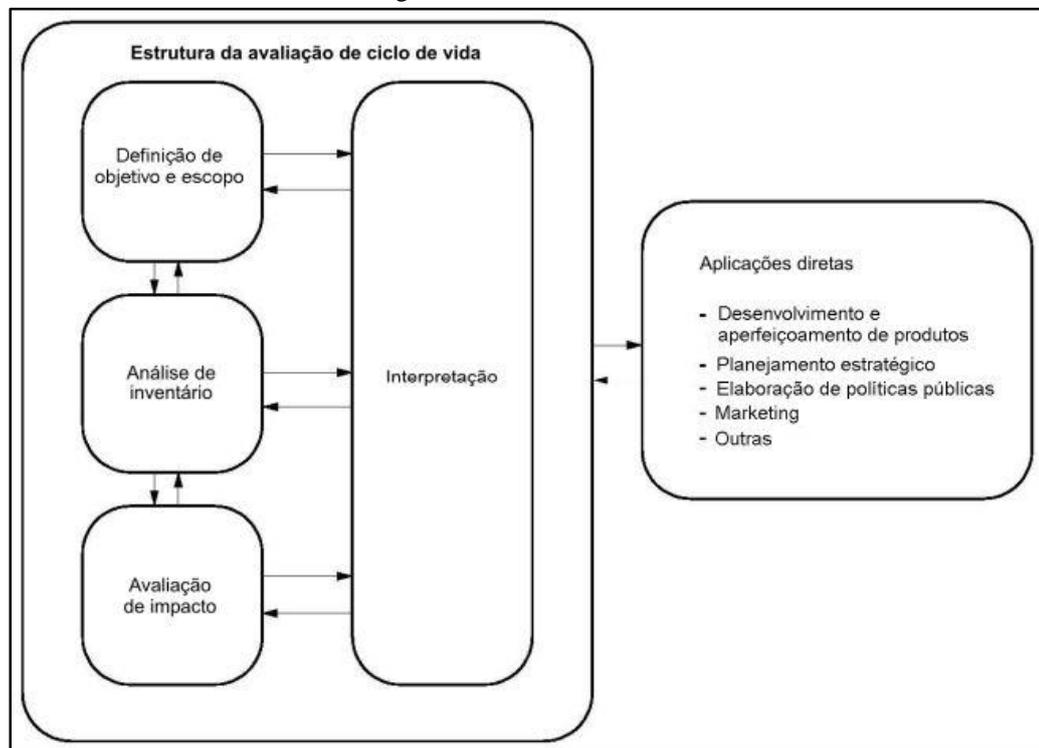
2.2 AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA

A ACV é uma técnica desenvolvida para mensuração dos possíveis impactos ambientais causados como resultado da fabricação e utilização de determinado produto ou serviço. Trata-se de um método iterativo de avaliação do impacto ambiental completo de um produto, desde sua extração até seu descarte (IBICT, 2009). Todo produto gera impactos ambientais, independentemente de sua composição. Esses impactos estão associados a cada um dos estágios de um ciclo de vida, inclusive as etapas posteriores ao descarte, pois cada fase interfere de alguma maneira no equilíbrio ambiental (OLSEN et al, 2001).

2.2.1 Etapas da ACV

Um estudo de ACV é composto por quatro fases, de acordo com a NBR ISO 14040 (ABNT, 2009) que rege os princípios e a estrutura da ACV, como pode ser visto na Figura 7. As fases de uma ACV se dividem em definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos e interpretação de resultados.

Figura 7 - Fases de uma ACV



Fonte: (ISO 14040, 2009).

2.2.1.1 Definição de objetivo e escopo

De acordo com a ISO 14040 (ABNT, 2009), o objetivo e escopo devem declarar de forma muito clara a aplicação pretendida, as razões para conduzir o estudo e o público-alvo e ainda devem ser consistentes com a aplicação pretendida. Assim, neste momento do estudo deve ser definida a função do sistema de produto estudado, a unidade funcional, as unidades de processo e as fronteiras do sistema. Cada um destes itens é definido pela ISO 14040 (ABNT, 2009) como:

- Sistema de produto: Conjunto de unidades de processo, conectadas material e energeticamente, que realiza uma ou mais funções definidas. Assim, a função do sistema é a finalidade de uso do produto.

- Unidade funcional: Desempenho quantificado de um sistema de produto para uso como uma unidade de referência em um estudo de avaliação do ciclo de vida.

- Unidades de processo: Menor porção de um sistema de produto para a qual são coletados dados quando é realizada uma avaliação do ciclo de vida.

- Fronteiras do sistema: Interface entre um sistema de produto e o meio ambiente ou outros sistemas de produto.

2.2.1.2 Análise de inventário do ciclo de vida (ICV)

De acordo com Catalisa (2021), a etapa ICV compreende a coleta de dados e cálculos aplicados às entradas e saídas do sistema de produto estudado. Os procedimentos de cálculo visam quantificar cada fluxo e referenciá-lo de acordo com a unidade funcional já escolhida na etapa anterior da ACV. O balanço de energia e massa é uma importante condição que deve ser respeitada, garantindo a integridade e controle dos processos. Normalmente é a etapa que mais demanda esforços, recursos e tempo, uma vez que nem todos os dados são de fácil levantamento. Alguns fatores devem ser considerados são i) fluxograma do sistema de produto; ii) procedimentos de cálculo; iii) procedimentos de alocação. De acordo com a ISO 14040 (ABNT, 2009), os dados qualitativos e quantitativos coletados para o inventário devem considerar cada unidade do processo elementar incluída na fronteira do sistema. Os dados coletados serão validados e utilizados para quantificar as entradas (dados referentes à energia, matéria-prima, produtos auxiliares) e saídas (produtos, coprodutos, resíduos, e emissões para o ar, solo e água) dos processos elementares. Em casos de sistemas em que há a geração de mais

de um produto, convém realizar procedimentos de alocação ou expansão do sistema. Os dados podem ser de origem primária, coletados in loco do objeto de estudo; ou secundária, retirados da literatura ou de bases de dados (RABAÇA, 2015).

2.2.1.3 Avaliação de impacto do ciclo de vida (AICV)

A Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) utiliza os resultados da análise do inventário para avaliar a significância dos impactos ambientais potenciais. De maneira geral, este processo envolve a associação de dados de inventário com impactos ambientais específicos e a tentativa de compreender estes impactos. A escolha dos impactos avaliados e das metodologias utilizadas bem como o nível de detalhes depende do objetivo e do escopo do estudo (ABNT, 2009). A avaliação fornece a estimativa dos impactos ambientais por etapa e/ou em totalidade do ciclo de vida de um produto, possibilitando comparar o desempenho de uma opção com outra (SAIC, 2006).

A Norma ISO 14040 (ABNT, 2009), indica que a AICV pode incluir elementos mandatórios e elementos opcionais. Os elementos obrigatórios englobam a seleção das categorias de impacto, classificação e caracterização, já os elementos opcionais englobam a normalização, agrupamento e ponderação. A avaliação facilita a interpretação do inventário, já que torna os resultados brutos em compreensíveis categorias de impacto, tais como aquecimento global, depleção da camada de ozônio, acidificação, eutrofização, entre outros (MENDES et al, 2016).

2.2.1.4 Interpretação do ciclo de vida

De acordo com a ISO (ABNT, 14040), a interpretação é a fase da ACV em que as constatações da análise do inventário e da avaliação de impacto são combinadas, de forma consistente, com o objetivo e o escopo definido, visando alcançar conclusões e recomendações. A fase de interpretação da ACV compreende três etapas (CHEHEBE, 1997):

- Identificação das questões ambientais mais significativas tendo como base os resultados obtidos nas fases de ICV ou AICV;
- Avaliação da integridade (plenitude), sensibilidade e consistência;
- Conclusões, recomendações e relatório referentes as questões ambientais significativas.

É importante salientar que o estudo de ACV é iterativo, assim as informações obtidas nesta última fase podem afetar as fases anteriores. Neste caso, as novas informações obtidas devem ser consideradas e as fases iniciais devem ser retrabalhadas. Por esse motivo, é comum em estudos de ACV as fases serem trabalhadas paralelamente (COLTRO, 2007).

2.3 IMPACTOS AMBIENTAIS NA PRODUÇÃO DE PRANCHAS DE SURFE

Os impactos ambientais relacionados à prática do surfe vem sendo estudados há algum tempo. A prancha de surfe é o utensílio essencial para a prática do esporte, mas sua produção apresenta riscos e impactos ambientais e ocupacionais significativos. Também foi constatado que os processos produtivos e os insumos utilizados na produção das pranchas de surfe geram impacto negativo direto ao ambiente e à vizinhança onde a indústria está inserida (BARCELOS, 2015).

Brasil, Ramos e Goda (2013), destacam que as pesquisas sobre o tema possuem características e enfoques diversos, mas que a produção acadêmica sobre a indústria de pranchas de surfe ainda é incipiente, ensejando uma exploração ampla do tema. Nesse sentido há uma questão relevante a ser verificada que se refere à descrição da estrutura da indústria. Os principais referenciais existentes sobre o tema abordaram a fabricação de pranchas de surfe sob a perspectiva de uma unidade fabril apenas, ou seja, apenas um elo da cadeia (LERÍPIO, 2001).

O estudo de Barcelos (2015), procurou analisar o desempenho ambiental da cadeia produtiva na fabricação de pranchas de surfe em Florianópolis – SC, definindo critérios e requisitos para subsidiar essa análise, identificando os elos da cadeia produtiva, estabelecendo seus pontos críticos e propondo melhorias. Através de um estudo de caso, foram aplicados modelos de gestão ambiental (P+L e GAIA) que buscam aumentar a eficiência na utilização de matéria-prima, água, energia e reduzir os resíduos gerados, acarretando ganhos econômicos e ambientais (SOUZA, 2020). A aplicação dessas ferramentas e a análise dos dados concluíram que o desempenho ambiental da indústria das pranchas de surfe em Florianópolis não é satisfatório, tendo em seus elos de fabricação, a usinagem e a laminação como pontos críticos do processo.

Já o trabalho de Oliveira (2019), teve como abordagem principal o design sustentável de pranchas de surfe e visou buscar diretrizes para a produção de pranchas de surfe sustentáveis. Houve um enfoque detalhado na questão da produção de pranchas de PU e EPS, no quesito impacto ambiental, porém pelo caráter genérico da análise realizada e pela falta de dados

quantitativos de materiais empregados e resíduos gerados, o modelo de análise proposto não pode ser considerado um indicador preciso de sustentabilidade ou eco-efetividade, entretanto agregando informações relevantes para trabalhos relacionados a este tema.

Segundo Schultz (2009), o interesse da comunidade do surfe para projetar uma prancha a partir de materiais menos impactantes ao meio ambiente é cada vez maior, no entanto, até o estudo realizado por ele, nenhuma ACV de uma prancha de surfe convencional havia sido identificada. Através de uma ACV dos materiais básicos utilizados na fabricação de pranchas de surfe torna-se possível para os membros do segmento, tomar decisões para mitigação do impacto ambiental, a fim de tornar o surfe, uma prática cada vez mais ecologicamente correta.

O estudo de Schultz (2009) realizou uma ACV para comparar o impacto ambiental na fabricação de pranchas analisando o processo do berço ao túmulo. Foi constatado que ao longo de toda a vida útil de uma prancha de surfe, a fabricação do núcleo de uma prancha e a resina petroquímica compõem a maior parte da pegada de carbono, que é uma medida da quantidade de emissões de dióxido de carbono que são causadas, tanto de forma direta como indireta, por uma atividade, ou são acumuladas ao longo do ciclo de vida de um produto (WIEDMANN; MINX, 2008), referente a produção de uma prancha de surfe, 28% da pegada de carbono é referente a produção do bloco, seja ele feito de PU ou EPS. Já a pegada de carbono causada pelas resinas são de 20% para a resina poliéster e 28% para a resina epóxi. Esses dois componentes também respondem pela maior parte do total de subprodutos tóxicos. A fibra de vidro que compõe o revestimento externo de uma prancha de surfe é responsável por uma pequena fração dessas pegadas – menos de 5%. Na Tabela 1 encontram-se os valores de pegada de carbono para os dois tipos de prancha mencionados de tamanho 6'2'' (1,87 metros). Já na Tabela 2 encontram-se os valores de materiais tóxicos na fabricação das pranchas de surfe.

Tabela 1 – Pegada de carbono de uma prancha de surfe

Tipo de prancha	PU + Poliéster	EPS + Epóxi
Unidade	kgCO ₂ eq	kgCO ₂ eq
Bloco	50	60
Fibra de Vidro	10	10
Resina	30	70
Catalisador	3	20
Fabricação	10	10
Manutenção	65	70
Aditivo	6	0
Total	170	250

Fonte: Adaptado de Schultz (2009).

Tabela 2 - Materiais tóxicos produzidos na fabricação de uma prancha

Tipo de prancha	PU + Poliéster	EPS + Epóxi
Unidade	g	g
Bloco	110	150
Fibra de Vidro	10	10
Resina	60	100
Catalisador	5	30
Manutenção	80	70
Aditivo	8	0
Total	260	360

Fonte: Adaptado de Schultz (2009).

3. METODOLOGIA

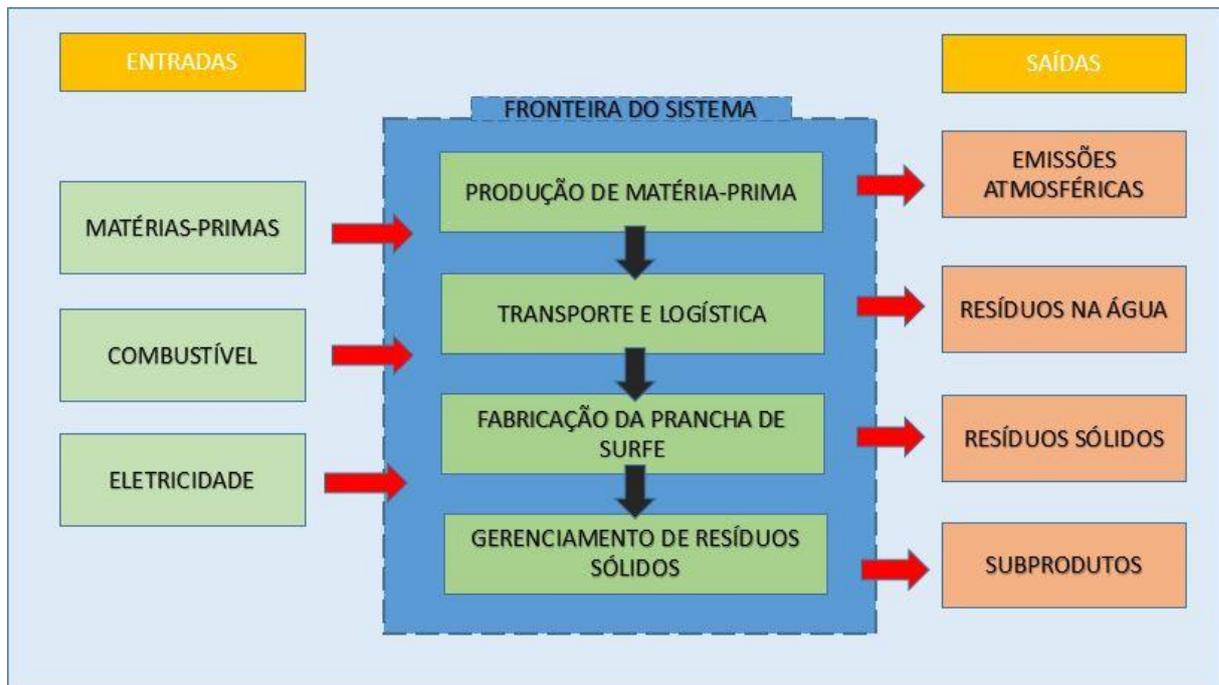
O presente estudo foi estruturado baseando-se nas normas NBR ISO 14040 (ABNT, 2009a) e 14044 (ABNT, 2009b) que especificam os requisitos e provêm orientações para a realização de uma ACV separando o processo em quatro etapas: definição de objetivo e escopo, análise de inventário de ciclo de vida, avaliação do impacto de ciclo de vida e interpretação de resultados, que serão descritas a seguir.

3.1 DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ESCOPO

O presente estudo de ACV visa mensurar os potenciais impactos ambientais inerentes a fabricação de uma prancha de surfe. O objetivo consiste em comparar os potenciais impactos ambientais causados por uma prancha feita de PU e poliéster com uma prancha feita de EPS e epóxi. Através dessa comparação será possível quantificar os impactos ambientais e identificar possibilidades de mitigação desses impactos no processo de produção dessas pranchas.

O sistema de produto foi delimitado de acordo com uma fronteira do sistema do berço ao portão, como pode ser visto na Figura 8. A fronteira considera as etapas desde a produção de matéria prima até o processo de fabricação da prancha de surfe, incluindo a etapa de transporte e logística das matérias-primas até a sala de *shape* e o transporte dos resíduos dessa produção para o aterro sanitário. A função do sistema de produto é possibilitar a prática do esporte surfe através do utensílio prancha de surfe. A unidade funcional (UF) é a produção de uma prancha de surfe convencional tamanho 6'0". Nesse estudo, será analisado o processo produtivo de moldagem, revestimento e acabamento para a fabricação de duas pranchas de surfe tamanho 6'0", ambas com o mesmo *design* e volume, uma produzida com bloco de PU e resina poliéster e outra produzida com bloco de EPS e revestida com resina epóxi.

Figura 8 - Sistema de produto e fronteira do sistema



Fonte: Elaborado pelo autor

3.2 ANÁLISE DO INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA

Os dados do inventário do ciclo de vida foram divididos pelas unidades de processo selecionadas na fronteira do sistema, ou seja, desde a produção de matéria-prima até a chegada do resíduo da produção ao aterro sanitário. Para a realização do inventário, os dados das etapas de produção de matéria-prima, fabricação de pranchas e gerenciamento de resíduos são secundários. Os dados referentes ao transporte e logística e energia utilizada no maquinário elétrico são estimados. A fonte de dados de matérias-primas foi baseada na planilha de quantificação de resíduos gerados na produção de uma prancha de surfe tamanho 6'0'' adaptada do estudo de Mazzoco (2007). A partir da média da mensuração de 5 pranchas, foi apresentada a quantidade de insumos utilizados e todo o material que é gasto, empregado e desperdiçado na produção de uma prancha de surfe feita com bloco de PU, fibra de vidro e resina poliéster, como pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3 - Dados de inventário para uma prancha de PU + Poliéster

PRANCHA DE SURFE 6'0'' PU + RESINA POLIÉSTER			
MATERIAIS	GASTO (g)	EMPREGADO (g)	PERDA (g)
Bloco bruto	2357	1271	1086
Fibra de vidro (total)	610	433	177
Resina (total)	2074	1409	665
Suporte para <i>leash</i>	68	68	0
Resíduos lixa seca	-	-162	162
Resíduos lixa d'água	-	-70	70
Outros – luvas, lixas e fita crepe	397	0	397
Produto final	5506	2949	2557

Fonte: Adaptado de Mazzoco (2007).

Já para o inventário da prancha de surfe feita com bloco de EPS e resina epóxi, foi realizada uma pesquisa com diversos *shapers* de Florianópolis (*Reaction Surfboards*, *Machucho Surfboards*, *Arenque Surfboards*, *Adaga Shaper*), onde pôde-se concluir que basicamente a fabricação é realizada da mesma forma que a prancha de PU, só alterando o bloco e a resina utilizada. O diferencial é o bloco de EPS, que é cerca de 3 vezes mais leve que o bloco de PU (SIQUEIRA, 2015). Portanto os dados de inventário da prancha feita de EPS e resina epóxi foram adaptados conforme a Tabela 4.

Tabela 4 - Dados de inventário para uma prancha de EPS + Epóxi

PRANCHA DE SURFE 6'0'' EPS + RESINA EPÓXI			
MATERIAIS	GASTO (g)	EMPREGADO (g)	PERDA (g)
Bloco bruto	786	424	362
Fibra de vidro (total)	610	433	177
Resina (total)	2074	1409	665
Suporte para <i>leash</i>	68	68	0
Resíduos lixa seca	-	-162	162
Resíduos lixa d'água	-	-70	70
Outros – luvas, lixas e fita crepe	397	0	397
Produto final	3935	2102	1833

Fonte: Adaptado de Mazzoco (2007).

Para o inventário de transporte e logística, foi considerada a fábrica de blocos TECCEL, localizada na cidade de Recife-PE, que é hoje líder no mercado de blocos para fabricação de pranchas e sua produção atende toda demanda nacional além de exportar para países como Portugal, França, Estados Unidos, Peru, Chile, Espanha e Uruguai (TECCEL, 2018), além de fabricar resinas, tecidos e todos os produtos envolvidos na fabricação de pranchas. Foi calculada a distância média da fábrica TECCEL até uma fábrica de pranchas de Florianópolis-SC (Arenque *Surfbords*). Também foi calculada a distância média da fábrica da Arenque até o aterro sanitário mais próximo (Central de Gerenciamento de Resíduos Tijuquinhas-Guaporanga) localizado no município de Biguaçu-SC.

Foi contabilizada a energia elétrica utilizada pelo uso de equipamentos elétricos através de uma estimativa realizada com base nas informações fornecidas pelos *shapers* do tempo médio de uso de cada equipamento, conforme a Tabela 5.

Tabela 5 - Energia elétrica utilizada na fabricação de uma prancha

Equipamento	Quantidade	Tempo de uso (h)	Potência (W)	Consumo (kWh)
Plaina	1	2	800	1,6
Furadeira	1	0,2	400	0,08
Lixadeira Elétrica	1	1	250	0,25
Lâmpada	2	4	54	0,432
Total	-	-	-	~ 2,5

Fonte: Elaborada pelo autor.

3.3 AVALIAÇÃO DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA

O programa computacional utilizado para realização da ACV foi o *openLCA* versão 1.10.3 desenvolvido pela empresa *GreenDelta GmbH*. A base de dados utilizada foi a *Ecoinvent* versão 3.7.1. O modelo de avaliação de impacto ambiental utilizado para avaliar os dados foi o *ReCiPe H 2016*. Através do modelo *ReCiPe*, foram escolhidas para a avaliação, as seguintes categorias de impactos ambientais: Mudanças Climáticas; Toxicidade Humana; Eutrofização da Água; e Ecotoxicidade Marinha. Como o esporte surfe depende diretamente do mar aberto para sua prática, foram escolhidas essas categorias por terem ligação direta com o local de

realização do esporte, além de sua fabricação estar ligada diretamente a manufatura humana. Não foi considerada alocação para esse sistema de produto.

3.4 INTERPRETAÇÃO

A interpretação se dará seguindo a norma ISO 14044 (2009a), que deve compreender: a identificação dos impactos ambientais significativos; a avaliação do estudo em relação a sua completeza, sensibilidade e consistência; e também deverá conter conclusões e recomendações de implementação de melhorias com a finalidade de reduzir os impactos ambientais significativos, e para um estudo comparativo, os sistemas devem ser comparados usando a mesma unidade funcional e considerações metodológicas equivalentes, tais como desempenho, fronteira do sistema, qualidade dos dados, procedimentos de alocação, regras para decisões quanto à avaliação de entradas e saídas e avaliação de impacto. Não será realizada uma comparação direta com o estudo realizado por Schultz (2009), visto a diferença de premissas entre os estudos, como a diferença de *inputs* na modelagem da ACV, do método de AICV e a diferença do tamanho e volume das pranchas analisadas. Também é importante salientar que o estudo de Schultz (2009) foi realizado nos EUA, considerando a realidade de produção de matéria-prima, transporte, logística e tratamento de resíduos com os parâmetros desse país.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do método de análise de ciclo de vida adotado, foram obtidos os resultados de impacto ambiental para as categorias: Mudanças Climáticas; Toxicidade Humana; Eutrofização da Água Marinha; e Ecotoxicidade Marinha descritos na Tabela 6. Como pode ser observado, a prancha de PU obteve impactos ambientais mais significativos em todas as categorias analisadas. Considerando os resultados, a prancha de EPS obteve um perfil ambiental mais adequado. A seguir serão discutidos os resultados de cada categoria detalhadamente.

Tabela 6 - Impactos ambientais das pranchas de surfe

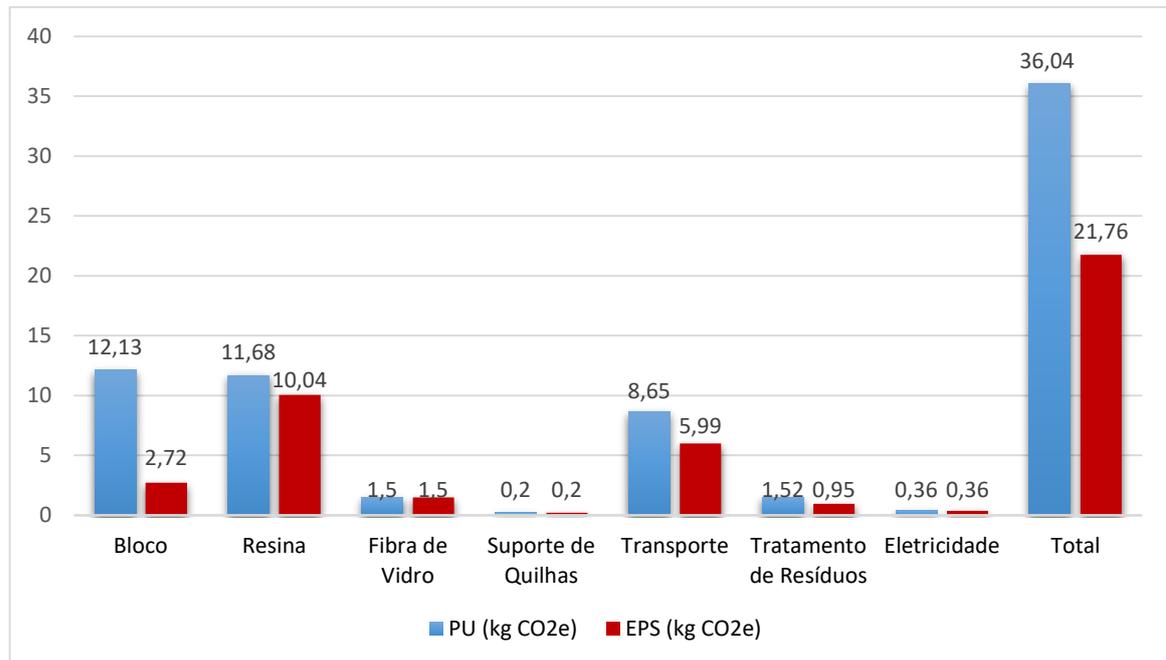
Categorias de Impacto	Unidade	Prancha de PU	Prancha de EPS
Mudanças Climáticas	kg CO ₂ -eq	36,04	21,76
Toxicidade Humana	kg 1,4DCB-eq	10,73	8,1
Eutrofização da Água Marinha	kg N-eq	0,048	0,025
Ecotoxicidade Marinha	kg 1,4DCB-eq	0,724	0,53

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A categoria mudanças climáticas é mensurada através da massa equivalente de dióxido de carbono emitida pelo processo. A quantidade de emissões de gases causadores do efeito estufa emitida na atmosfera, gerada pelo consumo de energia e combustível é conhecida como “pegada de carbono” (PACHECO, 2011). Na Figura 9 estão representadas as contribuições de cada componente da prancha para essa categoria. Como pode ser visto, a pegada de carbono emitida pela prancha de PU é consideravelmente maior que a prancha de EPS, tendo como principal agente emissor, a fabricação do bloco. Diferentemente do estudo de Schultz (2009), onde o bloco de EPS e a resina epóxi eram responsáveis pela maior parte da pegada de carbono. É importante salientar que nesse estudo, a prancha tinha dimensões maiores (6’2’’) e as entradas utilizadas para a realização da modelagem de ACV foram diferentes. Foram considerados aspectos não abordados aqui, como a manutenção da prancha, o uso de catalisador e do aditivo, além de ter sido utilizado um outro método de AICV (EIO-LCA).

Figura 9 - Mudanças Climáticas

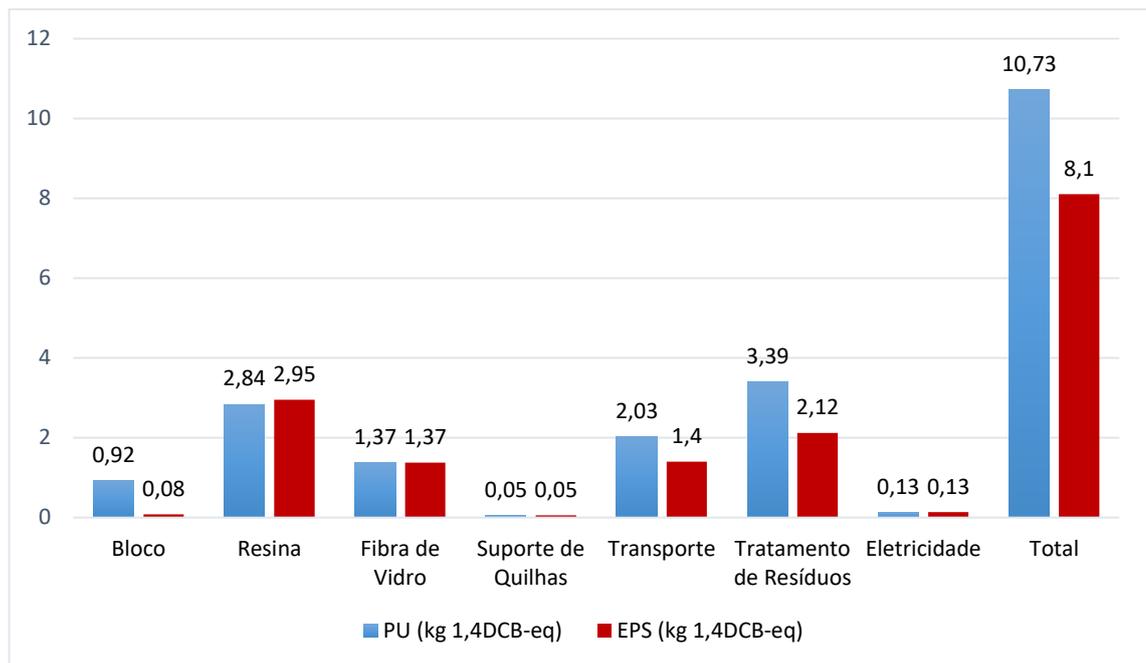


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 TOXICIDADE HUMANA

O potencial de toxicidade humana é expresso em kg de 1,4-diclorobenzeno-equivalente (1,4DCB-eq). A toxicidade humana representa valores de acumulação na cadeia alimentar e toxicidade de um produto químico, via destino e exposição, às espécies afetadas e às incidências de doenças, que podem causar danos aos ecossistemas e à saúde humana (OLIVEIRA, 2018). Na Figura 10 está representada a toxicidade inerente a cada componente das pranchas para essa categoria. Pode-se perceber uma equidade nos valores de toxicidade entre as pranchas, destoando apenas entre os blocos, a diferença de peso entre eles faz com que o bloco de PU tenha um potencial impacto maior que o bloco de EPS. O estudo de Schultz (2009) analisou a toxicidade de uma forma genérica, não especificando entre toxicidade humana, ecotoxicidade de água marinha ou ecotoxicidade terrestre. Na Figura 10 está representada a toxicidade inerente a cada componente das pranchas para essa categoria.

Figura 10 - Toxicidade Humana

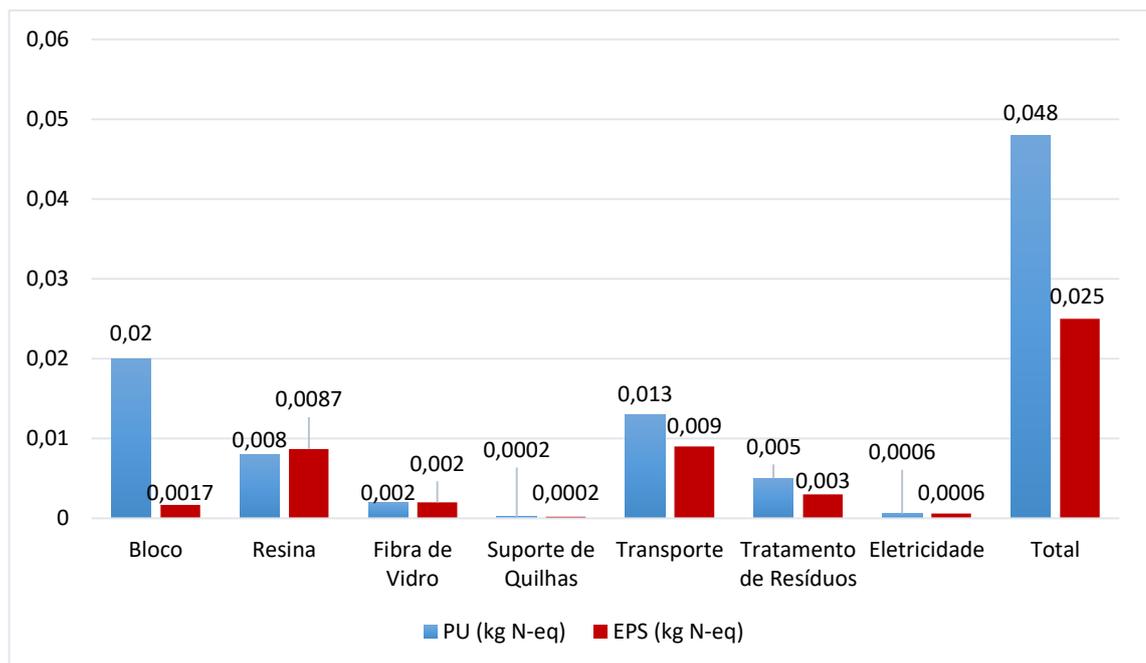


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3 EUTROFIZAÇÃO DA ÁGUA MARINHA

A eutrofização compreende o excesso de minerais e nutrientes no meio ambiente, principalmente, nos recursos hídricos. Como consequência, ocorre o crescimento excessivo de algas, sendo algumas delas altamente tóxicas. Os principais elementos responsáveis pela eutrofização são nitrogênio e fósforo. Os métodos de AICV adotam diferentes abordagens para determinar os impactos da eutrofização. Nesse caso será considerada a eutrofização da água marinha. Em geral, a eutrofização da água marinha é focada nas emissões de nitrogênio para a água e o ar (RAIJMAKERS, 2020). Os valores de eutrofização da água marinha são dados por kg de Nitrogênio equivalente. Conforme a Figura 11, podemos observar que a maior discrepância de valores se dá no impacto dos blocos, onde PU emite 0,02 kg N-eq e EPS emite 0,0017. Os demais aspectos, como a resina, o transporte e o tratamento de resíduos apresentam valores bem próximos para essa categoria.

Figura 11 - Eutrofização da Água Marinha

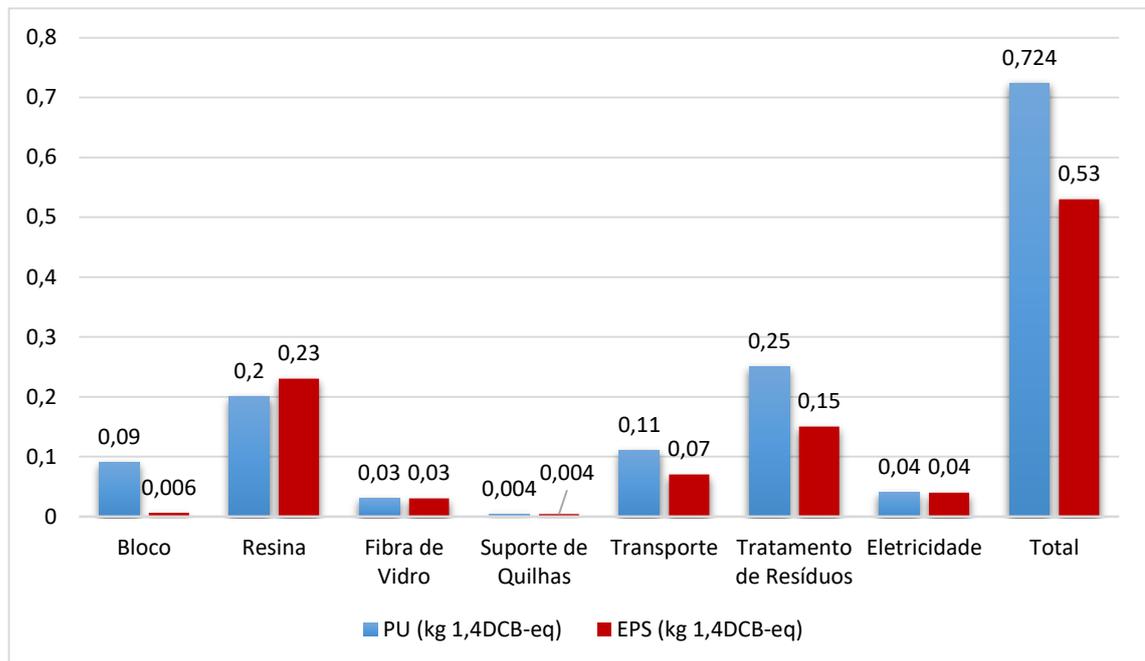


Fonte: Elaborado pelo autor.

4.4 ECOTOXICIDADE MARINHA

A ecotoxicidade marinha se refere aos efeitos dos compostos químicos, sintéticos e/ou naturais, e de atividades antropogênicas, nos organismos e no ambiente, seja ele aquático ou terrestre, em seus vários níveis de organização biológica (LEcotox, 2022). Assim como a toxicidade humana, seu valor é expresso em kg de 1,4-diclorobenzeno-equivalente (1,4DCB-eq). Os valores de ecotoxicidade marinha provenientes de cada componente das pranchas estão representados na Figura 12. Como pode-se observar, a diferença mais gritante se dá entre os blocos, o de PU tem o valor de 0,09 kg 1,4DCB-eq e o bloco de EPS tem o valor de 0,006. A prancha de PU também demonstrou maiores valores nos aspectos transporte e tratamento de resíduos. Nessa categoria, a resina epóxi obteve um valor mais significativo do que a resina poliéster.

Figura 12 - Ecotoxicidade Marinha



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5 RECOMENDAÇÕES

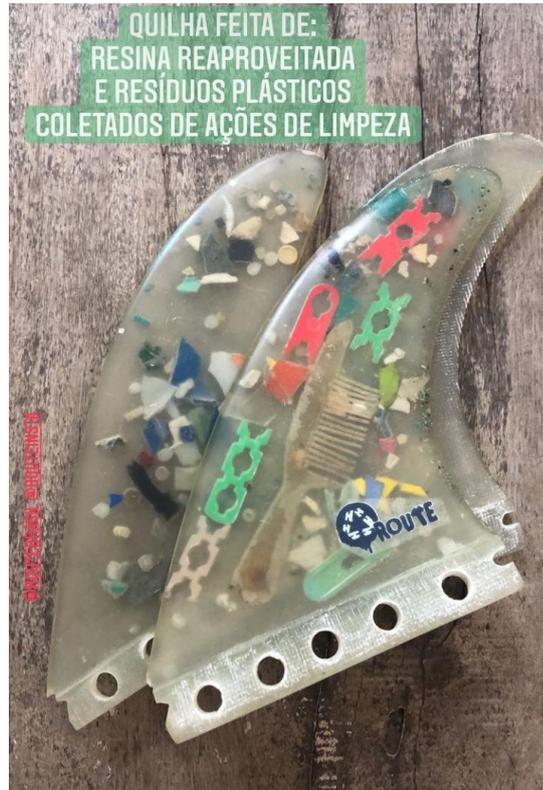
Através do estudo realizado, podemos observar que a prancha de EPS apresenta valores mais baixos de impacto ambiental em todas as categorias, portanto, seria uma melhor opção de prancha a ser usada analisando esse aspecto. Em relação ao transporte, podemos observar que ele representa uma porção considerável de impacto ambiental, portanto se possível, seria interessante a utilização de blocos produzidos por empresas mais próximas à fábrica, desta forma diminuindo a cadeia de suprimentos e a necessidade de transporte, além de alavancar a economia local.

Com relação ao tratamento de resíduos sólidos relacionados às sobras de matéria-prima, é possível elencar diversas alternativas para mitigação do impacto gerado. A partir da reciclagem mecânica do bloco de PU misturado com serragem, é possível se obter placas compactadas visando sua utilização como componente de gesso acartonado (núcleo de gesso envolto por aditivos) para a construção civil (TARRAGÓ et al., 2011). Já o EPS é um material completamente reciclável, inclusive, no município de Florianópolis, foram instalados 11 pontos de entrega voluntária (PEV), para o recolhimento desse material. Todo EPS coletado no município é transformado em molduras, perfis decorativos, entre outros produtos pela indústria catarinense Santa Luzia Molduras (MICHALTCHUK, 2021).

A reciclagem das resinas é um assunto mais complexo, visto que a reciclagem de polímeros termofixos tem sido um grande desafio para cientistas ao redor do mundo, devido as inúmeras ligações cruzadas (ligações entre duas cadeias de polímeros) e a impossibilidade de reprocessamento destes materiais (REGIO, 2021). Porém usando a criatividade é possível encontrar novas utilidades para qualquer produto, como pode ser visto na Figura 10, onde foi produzida uma quilha a partir das sobras de resina, contendo no seu interior, os resíduos coletados na limpeza de praia pelo Projeto Route em 2022. Como alternativa ao aterro, é sabido que a resina é totalmente degradada quando atinge temperaturas elevadas (425° C), porém isso acarreta na formação de subprodutos, como o estireno (VIEIRA e LEBRÃO, 2018).

Atualmente, a reciclagem de fibras de vidro é pouco explorada devido a barreiras técnico-econômicas, porém estão sendo realizadas pesquisas para o reaproveitamento da fibra de vidro através do processamento mecânico dos resíduos de compósitos, porém, essas pesquisas tem focado nos resíduos oriundos nos processos industriais (ECYCLE,2020).

Figura 13 - Quilhas feitas com as sobras de resina e resíduos plásticos



Fonte: Projeto Route, 2022.

Atualmente existe uma infinidade de formas de fabricação de pranchas e matérias-primas utilizadas, como kevlar, fibra de carbono, madeira, com ou sem longarina (TINELLI, 2010). Porém nesse estudo foram avaliadas as pranchas feitas de EPS e PU por serem as mais utilizadas, como justificado anteriormente no texto. Portanto é pertinente a realização de novos estudos de ACV com essas inovações para possibilitar recomendações de mitigação de impacto e avaliar qual tipo de prancha ou matéria-prima é mais ambientalmente adequada.

5. CONCLUSÃO

Através da ACV, o presente estudo apresentou a avaliação dos impactos ambientais potenciais inerentes à produção de uma prancha de surfe fabricada com PU e os impactos inerentes a uma prancha fabricada com EPS produzidas em Florianópolis-SC. Foi considerado o ciclo de vida do berço ao portão desde a fabricação das matérias-primas até a sua produção contando com o tratamento de resíduos gerados pelas sobras da produção. Analisando as quatro etapas do processo de produção (fabricação de matérias-primas, transporte, produção, energia elétrica utilizada, e tratamento de resíduos), pode-se concluir que a etapa de fabricação de matérias-primas obteve os maiores valores de impactos ambientais em todas as categorias analisadas: Mudanças Climáticas; Toxicidade Humana; Eutrofização da Água Marinha e Ecotoxicidade Marinha. Os principais causadores de impactos observados foram o bloco e a resina, com exceção da categoria Ecotoxicidade Marinha e Toxicidade Humana, onde a etapa de tratamento de resíduos gerou maior impacto ambiental no caso da prancha de PU.

É importante observar que o bloco de PU teve valores de impacto maiores que o bloco de EPS em todas as categorias analisadas. Considerando que as pranchas tem o mesmo tamanho e volume, o peso dos blocos torna muito relevante à análise, visto que interfere em outras etapas, tanto a etapa de transporte e logística, quanto a etapa de tratamento de resíduos são atribuídos maiores valores a prancha de PU devido seu peso mais elevado em comparação ao EPS. Na comparação do impacto ambiental entre as resinas poliéster e epóxi, os valores se mantiveram parelhos. A resina epóxi obteve maiores valores de impacto nas categorias Toxicidade Humana, Eutrofização da Água Marinha e Ecotoxicidade Marinha.

. Para estudos futuros, recomenda-se a utilização de dados primários, com detalhamento das matérias-primas utilizadas para se obter resultados mais confiáveis como rege a norma NBR ISO 14044 (ABNT, 2009b). Também houve a limitação relacionada a indisponibilidade de alguns dados de matérias-primas no banco de dados utilizado. Dessa forma, algumas entradas e saídas do inventário foram adaptadas ou foram descartadas durante a modelagem. Alguns aspectos ambientais não foram considerados no presente estudo, como a manutenção da prancha, o uso de aditivos, o uso de catalisadores e o tempo de vida da prancha. Já o presente estudo considerou a realidade da América do Sul – Brasil para a escolha de fornecimento de dados.

Foram sugeridas algumas alternativas de mitigação desses impactos, como o uso da prancha de EPS ao invés de PU, que pelo presente estudo apresenta menos potenciais impactos

ambientais. A reciclagem do PU, onde pode ser realizado o descarte em mais de 10 pontos de entrega voluntária no município de Florianópolis, por exemplo. Cabe também a quem se interessar pesquisar mais sobre os projetos de surfe e sustentabilidade, como o projeto Route, onde é realizado a limpeza de praias voluntariamente, e recentemente foram produzidas quilhas com as sobras das resinas utilizadas na fabricação de pranchas.

Por fim, é importante elencar que existem poucas ACVs realizadas sobre o tema. Para tornar o surfe, uma prática cada vez mais ambientalmente correta, estudos como esse são de grande valia. Considerando a quantidade de inovações na fabricação de pranchas, se torna pertinente a realização de estudos de impacto e comparações entre esses materiais para tornar esse processo cada vez menos impactante. A fim de obter resultados mais confiáveis e robustos, é recomendável a realização de um inventário com dados primários, como um estudo de caso, onde deve ocorrer a mensuração de todos os componentes utilizados durante a fabricação das duas pranchas com mesmo tamanho, volume e *design*.

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 10004: Resíduos sólidos - Classificação**. Rio de Janeiro: 2004.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14040: gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: princípios e estrutura**. Rio de Janeiro: 2009a.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14044: gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: requisitos e orientações**. Rio de Janeiro: 2009b.
- ABRAPEX. Associação Brasileira do Poliestireno Expandido. **O EPS na Construção Civil: Características do poliestireno expandido para utilização em edificações**. São Paulo, set. 2000.
- ALEXANDRE. **Resina Epóxi x Resina Poliéster**. 2018. Disponível em: < <https://blog.fibraseresinas.com.br/resina-epoxi-x-resina-poliester/>>. Acesso em: 18/02/2022.
- ARRUDA, Gustavo. **Pegadas Salgadas**. 2012. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=0KUIrjunyxY&t=1187s>>. Acesso em: 12/12/2021.
- BASTOS, Avelino. **Pegadas Salgadas**. 2012. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=0KUIrjunyxY&t=1187s>>. Acesso em: 12/12/2021.
- BARCELOS, Ricardo L. **Avaliação do Desempenho Ambiental da Cadeia Produtiva de Pranchas de Surfe em Florianópolis-SC**. 2015. Univali.
- BRASIL, Vinicius Zeilmann; RAMOS, Valmor; GODA, Ciro. **A Produção Científica sobre Surf: uma Análise a partir das Publicações entre 2000 -- 2011**. Pensar A Prática, Goiânia, p. 869-885. set. 2013.
- CATALISA. **Quais são as fases da análise do ciclo de vida?**. 2021. Disponível em: < <https://www.catalisajr.com.br/quais-sao-as-fases-da-analise-de-ciclo-de-vida/>>. Acesso em: 24/03/2022.
- CHEHEBE, J. R. **Análise do Ciclo de Vida de Produtos: ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark.,CNI,1997.
- COLTRO, L.. **“Avaliação de Ciclo de Vida como Instrumento de Gestão”**. 2007. Campinas: CETEA/ITAL, 72 p.
- COLTRO, L.: GARCIA, E. E. C.. **Avaliação do Ciclo de Vida como Instrumento de Gestão de Processos e Produtos**. 2006. (Relatório de pesquisa).
- ECYCLE. **Fibra de vidro: matéria-prima de muitos itens pode expor riscos no processo de produção**. 2020. Disponível em: < <https://www.ecycle.com.br/fibra-de-vidro-materia-prima-de-muitos-materiais-pode-expor-riscos-no-processo-de-producao/>>. Acesso em: 14/04/2022.

ECYCLE. **Isopor é útil, mas tem grande impacto ambiental.** 2020. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/eps-isopor>>. Acesso em: 25/02/2022.

ECYCLE. **Prancha de surf tem muitos impactos ambientais.** 2012. Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/prancha-de-surfe/>>. Acesso em: 05/02/2022.

EPSBRASIL. **10 Mitos e verdades sobre o EPS.** 2021. Disponível em: <<http://www.epsbrasil.eco.br/noticia/view/79/10-mitos-e-verdades-sobre-o-eps-isopor%C2%AE.html#:~:text=1.,gr%C3%A2nulos%20%C3%A0%20base%20de%20petr%C3%B3leo.>>. Acesso em: 21/02/2022.

GREES, Tyler H. **A Wooden Alternative: Examining the Environmental Impact of the Production of Surfboards.** 2014. 49 f. TCC (Graduação) –Curso de Bachelor Of Arts, Bates College, Lewiston, 2014.

GRIJÓ, Paulo Eduardo Antunes. **Alternativas de recuperação dos resíduos sólidos gerados na produção de pranchas de surfe.** 2004. Dissertação de mestrado - UFSC.

GRIJÓ, P.E.A.; BRUGGER, P.; **Estudo Preliminar para Gestão Ambiental na Produção de Pranchas de Surfe.** Cleaner Production Initiatives And Challenges For A Sustainable World, São Paulo, Brazil, 2011.

GRIJÓ, Paulo Eduardo Antunes. PRIM, Elivete Carmen Clemente. **Produção Ecológica de Pranchas de Surfe: Utopia ou Realidade.** XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão (ISSN 1984-9354) & II INOVARSE. Rio de Janeiro - RJ, 2015.

IBRASURF. Instituto Brasileiro de Surf. 2019. Disponível em: <<https://forbes.com.br/principal/2019/09/conheca-as-cifras-que-vem-em-ondas/>>. Acesso em 28/01/2021.

IBICT. **O que é Avaliação de Ciclo de Vida.** 2009. Disponível em: <<https://acv.ibict.br/acv/o-que-e-o-acv/>>. Acesso em: 21/02/2022.

ISA. International Surfing Association. 2020. Disponível em: <<https://blog.sympla.com.br/esportes-de-aventura-produtor-de-eventos/#:~:text=De%20acordo%20com%20um%20levantamento,adequadas%20para%20encerrar%20as%20ondas.>> Acesso em: 28/01/2021.

LANGAI. **Do que são feitas as pranchas de surf?.** 2020. Disponível em: <<https://www.langai.com.br/post/1033/do-que-sao-feitas-as-pranchas-de-surf->>. Acesso em 28/02/2022.

LEcotox. Laboratório de Ecotoxicologia Marinha e Microfitobentos. 2022. Disponível em: <<https://www.io.usp.br/index.php/ocean-coast-res/40-portugues/infraestrutura/laboratorios/515-laboratorio-de-ecotoxicologia-marinha-e-microfitobentos.html>>. Acesso em: 10/04/2022.

- LERIPIO, A. A. GAIA – **Um método de Gerenciamento de Aspectos e Impactos Ambientais**. 2001. Tese (Doutorado Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2001.
- MAZZOCO, Antonio. **Planejamento de um Sistema de Gestão Ambiental para os Processos de Fabricação de Pranchas de Surfe**. 2007. TCC para obtenção do grau de Engenheiro Ambiental – UNIVALI, 2007.
- MENDES, Natalia C.; BUENO, Cristiane; OMETTO, Aldo R. **Avaliação do Impacto do Ciclo de Vida: Revisão dos Principais Métodos**. 2016. Artigo científico.
- MICHALTCHUK, Ivan. **Reciclagem de EPS - Poliestireno Expandido (Isopor)**. Plástico. 2021. Disponível em: <<https://www.plastico.com.br/reciclagem-de-isopor-eps-cidade-modelo/>>. Acesso em: 12/04/2022.
- OLIVEIRA, Priscila F. d. **Impactos Ambientais da Produção Agrícola do Tabaco Orgânico e Convencional no Sul do Brasil**. 2018. UNISC.
- OLIVEIRA, Ávila S. **Design Sustentável em Pranchas de Surfe: Propondo Diretrizes para a Produção e Uso de Pranchas Ecoefetivas**. 2019. UFC.
- OLSEN, S. I.; CHRISTENSEN, F. M.; HAUSCHILD, M.; PEDERSEN, F.; LARSEN, H. F.; TORSLOV, J. **Life cycle impact assessment and risk assessment of chemicals - a methodological comparison**. 2001. Environmental Impact Assessment Review. v.21, n.4, p. 385-404.
- PACHECO, Graciela. **Cálculo da pegada de carbono como estratégia de educação ambiental na Escola Municipal de Ensino Fundamental Professor José Ferrugem, Santa Cruz do Sul, RS**. 2011. UFSM.
- PEREIRA, C. L. F.. **Avaliação da Sustentabilidade Ampliada de Produtos Agroindustriais: estudo de caso suco de laranja e etanol**. 2008. 290f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- RABAÇA, Gabriela V. **Análise do Ciclo de Vida da Fase Operacional de um Edifício Comercial Sustentável**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso. UFSC.
- RAIJMAKERS, Tjeerd. **Obscure Impacts Demystified: Eutrophication**. 2020. Disponível em: <<https://pre-sustainability.com/articles/obscure-impacts-demystified-eutrophication/>>. Acesso em: 24/03/2022.
- REGIO, Gabriel. **Reciclagem Primária de Resíduos de Resina Epóxi em Encapsulamento de Capacitores de Filme**. 2021. Trabalho de diplomação Engenharia de Materias – UFRGS.
- RONDINELLI, Paula. "Surfe"; Brasil Escola. Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br/educacao-fisica/aprendendo_surf.htm. Acesso em 17/01/2022.
- SANTOS, Luiz R. d. **Fibra de Vidro**. 2019. Disponível em: <<https://www.infoescola.com/quimica/fibra-de-vidro/>>. Acesso em 01/03/2022.

SBRT. **Fabricação de pranchas de surfe.** 2013. Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br/dossie-tecnico/downloadsDT/Mjc2NzE=>>. Acesso em: 21/01/2022.

SCHULTZ, Tobias C. **The Surfboard Cradle-to-Grave: Life Cycle Assessment of a Common Surfboard: Epoxy vs. UPR.** 2009. Disponível em <<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.605.1046&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em 12 fev. 2022.

SEBAS, R. **Os materiais para fabricar uma prancha de surf.** 2014. Disponível em: <<https://www.mundo-surf.com/blog/pt/os-materiais-para-fabricar-uma-prancha-de-surfe/>>. Acesso em: 24/01/2022.

SIQUEIRA, Caio. **Epoxi ou não, eis a questão?.** Comsurf. 2015. Disponível em: <[https://www.comsurf.com.br/blog/epoxi-ou-nao-eis-questao/#:~:text=Na%20verdade%2C%20Epoxi%20%C3%A9%20somente,bloco%20de%20poliuretano%20\(PU.\)>](https://www.comsurf.com.br/blog/epoxi-ou-nao-eis-questao/#:~:text=Na%20verdade%2C%20Epoxi%20%C3%A9%20somente,bloco%20de%20poliuretano%20(PU.)>)> Acesso em: 15/02/2022.

SOBRE A TECCEL. Surfteccecel, 2018. Disponível em:<<https://surfteccel.com.br/pt/empresa>>. Acesso em: 14/02/2022.

SOUZA, Caroline B. P. d. **Produção mais limpa – O pouco que você precisa saber.** 2020. Disponível em: <<https://portogente.com.br/portopedia/112370-producao-mais-limpa-pml-o-pouco-que-voce-precisa-saber>>. Acesso em 05/03/2022.

SULLIVAN, Sean. **Sustainable Surfboards.** 2007. Disponível em: <<https://studylib.net/doc/7099265/3.-sustainable-surfboards>> Acesso em: 28 mar. 2022.

TARRAGÓ, Diego P.; SÁNCHEZ, Felipe A. L.; CATTO, André L.; SANTANA, Ruth M. C.. **Reciclagem de Resíduo Oriundo do Desbaste de Blocos de PU para Pranchas de Surf.** 2011. UFRGS.

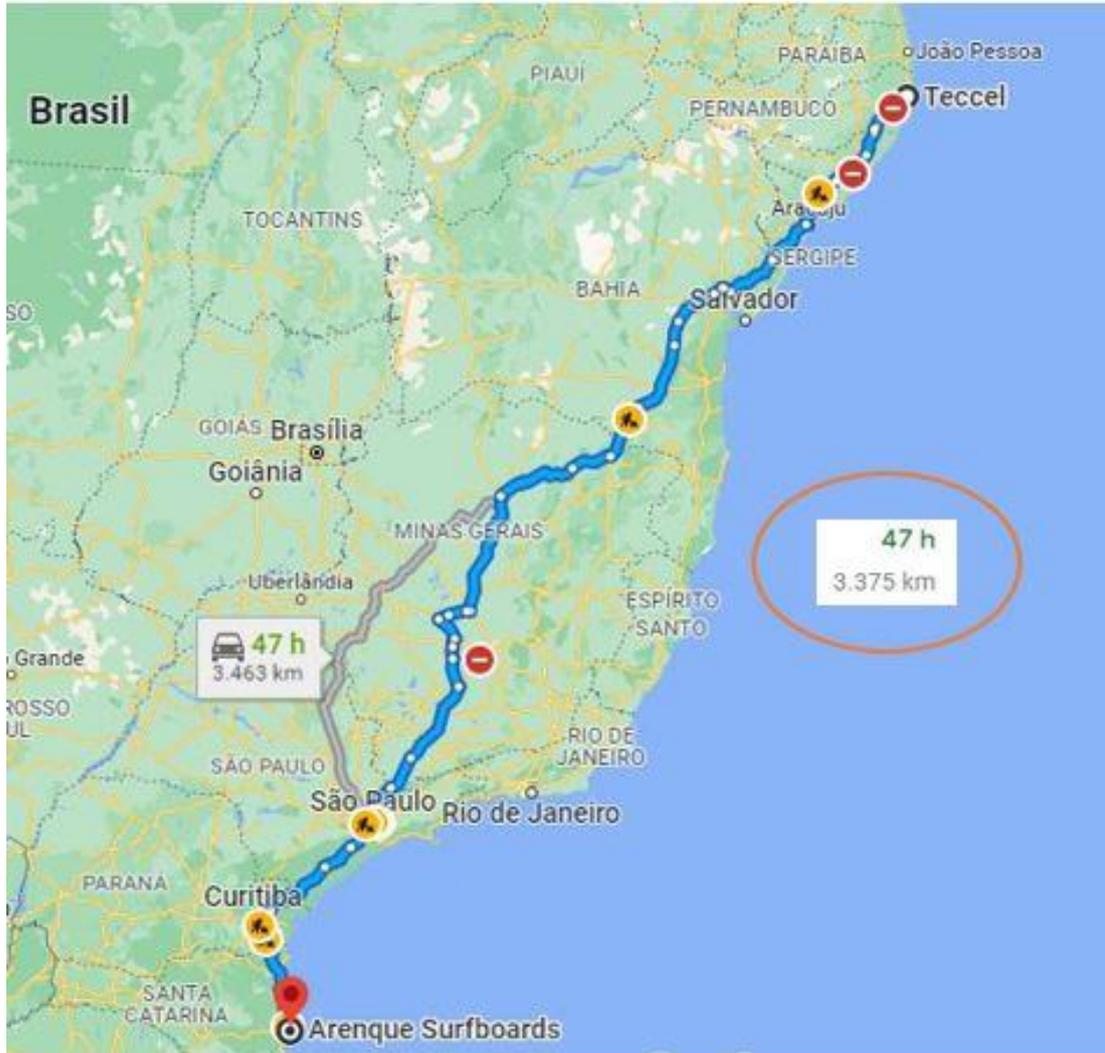
TINELLI, Daniel. **Guga Arruda investe nos shapes.** 2010. Disponível em: <<https://www.waves.com.br/arquivo/guga-arruda-investe-nos-shapes/>>. Acesso em: 14/04/2022.

VIEIRA, Willian Zam; LEBRÃO Guilherme Wolf. **Caracterização dos Subprodutos da Reciclagem de Resina Poliéster com Fibra de Vidro.** 2018. Escola de Engenharia Mauá (EEM/CEUN-IMT).

WEBER, David. **O impacto ambiental das pranchas de surf.** DavidWeber, 2020. Disponível em: <<https://davidweber.com.br/br/blog/pranchas-de-surf-impactos-ambientais>>. Acesso em: 02/01/2022.

WIEDMANN, T. e MINX, J. **A Definition of 'Carbon Footprint'.** 2008. C. C. Pertsova, Ecological Economics Research Trends NY, USA: Nova Science Publishers.

ANEXO A – Distância média da fábrica de pranchas até o fornecedor de matérias primas (Recife-PE-Florianópolis-SC).



**ANEXO B – Distância média da fábrica de pranchas até o aterro sanitário mais próximo
(Florianópolis-SC-Biguaçu-SC).**

