

# Relatório de desenvolvimento do trabalho da equipa MHSi

## “Maria Bike” Electric

O projeto “Maria” Electric Scooter tem como finalidade o desenvolvimento de uma scooter elétrica robusta, ergonómica, de baixo custo e com um design atrativo. Esta deve ainda integrar um conjunto de características diferenciadoras das demais scooters presentes no mercado, tais como: possuir suporte e aplicação para o telemóvel, um quadro que incorpora a utilização de materiais sustentáveis, processo de manutenção simples, baterias substituíveis, carregador de telemóvel sem fios, suporte de iluminação com design vintage, guarda-lamas auto laváveis e um “hub motor” (motor incorporado na roda).

De forma a atingir os objetivos propostos, o projeto foi organizado e planeado em diferentes atividades de desenvolvimento de produto e processo. Até à data, três atividades foram iniciadas, tendo a primeira já sido terminada. Estas atividades são respetivamente:

- Atividade 1 – Levantamento de requisitos para a componente estrutural da scooter
- Atividade 2 – Aquisição do conhecimento crítico sobre a componente estrutural
- Atividade 3 – Design e especificações da componente estrutural da scooter

### T1.1 – Levantamento de requisitos para a componente estrutural da scooter

Esta tarefa teve como objetivo a recolha da informação necessária relevante para dar início ao desenvolvimento da scooter.

A atividade teve como ponto de partida o levantamento dos requisitos de produto pelos diferentes *stakeholders* do projeto (MHS, INEGI, INEGI AL e UA).

Os requisitos identificados encontram-se compilados na Tabela 1.

*Tabela 1 - Requisitos da scooter elétrica.*

#	Requisito	Tipo de requisito
1	O veículo deverá ter uma massa inferior a 30 kg	Função
2	O banco deverá ser ajustável	Ergonomia
3	O guiador deverá ser ajustável	Ergonomia
4	O veículo deverá permitir ao utilizador um fácil acesso a todos os elementos de controlo	Operação
5	O veículo deverá permitir uma posição confortável e ergonómica ao utilizador	Ergonomia
6	O veículo deverá ser fácil de manobrar	Operação

7	O veículo deverá possuir um compartimento para arrumação	Função
8	O veículo deverá ter uma bateria recarregável	Função
9	O veículo deverá ter uma bateria removível	Função
10	O veículo deverá possuir um apoio para telemóvel	Função
11	O veículo deverá possuir um sistema sem fios para carregamento de telemóvel	Função
12	O veículo deverá ter a capacidade de auto-limpeza dos guarda-lamas	Função
13	O veículo deverá ter uma velocidade máxima de 45 km/h	Função
14	O veículo deverá ser utilizado em estradas públicas	Operação
15	O veículo deverá ter uma autonomia de 100 km (em condições de teste)	Função
16	O veículo deverá ser movido através de um “hub motor” elétrico	Função
17	O veículo deverá estar equipado com um sistema de travagem que cumpra com os requisitos legais e normativos mínimos	Segurança
18	O veículo deverá estar equipado com um sistema de suspensão para melhoria do conforto do utilizador	Função
19	O veículo deverá possuir um sistema anti-roubo	Segurança
20	O veículo deverá ser usado por 1 pessoa (condutor)	Operação

Após este levantamento, realizou-se o estudo do enquadramento normativo na qual a scooter se insere, de modo a recolher os requisitos normativos que irão reger o produto.

Cruzando o Regulamento (EU) 168/2013, que apresenta as diretivas relativas à homologação e fiscalização do mercado de veículos de duas ou três rodas e dos quadriciclos, com os requisitos funcionais da scooter, concluiu-se que a mesma se enquadraria na categoria L1e-B. Mais informações sobre os requisitos normativos podem ser encontradas no entregável “E1.1 - Relatório descritivo do levantamento de requisitos para a componente estrutural da scooter”.

Posteriormente, efetuou-se a análise de mercado relativa a veículos que se enquadram na categoria L1e-B, no sentido de identificar padrões, assim como aspetos nos quais é possível inovar. Para tal, foram escolhidos 15 modelos existentes no mercado, que foram analisados de acordo com os seguintes parâmetros:

- Tipo de design,
- Número de lugares/ocupantes,
- Massa do veículo,
- Capacidade de carga total do veículo,
- Preço,
- Potência máxima do motor,
- Marca do motor,
- Tensão da bateria,

- Autonomia,
- Tempo do carregamento,
- Massa da bateria.

A informação recolhida encontra-se compilada na Tabela 2.

Tabela 2 - Especificações das scooters elétricas analisadas.

Nome	Marca	Imagem	Preço	Velocidade max.	Autonomia	Motor	Potência max. Motor	Tensão da bateria	Tempo de carga	Tempo de carga (rápido)	Lugares	Massa da bateria	Massa do veículo (incluindo baterias)	Capacidade de carga total
UQi GT Standard Range	NIU		2 399 €	45 km/h	50 km	NIU	1500 W	48 V	7 h	no data	2	11 kg	75 kg	227 kg
PEUGEOT E-LUDIX Electric	PEUGEOT		2 999 €	45 km/h	42 km	Bosch	2500 W	48 V	4 h	no data	2	no data	88 kg	no data
Yamaha NEO'S	Yamaha		3 250 €	45 km/h	37 km	no data	2500 W	50,4 V	8 h	no data	2	8 kg	98 kg	no data
Vespa elétrica 45km/h	Vespa		6 990 €	45 km/h	no data	Piaggio Group	4000 W	48 V	4 h	no data	2	25 kg	130 kg	no data
Makka flex	Cake		4 470 €	45 km/h	54 km	no data	2800 W	48 V	3 h	no data	1	11 kg	70 kg	245 kg
Super Soco CUx	Super Soco		2 849 €	45 km/h	75 km	Bosch	2788 W	60 V	8 h	3,5 h	2	no data	74 kg	no data
Vassla Weasel	Vassla		2 575 €	45 km/h	50 km	Bosch	1800 W	60 V	5,5 h	no data	2	8 kg	65 kg	175 kg
ZT-21 GS ECO ZTECH	ZTECH		1 750 €	45 km/h	70 km	no data	2400 W	72 V	no data	no data	2	no data	119 kg	157 kg
Piaggio 1	Piaggio		2 700 €	45 km/h	49 km	no data	1340 W	no data	no data	no data	2	no data	85 kg	no data
Lexmoto Yadea G5 2300	Lexmoto		3 000 €	45 km/h	88 km	no data	2300 W	60 V	5 h	no data	2	no data	100 kg	no data
Rieju E-city 1, 2 kW	Rieju		3 100 €	45 km/h	70 km	Bosch	2000 W	60 V	6h	3,3 h	2	12 kg	82 kg	no data
Horwin EK1	Horwin		3 700 €	45 km/h	72 km	no data	no data	72 V	4,5 h	no data	2	15 kg	107 kg	281 kg
Muvi city L1e	Torrot		3 500 €	45 km/h	85 km	Torrot	3000 W	48 V	7 h	4 h	2	no data	95 kg	no data
Segway eScooter	Segway		no data	45 km/h	97 km	QS	1500 W	48 V	5,5 h	no data	2	11 kg	no data	230 kg
Bull Eko City	Bull motors		2 200 €	45 km/h	55 km	no data	1200 W	60 V	7 h	no data	2	no data	90 kg	150 kg

A análise individual dos parâmetros descritos acima permitiu tirar conclusões relativas ao que mais é utilizado no mercado da mobilidade elétrica ligeira em 2 rodas, nomeadamente:

- 60% das scooters elétricas têm uma massa total entre 65 e 95 kg;
- As scooters são maioritariamente de dois lugares;
- As scooters elétricas têm uma capacidade de carga entre 150 e 175 kg ou 225 e 250 kg;
- O preço médio de uma scooter elétrica ronda os 3000€;
- Sensivelmente um terço da amostra utiliza motores elétricos Bosch;
- As baterias mais comuns têm valores de tensão de 48 ou 60 V;
- 60% das scooters têm uma autonomia entre 45 e 75 km;

- O tempo de carregamento mais comum situa-se entre 6,5 e 7 horas;
- 1/3 das baterias tem uma massa entre 10 e 15 kg.

Atendendo à complexidade do produto em termos de sistemas e subsistemas e aos requisitos de cada um, foi desenvolvida uma árvore de produto de modo a identificar dependências entre sistemas, assim como permitir a rastreabilidade dos requisitos de cada um. A árvore de produto encontra-se na Figura 1.

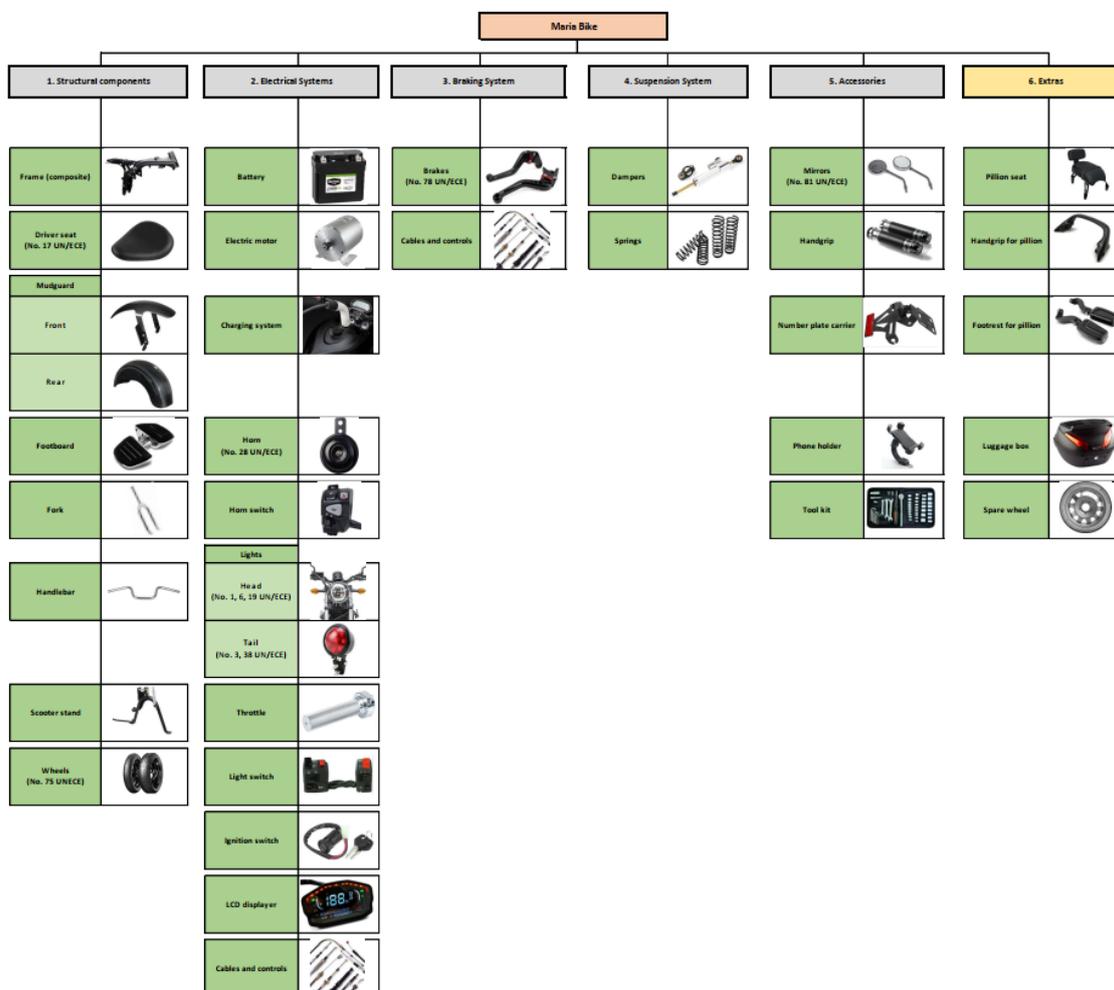


Figura 1 - Árvore de produto da "MariaBike".

Atualmente esta tarefa já se encontra encerrada e como tal para mais detalhe consultar o entregável "E1.1 - Requisitos da componente estrutural da scooter".

## T2.1 – Aquisição do conhecimento crítico sobre a componente estrutural

Esta atividade tem como foco o levantamento das soluções construtivas para o quadro da scooter, assim como o processo de fabrico mais adequado para o efeito.

Numa primeira fase, estudou-se a possibilidade de dividir a estrutura do quadro em várias partes, sendo as possibilidades com maior potencial estudadas em maior detalhe.

As duas possibilidades: quadro completo e quadro tripartido estão ilustradas na Figura 2.

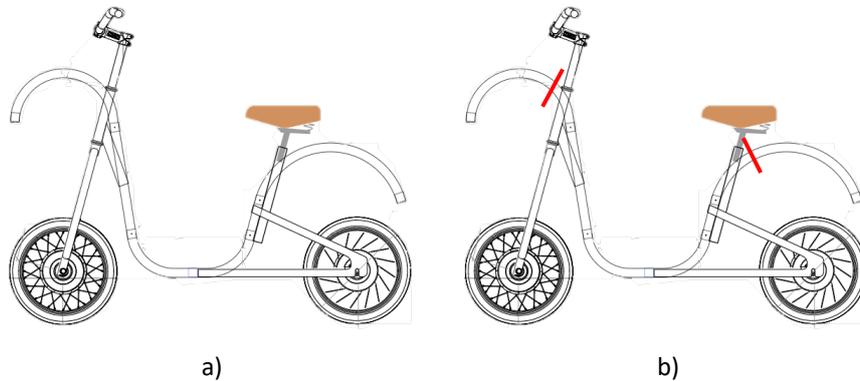


Figura 2 - Divisão do quadro em: a) quadro completo e b) quadro tripartido.

Para decidir qual seria a melhor opção para o projeto, as duas hipóteses foram analisadas, segundo os seguintes parâmetros:

- Estética;
- Versatilidade dos Processos de Fabrico;
- Modularidade;
- Trabalho Humano;
- Introdução de Materiais Reciclados/Recicláveis;
- Manutenção.

Os resultados obtidos não permitiram, nesta fase do projeto, fazer uma análise conclusiva, pelo que nenhuma das hipóteses foi descartada. Mais detalhes sobre os resultados obtidos encontram-se no entregável “E2.1 - Análise aos tipos de materiais passíveis de utilização”.

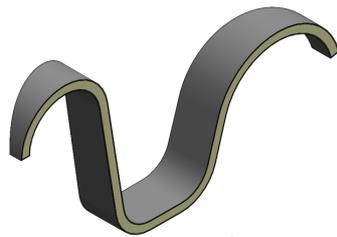
Numa segunda fase, analisou-se quais eram as possibilidades de fabricar o quadro da scooter e qual o processo de fabrico mais adequado. Na Tabela 3 encontram-se resumidas as soluções construtivas para a produção do quadro da scooter.

Tabela 3 - Soluções construtivas para a produção da(s) casca(s) do quadro.

#	Solução	Quadro		Descrição
		Completo		
1	Casca Única	 <p>Vista em corte</p>		Quadro constituído por um único laminado (matriz + reforço) em toda a espessura.

---

2 Casca com Núcleo de Espuma

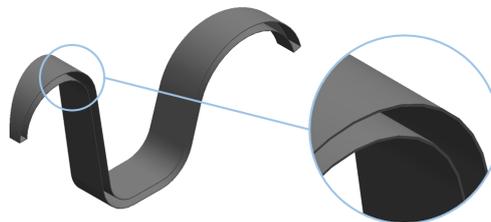


Vista em corte

Quadro constituído por um núcleo de espuma revestido com um laminado (matriz + reforço).

---

3 Casca com Núcleo em Cera



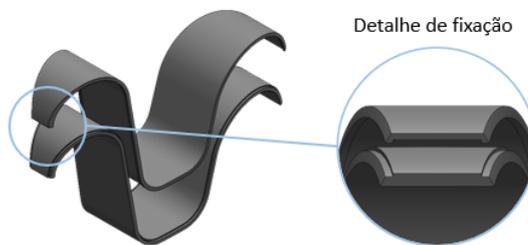
Vista em corte

Vista do detalhe

Quadro constituído por núcleo de cera revestido com um laminado (matriz + reforço). Este núcleo é posteriormente removido através do aquecimento e vazamento da cera, resultando numa peça oca.

---

4 Duas Cascas Horizontais

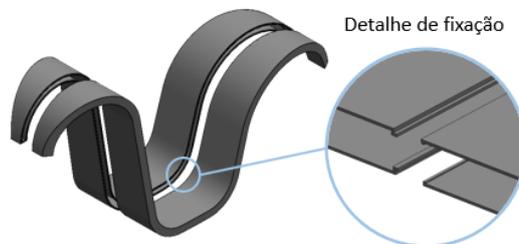


Detalhe de fixação

Quadro constituído por duas cascas laminadas (matriz + reforço), posteriormente coladas com adesivo estrutural ao longo da superfície lateral.

---

5 Duas Cascas Verticais



Detalhe de fixação

Quadro constituído por duas cascas laminadas (matriz + reforço), posteriormente coladas com adesivo estrutural ao longo das superfícies superior e inferior.

---

Nota: Representou-se apenas o quadro completo por simplificação. No entanto, estas soluções são também aplicáveis à componente estrutural (central) de um quadro tripartido.

---

De seguida procedeu-se à análise da solução construtiva e processo de fabrico mais adequado ao produto final através de uma matriz de decisão, de acordo com os parâmetros seguintes:

- Conformidade com as especificações estruturais;
- Impacto ambiental;
- Liberdade geométrica;
- Tolerâncias;
- Mão de obra;
- Cadência de produção;
- Investimento;
- Risco do processo de fabrico;
- Qualidade da peça obtida;
- Assemblagem.

De acordo com esta análise, a solução #4 – Duas cascas horizontais produzida através de light-RTM aparenta ser a mais adequada. Mais detalhes sobre a metodologia de seleção e resultados obtidos encontram-se no entregável “E2.1 - Análise aos tipos de materiais passíveis de utilização”.

Posteriormente a esta análise, iniciou-se o levantamento de materiais com potencial de aplicação. Este levantamento levou em consideração a procura por matérias-primas, matrizes e reforço, que preencham o pré-requisito de serem utilizadas no processo de produção de materiais compósitos poliméricos pelos processos de infusão/RTM, sendo simultaneamente passíveis de serem aplicados no processo de produção do quadro estrutural do veículo. A seguir estão citados os tipos de materiais inicialmente identificados como passíveis de serem utilizados no processo de manufatura (Tabela 4).

*Tabela 4: Tipo de materiais e respetivos fabricantes*

Tipo de material	
Resina Epóxi	origem sintética
	origem biológica
Tecidos biaxiais	fibra de vidro
	fibra de carbono
	fibra de aramida
	fibra de basalto
	Fibra de linho
Não tecidos	produzidos a partir de fibra de carbono reciclada

Devido às diferentes características das resinas no processo de produção, alguns parâmetros de processo como temperatura e ciclo de cura, gel time, pot life da mistura e viscosidade da mistura requerem atenção especial. Um processo RTM ideal deve considerar alguns parâmetros:

- a) baixa viscosidade para permitir o fluxo da resina pelo interior do molde e a total impregnação da preforma (fibra);

b) "pot life" que permita a viscosidade se manter suficientemente baixa até a completa injeção a uma pressão razoável;

c) baixo conteúdo de voláteis para minimizar o aparecimento de vazios e porosidade;

d) temperatura e tempo de cura razoáveis para produzir peças completamente curadas.

A redução do impacto ambiental decorre tanto do tipo de resina como do de fibra, e leva à necessidade de identificação de tipos de materiais no mercado que possam ter impacto reduzido.

A fibra de carbono tem um impacto ambiental elevado, resultante da energia consumida durante o processo de fabricação. No entanto, para o mesmo desempenho estrutural é necessário um menor teor de fibra de carbono no compósito quando comparado com outros tipos de fibras. Já o impacto ambiental da fibra de vidro depende dos requisitos energéticos nos diferentes métodos de produção. As fibras naturais, por exemplo as de linho e cânhamo, são um reforço fabricado a partir de uma determinada colheita, devido a esta característica tem um baixo impacto ambiental. A fibra de basalto é de origem mineral e também considerada uma fibra natural.

As matrizes termoplásticas, apesar de serem recicláveis, geralmente apresentam temperaturas de processamento muito altas, o que dificulta o processamento e limita a aplicação com fibras naturais pois degradam normalmente a temperaturas acima de 200 °C.

Dentre as resinas termorrígidas, existem as matrizes epóxi que são as mais amplamente utilizadas, embora sejam sensíveis à humidade antes e após a cura, apresentam menor retração após a cura e boas propriedades mecânicas. No geral, fornecem uma boa combinação entre facilidade de manuseio, flexibilidade de processamento e custo.

Os pré-requisitos usados para a seleção da matriz epóxi foram:

- Temperatura de cura inferior a 100 °C;
- Tempo de ciclo de cura (para permitir injeção de 2 peças/dia);
- Descartar a necessidade de aquecimento para a injeção;
- Propriedades mecânicas;

Uma resina pode usar diferentes endurecedores, tendo propriedades mecânicas do material curado semelhantes, mas diferenças noutros parâmetros, como viscosidade da mistura, ciclo de cura ou aparência.

A resina e o endurecedor, após a mistura apresentam uma viscosidade modificada das substâncias originais. Esta viscosidade deve ser suficientemente baixa

para fluir no interior de molde e penetrar completamente o reforço e molhar a superfície da peça antes de iniciar o processo de cura.

A seguir são identificadas as viscosidades das misturas e os possíveis ciclos de cura, informados pelos fabricantes das resinas epóxi de origem biológica (Tabela 5) e os fabricantes de resinas de origem sintética (Tabela 6).

Tabela 5: Viscosidade das misturas e Ciclo de cura da matriz epóxi de origem biológica

Fabricante	Resina	Endurecedor	Viscos. da mistura (mPa.s)	Ciclo de cura recomendado
Entropy	INF-117G	INF-249-HT	260 (25°C)	Temp. amb. x 24 h + 50°C x 16 h ou Temp. amb. x 24 h + 50°C x 16 h + 80°C x 2 h
		INF-2048	440 (25°C)	Temp. amb. x 1 semana ou Temp. amb. x Gelificação + 50°C x 16 h ou Temp. amb. + 50°C x 16 h + 80°C x 2 h
		INF-2049	220 (25°C)	Temp. amb. x 24 h + 50°C x 16 h ou Temp. amb. x 24 h + 50°C x 16 h + 80°C x 2 h
Sicomín	InfuGreen 810/SD882X	SD8824	185 (20°C)	16 h à temp. amb. + 24 h x 40°C ou 16 h à temp. amb. + 16 h x 60°C ou 16 h à temp. amb. + 8 h x 80°C
		SD8823	230 (20°C)	
		SD8822	315 (20°C)	
	SR GreenPoxy 28	SD3304	-	Temp. amb + 24 h x 60°C Temp. amb. + 6 h à 60°C + 2 h x 100°C + 4 h x 120°C
Gurit	PRIME 37	Ampreg 3X Fast Hardner	-	16 h x 50°C (cura inicial de 24 h x 21°C)
Resoltech	resoltech 1800 ECO	1804 ECO	258 (23°C)	16 h x 60°C ou 3 h x 50°C + 3 h x 100°C
		1805 ECO	290 (23°C)	
		1807 ECO	348 (23°C)	

(-) Informação não fornecida pelo fabricante

Tabela 6: Viscosidade das misturas e Ciclo de cura da matriz epóxi de origem sintética

Fabricante	Resina	Endurecedor	Viscosidade da mistura (mPa.s)	Ciclo de cura recomendado
Sika	Biresin® CR83	CH83-2	150	Faixa: 18 - 35°C
		CH83-6	170	

		CH83-10	155	
<b>Entropy</b>	INF-114	INF-210	241	22°C x 4 semanas 25°C x 2 semanas Gelificação à temp. amb. + 49°C x 8 h Gelificação à temp. amb. + 60°C x 8 h Gelificação à temp. amb. + 82°C x 8 h
		INF-211	245	
		INF-212	240	
		INF-213	255	
<b>Sicomín</b>	SR1710/ SD882X	SD8824	139000(20°C)	24 h à temp. amb. + 24h à 40°C 24 h à temp. amb. + 16 h à 60°C 24 h à temp. amb. + 8h à 80°C
		SD8823	200 (20°C)	
		SD8822	0 (20°C)	
	SR8100/SD882X	SD8824	300 (20°C)	24 h à temp. amb. + 24 h à 40°C 24 h à temp. amb. + 16 h à 60°C 24 h à temp. amb. + 8h à 80°C
		SD8823	340 (20°C)	
		SD8822	390 (20°C)	
<b>Gurit</b>	Prime37	Ampreg 3X Standard Hardener	-	16 h à 50°C
		Ampreg X Slow Hardener	-	
		Ampreg 3X Extra Slow Hardener	-	
		High Tg Hardner	-	
<b>Huntsman</b>	ARALDITE® LY 3297	ARADUR® 3298	850 -950	8 h à 80 °C
	ARALDITE® LY 5052	ARADUR® 5052	500 - 700	8 h à 80 °C
	ARALDITE® LY 8615	XB 5173	270 - 370	90 min à 80°C + 1 h à 150°C + 1 h à 180°C
	ARALDITE® LY 8615	ARADUR® 8615	480 - 580	90 min à 80°C + 1h à 150°C + 1h à 180°C
<b>Resoltech</b>	resoltech 1500	1504	250	8 h à 60°C ou 16 h à 60°C ou 3 h à 50°C + 3 h à 100°C + 3 h à 150°C
<b>Elantas</b>	EC 152	W 152 HR (High Reactivity)	400 - 600	4h Temp. amb. + 15 h à 60°C

		W 152 MR (Medium Reactivity)		
--	--	------------------------------------	--	--

(-) Informação não fornecida pelo fabricante

Os preços das resinas/endurecedores informados pelos fornecedores estão representados nas Tabelas 7 e 8. Estes valores estão sujeitos às alterações do mercado e o IVA da data de compra.

Tabela 7: Preço da mistura resina epóxi/endurecedor de origem biológica

Fabricante	Resina	Endurecedor	Preço	Fornecedor
<b>Sicomín</b>	InfuGreen 810/SD882X	SD8824	(5,78 kg A + 1,28 kg B) Quantidade: 7,06 kg Preço: 20,40 €/kg	Rebelco (PT) (Local entrega: Rebelco)
<b>Resoltech</b>	resoltech 1800 ECO	1805 ECO	R 1800 5kg - 24,20€/kg = 121,00€ / H 1805 0,85kg - 46,80€/kg = 39,78€ + Transporte adicional = 70,00€	Decatlo Compósitos Avançados

Tabela 8: Preço da mistura resina epóxi/endurecedor de origem sintética

Marca	Resina	Endurecedor	Preço	Fornecedor
<b>Sika</b>	Biresin® CR83	CH83-2	(10 kg A + 3 kg B) Quantidade: a definir Preço: 19,05€/kg	Rebelco (PT) (Local entrega: Rebelco)
		CH83-6		
		CH83-10		
<b>Entropy</b>	INF-114	INF-210	5 Kg PRO-SET 114 Resin + 1,4 Kg PRO-SET 210 Hardener Preço: 198 € Transporte: (até 10 Kg) = 15,50 €	Hegardt (ES)
	SR8100/SD882X	SD8824	(5,78 kg A + 1,28 kg B) Quantidade: 7,06 kg Preço: 18,96 €/kg	Rebelco (PT) (Local entrega: Rebelco)
<b>Resoltech</b>	resoltech 1500	1504	R 1500 5kg - 28,20€/kg = 141,00€ / H 1504 1,5 kg - 39,60€/kg = 59,40€ + Transporte adicional = 70,00€	Decatlo Compósitos Avançados

<b>Elantas</b>	EC 152	W 152 MR	Resina Epóxi EC 152: 13,95€/Kg  Endurecedor W 152 MR: 22,28€/Kg  Portes: 9,00€  + IVA  Orçam. p/10 kg resina	Ecocompositos  (PT)
----------------	--------	----------	--	---------------------------

As propriedades mecânicas das resinas estão sujeitas a variações de acordo com o endurecedor, o ciclo de cura e pós cura a que foram submetidas.

A seguir estão citadas as propriedades mecânicas dos materiais disponíveis no mercado e cujas fornecedores foram devidamente identificados para prosseguir para a etapa de seleção e caracterização (Tabela 9).

Tabela 9: Propriedades mecânicas das resinas/endurecedores com fornecedores identificados

Marca	Resina	Endurecedor	Tração			Flexão			Corte	Comp.	Impacto
			ISO527/ ASTM D638			ISO178/ ASTM D790			ASTM D732-17	ISO604/ ASTM D695	Charpy ISO179
			Módulo (MPa)	Resist (MPa)	Along. Rutura (%)	Módulo (MPa)	Resis. (MPa)	Along. Rutura (%)	Resist. (MPa)	Resist. (MPa)	Resist. (kJ/m²)
Sicommin (Bio)	InfuGreen 810/ SD882X	SD8824	3040	68	5,3	3070	109	12,6	43	91	99
			2790	65	5,9	2780	107	9,3	42	87	86
			2640	60	9,5	2610	101	13,5	41	82	89
Resoltech (Bio)	resoltech 1800 ECO	1805 ECO	-	-	-	3020	85	3,2	-	-	-
						3100	93	3,5			
Sika	Biresin® CR83	CH83-2	2960	84	6,7	3125	129	-	-	107	93
		CH83-6	3200	91	8,4	3360	134	-	-	111	84

		CH83-10	3100	86	7,9	3340	131	-	-	109	83
Entropy	INF-114	INF-210 (FAST)	3490	76	4,7	3370	128			102	
			3420	76	4,9	3380	130	-	-	103	-
			3140	78	5,7	3230	133			103	
Sicommin	SR8100/ SD882X	SD8824	2900	60	3,8	3000	108	11,8	42	90	52
			2850	59	5,9	2850	106	12	43	89	52
			2800	65	9,3	2800	104	13,6	41	86	50
Elantax	EC 152	W 152 MR (MR)	-	65 -75	6,0 - 8,0	3400 - 3800	120-130	6,0-8,9	-	95 - 105	-

### Material de Reforço

As fibras de carbono e vidro, em condições higrotérmicas, não são suscetíveis e a interface entre a resina e as fibras é geralmente estável, já as fibras de aramida podem estar sujeitas a alterações e absorver uma percentagem em peso de humidade maior do que a matriz. Porém, a adesão da fibra de vidro à resina é afetada pelo tipo de “sizing” aplicado na superfície. Por seu lado, as fibras naturais, principalmente o linho e o cânhamo, usadas nos materiais compósitos são capazes de gerar componentes cujas propriedades se podem assemelhar às fibras sintéticas e devem ser levados em consideração no design da peça, embora estejam sujeitas à variabilidade em função do processo de produção, desde o crescimento da planta, colheita e extração, até o fornecimento da fibra.

Os processos de infusão e RTM apresentam uma grande flexibilidade no uso de tipos de materiais de reforço. Os principais tipos selecionados para o processo são os tecidos multiaxiais, especificamente os biaxiais, e o não tecidos.

### Tecido multiaxial (Non Crimp Fabric - NFC)

É o tipo de tecido composto por duas ou mais camadas de fibras unidirecionais, para compor a configuração de reforço desejada. Os tecidos biaxiais possuem 2 camadas individuais posicionadas em eixos diferentes ( $\pm 45^\circ$  ou  $0^\circ/90^\circ$ ) e montadas num sistema de tecido. As camadas são unidas com um fio termoplástico costurado, que evita o enrugamento ou ondulações que podem levar à perda de desempenho do laminado acabado. O fato das diferentes camadas serem costuradas entre si facilita tanto o manuseio quanto o corte.

Os tipos de tecidos biaxiais são descritos a seguir:

- Tecido multiaxial ( $\pm 45^\circ$ ): reforço costurado combinando quantidades iguais de fibra contínua orientada nas direções  $+45^\circ$  e  $-45^\circ$  num único tecido, oferecendo reforço fora do eixo sem a necessidade de rodar outros materiais na diagonal. O comportamento de conformabilidade pode ser adaptado à forma da peça e aos requisitos de processamento.
- Tecido multiaxial ( $0^\circ/90^\circ$ ): reforço da costura e acoplamento formado por dobras de urdidura ( $0^\circ$ ) e trama ( $90^\circ$ ) unidirecionais que pode ser usado em aplicações específicas que exigem reforço de diferentes proporções de urdidura e trama. As fibras são projetadas para fornecer molhagem controlada e excelentes propriedades de laminado.

No tecido biaxial  $\pm 45^\circ$ , a construção oposta do tecido oferece resistência à torção. Já no biaxial  $0^\circ/90^\circ$ , o tecido confere resistência bidirecional, rigidez e flexibilidade e um teor otimizado de fibra direcional.

As vantagens de utilizar o tecido multiaxial:

- Melhor alinhamento da fibra e propriedades mecânicas;
- Peças acabadas funcionam sob extrema tensão de corte e torção;
- Melhor posicionamento em peças complexas;
- Estética aprimorada com economia de material e mão de obra;
- Oferece soluções para uma ampla gama de aplicações.

De acordo com a análise de mercado, os tipos de tecidos biaxiais identificados e disponíveis comercialmente estão citados na Tabela 10.

Tabela 10: Tipos de tecidos biaxiais disponíveis comercialmente

Fibras	Fabricantes	Tipos de tecidos biaxiais	largura X Comprimento (m)	Preço	Fornecedor
Carbono	Sicomim	<b>Biaxial (<math>\pm 45^\circ</math>):</b> CBX300 (308g/m <sup>2</sup> )	1,270 x 50	16,44 + IVA	Rebelco (PT)
	Saertex	<b>Biaxial (<math>\pm 45^\circ</math>):</b> X-C-220g/m <sup>2</sup>	1,270 x 100	12,55 €/kg	Ecocompositos (PT)
		X-C-306g/m <sup>2</sup>	1,270 x 70	16, 93 €/k	(Rolos com 50Kg)
		<b>Biaxial (<math>0^\circ/90^\circ</math>):</b> B-C-306g/m <sup>2</sup> ,	1,270 x 100	15,86 €/kg	Ecocompositos (PT) (Rolos com 50Kg)

<b>Vidro</b>	Sicomim	<b>Biaxial (<math>\pm 45^\circ</math>):</b> EBX300 (300g/m <sup>2</sup> )	1,270 x 100	2,40 + IVA	Rebelco (PT)
	Saertex	X-E-302	1,270 x 132/(50Kg)	8,10 €/kg	Ecocompositos (PT)
		X-E-444	1,270 x 89/(50Kg)	4,85 €/kg	Ecocompositos (PT)
<b>Linho</b>	Bcomp	ampliTex 5008: <b>Non-crimp biaxial (<math>\pm 45^\circ</math>)</b> 350 gsm $\pm$ 5%	1,270 x 50	23,9 (€/m)	Bcomp
	Saertex	<b>(0°/45°/90°/-45°):</b> 30014473 X-F-422g/m <sup>2</sup> (Flax/E-glass/Flax/E-Glass)	1,270 x -	50 €	Ecocompositos (PT)  (Valor de 5mt das três gramagens em 15 dias)
		<b>(0°/90°):</b> 30014434 B-F-375g/m <sup>2</sup>		50 €	
		<b>(0°/45°/90°/-45°):</b> 30014433 Q-F-783g/m <sup>2</sup> -		100 €	
<b>Basalto</b>	Basaltex	BAS UNI 350: <b>UNI 0° (90°)</b> (357/50) 416 g/m <sup>2</sup>	1270	7,65 (€/m <sup>2</sup> ) 9,72 (€/m)	Basaltex
		BAS BI 450: <b>BI -45° / +45°</b> (228/228) 464 g/m <sup>2</sup>	1270	6,85(€/m <sup>2</sup> ) 8,70 (€/m)	
		BAS BI 620: <b>BI -45° / +45°</b> (314/314) 628 g/m <sup>2</sup>	1270	7,95 (€/m <sup>2</sup> ) 10,10 (€/m)	
		BAS TRI 720: <b>TRI -45°/0°/+45°</b> (177/354/177) 720 g/m <sup>2</sup>	1270	12,95 (€/m <sup>2</sup> ) 16,45 (€/m)	
	Hitex	<b>Biaxial (<math>\pm 45^\circ</math>):</b> BBX300, BBX400, BBX600, BBX800	-	USD 5.7 USD/kg	Hitex

### Não Tecidos

O reforço do tipo não tecido (*non woven*) foi identificado como uma opção de material para ser aplicado na confecção do quadro que poderá contribuir com o compromisso assumido por parte do projeto Maria Bike de incorporar material reciclado, devido à possibilidade de incorporar fibras recicladas em não tecidos com maior facilidade.

As características do reforço "non woven" são:

- Alta qualidade superficial;
- Boa conformabilidade e impregnabilidade;
- Comparados com os tecidos de carbono virgem, pode representar uma economia de até 70%;
- Representa um tecido de reforço 3D quase isotrópico;
- Tecnologia: perfuração com agulha ou ponto de ligação (Maliwatt);
- Permite reciclagem de fibras cortadas ou picadas de produção têxtil.

A seguir (Tabela 11) estão apresentados os tipos de tecidos non woven identificados e disponíveis e os preços.

Tabela 11: Tipos de non woven disponíveis comercialmente

Tipos de fibras	Fabricante	Composição	Preço (€/m <sup>2</sup> )
100% CF	G-TEX	-	3,40
100% CF		-	5,40
100% CF		-	8,20
recycled CF and thermoplastic fibre		Hybrid PP/rCF mat	3,80
recycled CF and thermoplastic fibre		Hybrid PP/rCF mat	5,80
100% CF	Microtex	GG 100 NW 127 TE ND	4,06
100% CF		GG 200 NW 127 TE ND	5,89
97% CF + 3% PET		GG 200 NW 127 TE STC	6,43
100% CF		GG 300 NW 127 TE ND	7,87
97% CF + 3% PET		GG 300 NW 127 TE STC	7,11
88% CF + 8% PET + 4%GF		GZ 200 NW 127 TE ND	5,49
85% CF + 11% PET + 4%GF		GZ 200 NW 127 TE STC	5,60
88% CF + 8% PET + 4%GF		GZ 300 NW 127 TE ND	7,59
85% CF + 11% PET + 4%GF		GZ 300 NW 127 TE STC	7,11
60% PA6 + 40% CF		GH 200 NW 127 TE PA6 ND	5,04
60% PP + 40% CF		GH 200 NW 127 TE PP ND	5,49
60% PA6 + 40% CF		GH 300 NW 127 TE PA6 ND	6,04
60% PP + 40% CF		GH 300 NW 127 TE PP ND	6,67
BAS NW 4mm		Basaltex	Basalt

### T3.1 – Design e especificações da componente estrutural da scooter

Esta atividade tem como objetivo analisar o design inicial, fornecido pela MHS, do quadro da scooter (componente estrutural), através da identificação das limitações do mesmo.

O design inicial da scooter é ilustrado na Figura 3.



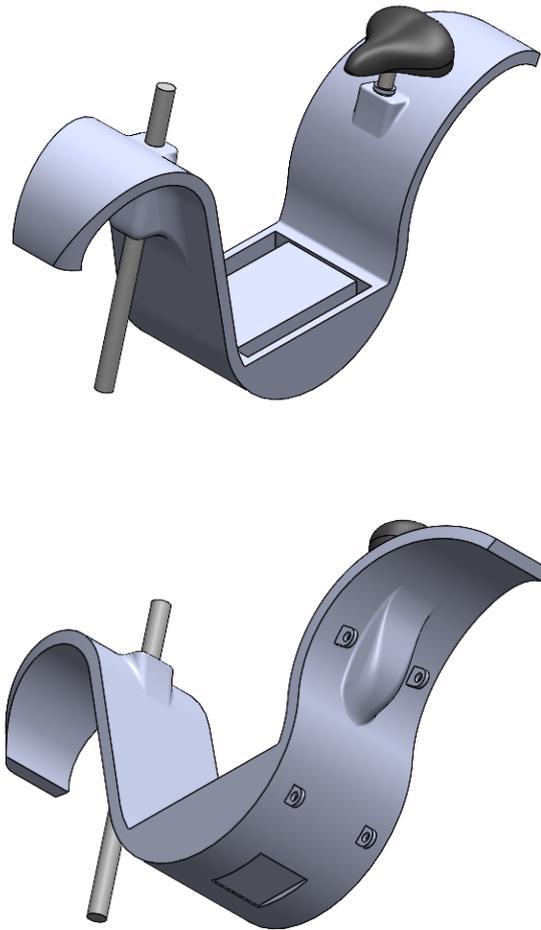
Figura 3 – Versão 1 da "Maria" scooter

Da análise da 1ª versão, pode-se inferir que, de um ponto de vista técnico, é necessário reavaliar e propor alterações nos seguintes elementos:

- Zonas de interface quadro-componentes;
  - Forqueta;
  - Escora traseira;
  - Banco.
- Alojamento dos componentes eletrónicos;

- Bateria;
- Controlador;
- Cablagem.
- Outras questões relacionadas com o fabrico.

Posteriormente, foi proposta uma primeira versão da alteração ao design, que procura solucionar alguns dos pontos identificados anteriormente. Esta alteração encontra-se representada na Figura 4.



*Figura 4 - Representação da primeira revisão com base no design proposto pela MHS.*