



Sistemas de Engenharia -
Automação e Instrumentação

Grupo 1

2012/2013

<Cost Report>

<1.0>

Elaborado por: Ricardo Almeida

Índice

Introdução	2
<i>Materials Table for Electric Cars</i>	3
<i>Electric Vehicle Cost Model</i>	4
<i>Abstract & Terminology</i>	4
Battery	5
<i>Ultra-Capacitors</i>	5
<i>Battery Management</i>	6
<i>Electronic Control Unit</i>	6
<i>IMD and TSAL/TSAS</i>	7
<i>Motor</i>	7
<i>Motor Controller</i>	8
<i>PDU</i>	8
<i>LV-Battery</i>	8
<i>HV Wiring & systems</i>	8
Análise de Sustentabilidade	9

Introdução

Este relatório de custo e sustentabilidade consiste num *Bill Of Materials* (BOM) completo com os dados de custo derivados das tabelas de custo fornecidas e respetiva documentação de suporte.

Materials Table for Electric Cars

Esta tabela apenas é válida para a competição *Formula Student UK 2012*. No momento da realização deste relatório ainda não tinham sido disponibilizadas as tabelas relativas à competição de 2013, por isso todos os valores para o custo e sustentabilidade apresentados neste documento são referentes à prova de 2012.

Na Figura 1 são apresentados em forma de tabela todos os materiais utilizados por nos para a parte de tração e controlo do veículo. Mais à frente serão descritos em pormenor cada um destes materiais.

Material	Supplier	Category	Price
Chassis Control Module, + Battery Management System ECU, student built	Any	Control Module	\$ 5.040,00
Chassis Control Module, Baseline Enclosure	Student built	Control Module	\$ 500,00
Chassis Control Module, + Isolation Monitoring Device	Student Built	Control Module	\$ 575,00
Chassis Control Module, + Power Distribution Module	Any	Control Module	\$ 300,00
Chassis Control Module, + TSAL	Any	Control Module	\$ 63,00
Chassis Control Module, + TSAS, buzzer	Any	Control Module	\$ 10,00
Chassis Control Module, + TSAS, buzzer	Any	Control Module	\$ 5,00
Chassis Control Module, + DCDC-Power (>1A) HV->LV	Any	Control Module	\$ 140,00
Chassis Control Module, + Motor Controller AC	Any	Control Module	\$ 1.800,00
Chassis Control Module, + HV Precharge	Any	Control Module	\$ 100,00
Chassis Control Module, + HV Housing	Any	Control Module	\$ 75,00
Chassis Control Module, + HC-HV Fuse incl. Box	Any	Control Module	\$ 200,00
Battery, Tractive Lithium	Any	Electronics	\$ 6.007,32
UltraCapacitor, Tractive	Any	Electronics	\$ 22,97
Motor, Tractive AC	Any	Engine	\$ 3.200,00
Battery, Advanced Chemistry (NiMH, Li-Ion, etc.)	Any	Electronics	\$ 52,26
		Totals	18.090,55

Figura 1 - Tabela de Materiais para o FS UK 2012

Esta tabela mostra um resumo de todos os materiais utilizados no nosso carro. O custo total estimado para o veículo será portanto de \$18.090,55.

Electric Vehicle Cost Model

Abstract & Terminology

De acordo com a Tabela 1 esta secção irá fornecer informações sobre como o sistema de tração do nosso carro será custeado. A Figura 2 mostra o esquema principal no nosso veículo elétrico.

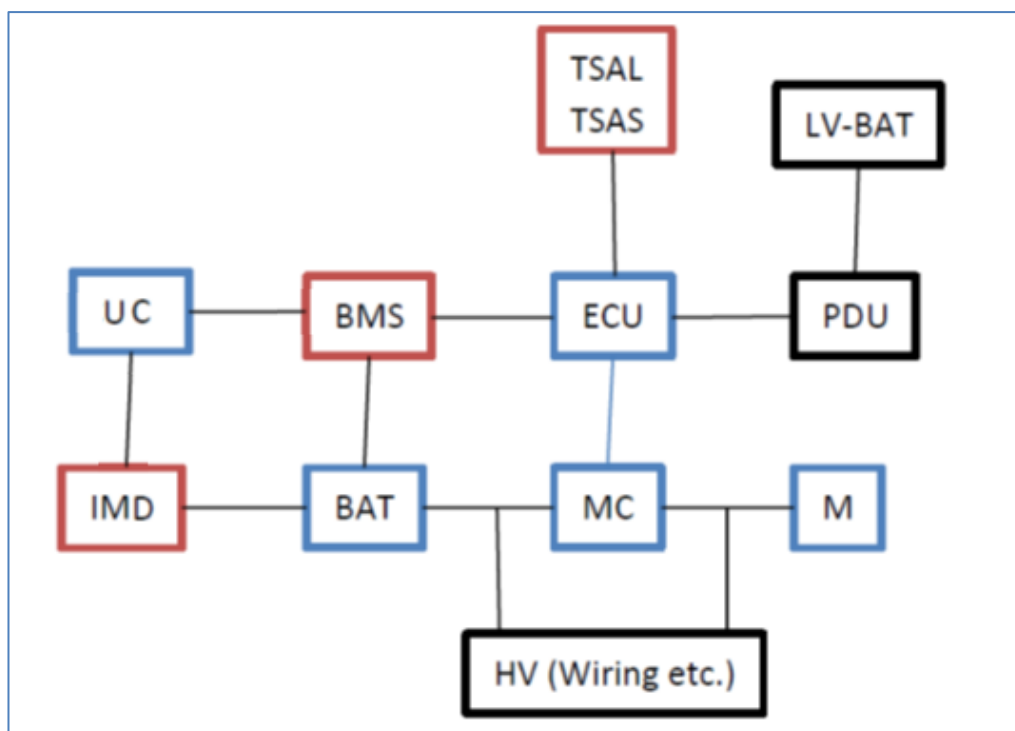


Figura 2- Modelo Simplificado de um Carro Elétrico de Competição

Tabela 1- Terminologia Utilizada

BAT – Tractive System Battery	M – Tractive Motor
BMS – Battery Management System	MC – Motor Controller
ECU – Electronic Control Unit	PDU – Power Distribution Unit TSAL...
HV – High Voltage, Wiring, etc...	TSAL – Tractive System Active Light
IMD – Isolation Monitoring Device	TSAS – Tractive System Active Sound
LV-BAT – Low Voltage Battery-	

Battery

As baterias escolhidas pela nossa equipa foram as “Gebattery 8050175”, como se pode ver na Figura 3.



Figura 3 - Baterias

A bateria deste veículo consiste em 246x11Ah Células de Lítio, ligadas em série, mas divididas em três blocos. A capacidade total é:

$$3 \times 82 \times 11Ah \times 3,7 = 10,012 kWh$$

O que significa que vão custar:

$$\$600/kWh \times 10,02 kWh = \$6007,32$$

Ultra-Capacitors

Os ultra-condensadores escolhidos pela nossa equipa foram os “XV3550-2R7307-R” da PowerStor, como se pode ver na Figura 4



Figura 4 - Ultra-condensadores PowerStor

Os condensadores utilizados têm uma capacidade máxima de 25,52Wh, o que se traduz num custo estimado de:

$$\$900/kWh \times 0,02552 kWh = \$22,97$$

Battery Management

O BMS utilizado foi um “*BATTERY MANAGEMENT SYSTEM 7-R*” da REC, que pode ser visto na Figura 5



Figura 5 - Battery Management System (BMS)

Existe um sistema BMS para cada 14 células, que vai monitorizar as mesmas 14 células e possui, portanto, 14 canais de comunicação. No total vamos utilizar 18 sistemas BMS, o que se traduz num custo de:

$$18 \times \text{Chassis Control Module, baseline enclosure: } 18 \times \$25 = \$450$$

$$18 \times \text{Chassis Control Module} + \text{BMS (14 ch): } \$20 \times 14 \times 18 = \$5040$$

Electronic Control Unit

O nosso carro utiliza uma ECU construída pela nossa equipa, o que a torna como sendo um *Student Built System*, o que faz com que tenha um custo de \$500.

IMD and TSAL/TSAS

Estas partes foram agrupadas num único dispositivo, o que faz com que tenha o seguinte custo:

<i>Chassis Control Module, baseline enclosure:</i>	\$25
<i>Chassis Control Module + IMD:</i>	\$300
<i>Chassis Control Module + PDU (4ch):</i>	\$28
<i>Chassis Control Module + TSAL:</i>	\$10
<i>Chassis Control Module + TSAS, buzzer:</i>	\$5
<i>Chassis Control Module + HV housing:</i>	\$25

Motor

O Motor escolhido pela nossa equipa foi um motor síncrono de ímanes permanentes da marca *EMRAX*, como se pode observar na Figura 6.



Figura 6 - Motor PMSM EMRAX

O carro tem apenas um motor AC, que está tabelado como tendo 40kW de potência contínua. Este motor vai custar:

$$1 \times \text{Motor, Tractive AC: } 40 \times \$80 = \$3200$$



Motor Controller

O carro utiliza um controlador que se encontra tabelado como tendo 40kW de potência, o que se traduz num custo de:

1 × Chassis Control Module, baseline enclosure:	\$25
1 × Chassis Control Module + Motor Controller AC: 40 × 45 =	\$1800
1 × Chassis Control Module + HV housing:	\$25

PDU

O PDU é um dispositivo autónomo (*stand-alone device*) que atua como uma caixa de fusíveis eletrónicos e fornece a ECU e mais quatro sistemas com tensão. Isto tem um custo de:

Chassis Control Module, baseline enclosure:	\$25
Chassis Control Module + PDU (5ch):	\$35

LV-Battery

A bateria de baixa tensão é um pacote de baterias de *LiPo* de 14,8V, que pesa cerca de 0,804Kg, o que faz com que tenha um custo estimado de:

$$\text{Battery, advance Chemistry: } \$65/\text{Kg} \times 0,804\text{Kg} = \$52,26$$

HV Wiring & systems

Esta parte é constituída pelos suportes para as baterias e ultra-condensadores, pelo circuito de pré-carga e pelo fusível alta tensão. Isto tem um custo de:

Chassis Control Module, baseline enclosure:	\$25
Chassis Control Module + HV Fuse:	\$100
Chassis Control Module + HV Precharge:	\$50



Análise de Sustentabilidade

Para a análise de sustentabilidade foram seguidas as diretrizes para o CO₂ incorporado (*embodied CO₂*) do evento FS2012. Os valores

A Figura 7 representa a energia específica e o CO₂ incorporado com base na massa dos materiais de separação de um motor. Para simplificar o processo de avaliação do impacto ambiental do motor, foi feita uma separação genérica de materiais típicos de um motor, que foi utilizada para calcular a energia específica e CO₂ incorporado.

	Material	Material	Unit		
Material	MJ/kg	CO ₂ /kg	Mass	Specific Energy (MJ)	Co ₂ (kg)
			kg		
Motor Weight (excluding ancillaries)			12,4		
Motor	48,76	2,909	12,4	604,624	36,072
		Total		604,624	36,072

Figura 7- *Specific Energy e Embodied CO₂* de um Motor Elétrico

O nosso motor tem uma massa total de cerca de 12,4Kg, o que faz com que tenha 604,624MJ de energia específica e 36,072Kg de CO₂ incorporado.

Para as baterias e ultra-condensadores foi feita uma análise semelhante, como se pode ver na Figura 8. O peso total de baterias que vamos utilizar no carro é de cerca de 49Kg, o que significa que as baterias têm uma energia específica de 7350MJ e 490Kg de CO₂ incorporado. Por sua vez irão ser utilizados cerca de 6,94Kg de ultra-condensadores, o que origina um valor de 1388MJ para a energia específica e 13,88Kg de CO₂ incorporado.

Uma vez que o nosso protótipo ainda se encontra em fase de projeto previmos que sejam utilizados cerca de 0,5Kg de material em placas impressas PCB, este valor apenas serve de referência.



Formula Student 2012 Sustainability Event Materials List - V1

Material	Category	Comments	Datasheet Name	Embodied Energy MJ/kg	Embodied CO2 (kg)	Total Weight (kg)	Total Energy (MJ)	Total CO2 (kg)	
Battery - UltraCapaitors	Component			200,0	2,0	6,94	1388,000	13,880	
Battery - Lead-Acid rechargeable	Component		(Web survey, non-Granta Design data)	50,0	2,5	0,0	0,000	0,000	
Battery - Li Ion rechargeable	Component	Use for all Lithium chemistry batteries (Li Ion, LiPo, LiFePO4)	Based on Thunder-Sky, LiFeBatt battery & Kokam average data	150,0	10,0	49,00	7350,000	490,000	
Battery - NiCd rechargeable	Component		Batteries (NiCd rechargeable)	200,0	20,0	0,0	0,000	0,000	
PCB	Component	Generic printed circuit board, ECU etc	Printed Circuit Board (PCB) Assembly	130,0	13	0,5	65,000	6,500	
						Totals	56,44	8803,00	510,38

Figura 8 - *Specific Energy e Embodied CO2* para as Baterias e Ultra-condensadores

Somando todos estes valores chegamos à tabela da Figura 9. Esta tabela apresenta o resumo do impacto ambiental resultante da fabricação do nosso carro. Estes valores apenas são apenas simbólicos, sendo apenas referentes ao motor, baterias, ultra-condensadores e circuitos eletrónicos. Na realidade era preciso considerar muitas mais partes do carro.

Summary Specific Energy and Co2 FS UK Sustainability			
	Weight	Specific Energy	Co2
Motor	12,4	604,624	36,0716
Battery	56,44	8803	510,38
PCB	0,5	65	6,5
Totals	69,34	9472,624	552,952

Figura 9 - Tabela Resumo para a *Specific Energy e Embodied CO2*

O peso total destes componentes vai ser de 69,34Kg, o que faz com que o nosso carro tenha 9472,24MJ de energia específica e 552,952Kg de CO2 incorporado.