

Sistemas de Engenharia -  
Automação e Instrumentação

Grupo 1

2012/2013

Market Survey

<versão 1.0>

**Elaborado por:** Toda a equipa

## Índice

Introdução .....	3
A competição.....	4
Prova de apresentação.....	4
Estratégia.....	6
Prova Design de Engenharia.....	7
Pontuação:.....	8
Estratégia:.....	9
Conclusão:.....	9
Prova de análise de custo .....	10
Principais Requisitos .....	10
Pontuação.....	11
Estratégia.....	12
Pesquisa de mercado.....	13
Background .....	14
Conclusão .....	21
Bibliografia.....	22

## Introdução

O objetivo deste projeto é participar no Formula Student Electric, classe 2. Assim, numa primeira fase, iremos apresentar neste documento uma análise das provas em que iremos participar, como é avaliado e pontuado o projeto e finalmente apresentaremos conclusões e estratégias que definam critérios, de forma a obter a máxima pontuação possível.

Numa segunda fase iremos apresentar um estado de mercado, isto é, um estudo detalhado de algumas equipas que consideramos ter características importantes e distintas, de forma a compreendermos onde e como poderemos fazer melhor.

No final deste capítulo poderá encontrar uma tabela, com o resumo de toda a informação encontrada sobre outras equipas, mostrando um panorama geral de todas as opções adotadas por diferentes equipas. E como forma de análise das suas características, o lugar em que terminaram o FS classe 2 no último ano.

Após uma análise das outras equipas, apresentamos a estratégia a seguir durante a execução do projeto.

O objetivo final passa por não só participar mas vencer a prova, criando um produto competitivo, low cost e sustentável. Criando assim condições para possíveis investimentos de outras empresas ou interessados no trabalho desenvolvido.



## A competição

A participação no FS classe 2 divide-se na participação em três tipos de provas distintas, que são:

- ✓ Prova de apresentação
- ✓ Prova de Design
- ✓ Prova de análise de custo

### Prova de apresentação

Consiste na apresentação de um Business Case, que justifica/valida e recomenda o investimento no projeto do veículo protótipo e de que a produção/comercialização deste é feita de forma rentável

O Business Case deve demonstrar que foi feita uma extensa reflexão sobre todos os problemas envolvidos, que os benefícios do projeto são realizáveis e também que todas as soluções ao nível técnico foram avaliadas em termos de benefício/custo.

#### Conteúdos do Business Case:

- Referência do Projeto – a sua origem, estado atual;
- Contexto: objetivos do negócio, oportunidades;
- Valor do Projeto: O que se pretende, identificação das partes interessadas no negócio (stakeholders), quantificação dos benefícios do investimento, custos, retorno do investimento e riscos associados;
- Focalização no problema, no ambiente externo envolvido;
- Quantificação dos recursos necessários: na equipa de trabalho, financiamento, liderança da equipa;
- Controlo do Projeto, documentação dos processos, agendamento de entregas, orçamento financeiro.



### **Os objetivos do business Case são:**

- Permitir que potenciais investidores do projeto possam avaliar o valor/risco do investimento e se este têm de facto valor para o mercado alvo;
- Dar a oportunidade à equipa do projeto de expor o valor do produto desenvolvido e dos benefícios/vantagens face a outras propostas alternativas;
- Permitir aos potenciais investidores medir de forma objetiva o alcance dos benefícios apresentados.

### **Considerações a ter nesta prova:**

- É uma apresentação de gestão. Os detalhes técnicos do carro podem ser apresentados mas não o devem ser de uma forma extensiva. É mais relevante demonstrar a capacidade de comercializar o veículo e também a capacidade de produzi-lo em manufatura;
- O júri da prova tem de ser considerado como um potencial investidor ou como um responsável por uma fábrica de produção em manufatura;
- O júri tem de ser capaz de perceber bem qual desses papéis é que desempenha, ou seja, a equipa tem de dar a entender o que pretende do júri: se é capacidade de investimento financeiro ou se é a capacidade de produção em manufatura;
- Não apresentar um Business Case irrealista, onde, os custos excessivos do projeto resultam na inviabilidade da introdução desse produto no mercado de forma competitiva;
- Ter em atenção aspetos formais da apresentação. (Exemplo: introdução dos oradores e do seu papel na equipa, uso de um slide de sumário, etc.);
- Não usar demasiados slides, preferindo o uso de ilustrações gráficas no lugar de longos textos;
- Discurso claro e objetivo numa apresentação de 10min;
- Preparação para questões difíceis que possam ser apresentadas pelo júri.

## Estratégia

O projeto deve seguir uma linha de baixo custo, o que faz com que a necessidade de investimento inicial e custo de desenvolvimento sejam menores, atraindo assim mais investidores. Deve também ser inovador, boa performance e desempenho, de modo a criar valor no mercado.

Assim, nesta prova devemos deixar as características técnicas para segunda plano e focarmo-nos num plano mais comercial, relevando as características que poderão atrair investidores. Rendimento e autonomia do veículo, aliado ao seu baixo custo, tanto de matéria-prima como de produção, serão características a ser relevadas, de forma a criar valor no mercado pelas suas características mas também potenciais investidores pelo seu baixo custo de produção.



## Prova Design de Engenharia

A prova de design tem como objetivo avaliar a engenharia idealizada para o desenvolvimento do carro e se esta satisfaz mercado. Esta componente avalia também os conhecimentos demonstrados por toda a equipa quanto aos produtos desenvolvidos por ela. Assim, apenas serão contabilizados todos os componentes que são desenvolvidos pela equipa, os componentes que serão comprados não entrarão nesta secção. De forma a obter uma boa pontuação nesta componente seria importante ter um bom conhecimento de todos os componentes desenvolvidos.

A prova começa com a submissão por parte da equipa do relatório de Design. É um resumo do protótipo desenvolvido. Este relatório deverá conter uma breve descrição do veículo, com uma listagem dos objetivos propostos e discussão de aspetos de relevo a mencionar do veículo. Não deve exceder 8 páginas e deverá conter os esboços do veículo assim como gráficos, fotografias, etc.



## Pontuação:

Como poderemos verificar pela seguinte tabela cada componente do design vai ter uma diferente pontuação:

### Formula Student 2012

### Design Judging Score Sheet (Class 2)

University:

Judging Team:

Max Points	Assessed Area	Points Awarded	Comments (Judges to highlight particularly strong or weak aspects of the design in each assessed area)	
10	<b>Design Report Score</b> (quality of pre-submitted report)	10		
25	<b>Overall Vehicle Concept</b> (Major choices, e.g. powertrain and mass. Cost & weight schedules, benchmark data. Design integration, sales appeal)	25	GOOD	POOR
20	<b>Structural Design inc Suspension &amp; Brakes</b> (Specifications, use of design tools & analysis. Load cases and load path appreciation. Safety considerations)	20	GOOD	POOR
35	<b>Powertrain concept &amp; choice, simulation, design, &amp; analysis</b> (Possible choices explained, Predictive simulation, actual tests, margins of safety and errors explained.) Fail safe modes considered. Costs. Market appeal. Appropriate component sizing for batteries (where used) and machine (kW, kWh, C-rates) with supporting validation	35	GOOD	POOR
15	<b>Prototype Parts</b> (Quality of manufacture & cost. Lessons learnt from paper design to "hard" parts)	15	GOOD	POOR
15	<b>Overall Timing, Manufacturing, Procurement Plan</b> (Plan to design, procure and build and test full car for next year)	15	GOOD	POOR
10	<b>Team Organisation Plan</b> (Team organisational structure, resource management, risk analysis and data sharing)	10	GOOD	POOR
20	<b>Design for Manufacture &amp; Profit, Customer Respect and Innovation</b> (Manufacturing understanding, Added value & innovation. Customer base considered)	20	GOOD	POOR
	<b>DEDUCTIONS (up to -50 max)</b> <b>ONLY use for lack of knowledge</b>	-50	<u>Overall Summary Good</u>	<u>Overall Summary Poor to work on</u>
150	<b>Total (before moderation)</b>	100		

- The team should explain why they chose this design and from what other possible solutions, how they plan to execute it (timings, costs etc.), and justify fully with facts and data why it will be a successful design and completed on time and within budget. Form completed by (write name in BLOCK CAPITALS): \_\_\_\_\_

Sabemos então que o número máximo de pontuação será de 150 pontos que estará dividido pelas diferentes categorias.

Será importante evidenciar as simulações e análises do sistema de tração que terá um peso maior onde poderemos atingir um máximo de 35 pontos. Para esta secção teremos de fundamentar todas as decisões tomadas em relação à tração, o sucesso das simulações e todos os componentes associadas a este sistema.

Com 25 pontos, e também bastante importante, teremos a visão geral de todo o veículo onde estarão descritas todas as decisões mais importantes para o projeto, custos, desempenho, etc...

Com 20 pontos teremos a estrutura do veículo onde será avaliada a todo o chassis e todos as componentes associados tais como a suspensão, travões mecânicos e toda a segurança associada.



Os restantes componentes de avaliação serão também importantes, apesar de terem uma pontuação mais baixa.

Sendo todos os restantes elementos importantes para a prova de design será importante referir que haverá penalizações que poderão ir até aos 50 pontos, no caso da equipa não ser capaz de responder adequadamente a questões relativas à construção e engenharia do veículo.

### **Estratégia:**

Para o bom encaminhamento deste projeto será necessário definir uma estratégia para vincar na prova de design.

Esta passará por fazer o desenvolvimento da engenharia do veículo tendo em atenção as componentes de avaliação. Será necessário ter uma maior atenção ao sistema de tração do veículo e à sua visão geral do conceito visto que estes serão os elementos que irão pesar mais na prova.

Todo este processo deverá ser documentado e partilhado por todos os elementos da equipa para que no geral toda a equipa esteja uniformemente informada.

### **Conclusão:**

De forma a sermos competitivos, inicialmente deve ser feito o relatório e o design spec sheet de forma cuidada e respeitando todas as limitações do regulamento. A entrega destes dois documentos deve ser planeada para evitar penalizações por atraso na sua entrega.

Posteriormente toda a equipa deve aprofundar todos os conhecimentos envolvidos no projeto para que na prova de design se possa minimizar todas as falhas e penalizações relativos a todas as componentes sujeitas a avaliação que estão descritas na tabela de pontuações. Esta preparação é importante pois é da responsabilidade dos juizes fazerem perguntas sobre todos estes aspetos.



## Prova de análise de custo

O propósito deste evento é dotar as equipas de ferramentas que facilitem as tomadas de decisões durante toda a fase de projeto. É preciso optar e estabelecer uma forte relação entre **custo e desempenho**. Pretende-se também transmitir aos alunos a ideia de que o **custo e o orçamento** são fatores importantes que devem ser considerados em qualquer projeto de engenharia. Por fim, este evento serve para os alunos ganharem experiência na criação e manutenção de uma lista de materiais (**Bill of material – BOM**).

Este evento encontra-se dividido em três partes:

- **Parte 1: Relatório de Custo (*Cost Report*) – 40 pontos**

Antes do início da competição é necessário enviar um relatório de custos, que será avaliado pelos juizes da competição.

- **Parte 2: Discussão (*Discussion*) – 40 pontos**

Discussão com os juizes da prova acerca do veículo. Pretende-se avaliar não só o custo do carro, mas também a capacidade da equipa em calcular de forma precisa as estimativas dos custos de engenharia e de produção.

- **Parte 3: Caso Real (*Real Case*) – 20 pontos**

Durante a competição é apresentado aos estudantes um cenário de um caso real, que estes terão de responder e efetuar uma apresentação relacionada com o custo e/ou fabrico de um carro de competição.

### Principais Requisitos

Utilização de tabelas de custos uniformizados. As tabelas são projetadas para refletir um hipotético carro construído para a produção com o volume anual de 1000 unidades por ano.

Listar e prever os custos de cada parte no protótipo do veículo. Isto inclui todo o equipamento instalado no veículo, em qualquer momento durante a competição.

Não há um valor máximo para o custo de um veículo.

## Pontuação

Os pontos para o evento vão ser atribuídos de acordo com a seguinte tabela:

Cost Report	$40x \frac{(P_{max}/P_{your}) - 1}{(P_{max}/P_{min}) - 1}$	40 Pontos	Menor custo. Cada uma das equipas participantes será classificada pelo custo total do BOM e serão atribuídos entre 0 e 40 pontos com base na fórmula à esquerda.
Discussion		40 Pontos	Precisão e clareza. A documentação de apoio será avaliada com base na sua qualidade, precisão e rigor. O intervalo para a pontuação é 0-40 pontos.
Real Case		20 Pontos	Evento Dia / processos de fabricação. As equipas devem estar preparadas para discutir com detalhe o caso real distribuído antes da competição. Os materiais fornecidos incluem mais detalhes sobre o objetivo e a pontuação do cenário. O intervalo para a pontuação é 0-20 pontos.
<b>Total</b>		<b>100 Pontos</b>	

Onde:

- $P_{your}$  é o preço ajustado do carro da própria equipa, em dólares.
- $P_{min}$  é o preço ajustado do carro com um custo menor, em dólares.
- $P_{max}$  é o preço ajustado do carro com um custo maior, em dólares.

## Estratégia

De modo a obter uma boa pontuação nesta prova é necessário fazer uma lista cuidada de todos os materiais utilizados para a construção do veículo. É de referir que em caso de falha ou engano num elemento da lista dá origem a uma penalização.

Outro aspeto importante neste evento é o controlo de custos do veículo. É crucial encontrar a melhor relação custo/desempenho possível, de modo a que o protótipo do veículo seja eficaz, sendo também barato. É valorizado o veículo com um menor custo associado.

Os relatórios devem ser bem estruturados e escritos de uma forma clara, precisa e objetiva, com os conteúdos bem explicados.

Como a última parte deste evento consiste numa análise de um caso real, proposto pela organização durante a competição, as equipas devem estar preparadas para discutir o problema com detalhe e prepararem uma apresentação clara e com rigor do cenário em causa. É fulcral que a equipa tenha elementos com uma grande capacidade de comunicação de modo a facilitar a apresentação.

Assim, ao optarmos por uma estratégia simplista e de bom desempenho, conseguiremos obter um veículo de menor custo, bom desempenho e de mais fácil previsão dos seus custos de produção, garantindo assim o maior número de pontos nesta prova.

## Pesquisa de mercado

Na seguinte tabela podemos conhecer toda a informação disponível sobre as outras equipas, dando-nos uma visão geral de todos os projetos desenvolvidos até ao momento.

Equipa	Classificação*	Tipo de bateria	Máxima Tensão/Tensão Nominal	Capacidade da bateria	Potência	Motor	Velocidade Máxima	Bateria	0-100 km/h	Controlador
Projeto FST	2º F5S	LiFePO4	144V	7,68 kWh	2x60kW	2x Agri 5E-R				Custom, MOSFET, IGBT frequency PWM
DUT Racing	1º F5G, 2º FSUK	LiIum polymer	600 V	4,2 kWh	99 kW nominal, 113 kW pico	Agri motor 55-R Permanent Magnet DC				Projeto próprio
DUT Racing	1º F5G e FSUK(C14)	LiIum polymer	385 V	5,7 kWh	28 kW nominal, 35 kW pico	2x AUK DT3-30-100W				Projeto próprio
ANZ Racing	2º F5G	LiIum polymer			150 HP (2x 40 kW)	2x ANZ AC	130 km/h		3,8 s	
ANZ Racing	1º F5S e FSU, 2º F5G e FSUK(C14)	LiIum polymer			94 HP (2x 35 kW)	2x ANZ AC	130 km/h		3,4 s	
ANZ Racing	1º FSUK(C14)	LiIum polymer			81 HP (2x 30 kW)	2x Agri DC	111 km/h		3,8 s	
Green Team	3º F5G e FS4E	LiIum polymer	6,9 kWh		2x 56 kW	2x AUK DT3-26-100W	1140 Nm		~ 2,0 s	ETAS ES910
Green Team	3º FS4E	LiIum polymer	588 V	8,4 kWh	2x 50 kW	2x AUK DT3-30-200W			< 2,1 s	AUK KW 60
SOU Vitego Racing	Nável (concepção)				100 kW	VASA-750	750 Nm			
KTH Racing Electric	3º F5G	LiIum polymer	420 V	5,3 kWh	2x 52 kW		160 km/h		3,5 s	
TU/Sat Racing	2º FS4, 4º F5G	LiIum polymer	420 V		27hp (2x 100 kW)	REVI HVH 250			2,8 s	
Global Formula Racing	1º FS4E	LiIum polymer	420 V			VASA-750	130 km/h	750 Nm		Motor AD13
UNE	4º F5G	LiFePO4	385 V		100 kW		90 km/h	160 Nm		Sicon Gen 4 Size 8
UNE	2º FS4, 3º FSUK(C14)	LiIum polymer	110 V		60 kW	2x Agri 119R	100 km/h	160 Nm		2x Keniv
UNE	1º FS4, 2º F5G, 3º FSUK(C14)	LiIum polymer	110 V		60 kW	2x Agri 119R	100 km/h	160 Nm		2x Keniv
IRT	7º F5G			6,25 kWh	85 kW (limite)		140 km/h (T)	750 Nm	3,9	
Kalabang	9º F5G	LiFePO4	370 V	7,4 kWh	2x 21 kW		120 km/h		3 s	Infinion Hybrid-1
TUG Racing	9º F5G	LiNMC	420 V	6 kWh	2x 60 kW		130 km/h		4,5 s	dspace

## Background

Aqui pretendemos analisar, com algum pormenor, as características que nos foram possíveis apurar dos carros pertencentes à nossa concorrência na classe 1.

De tal forma, decidimos selecionar as três equipas vencedoras do último evento (Formula Student Electric, Germany- E também respetivos prémios) e da equipa do técnico (o nosso rival nacional). As equipas escolhidas foram: DUT Racing (Delft TU- Holanda), Green Team (Stuttgart U, Alemanha), AMZ Racing (Zürich ETH, Suíça) e FST (IST, Portugal).



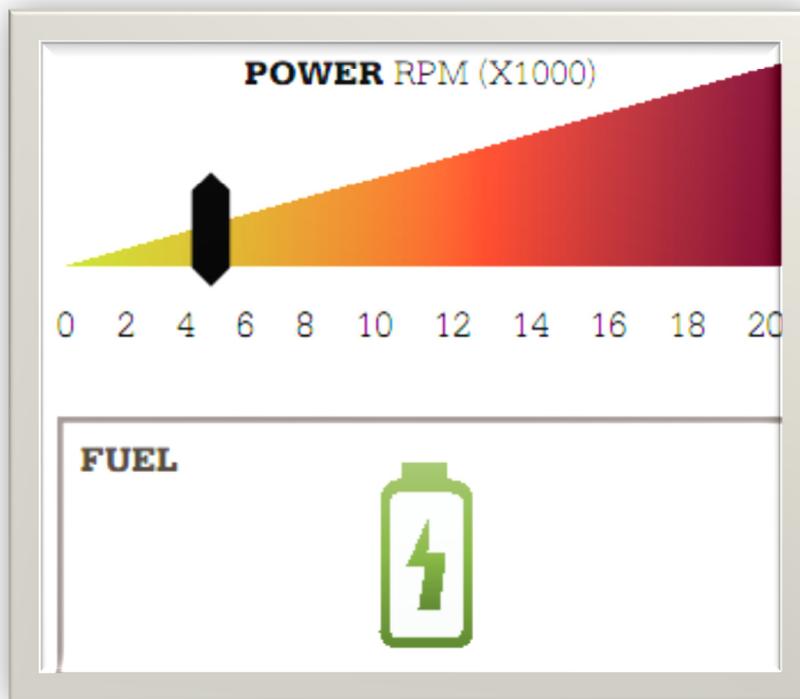
**ETH ZURICH,  
SWITZERLAND**

---

O AMZ (Akademischer Motorsport Verein Zürich) foi fundado em 2007 e é um dos membros fundadores da classe Formula Student Electric. Esta equipa consiste apenas em estudantes da ETH de Zurique e da Escola superior de Luzern. Para a época de 2012 o objetivo da equipa centra-se em apresentar um carro elétrico leve e de alta potência de maneira a competir com os mais rápidos desta competição.

O carro novo, denominado “Umbrail”, está equipado com um pack aerodinâmico testado no túnel de Emmen durante 5 dias de maneira a aumentar a aceleração lateral e longitudinal. O carro tem uma largura de 2890mm, comprimento de 1408mm, altura de 1236mm, uma distância entre eixos de 1550mm, uma distância entre rodas frontais de 1200mm e uma distância entre rodas traseiras de 1160mm. O carro pesa 175kg e tem uma distribuição de peso de 110kg/127kg. Este veículo possui uma suspensão pull rod (frontal) /push rod (traseira) com braços em forma de A duplos de comprimento desigual atuados por um amortecedor de mola com barra estabilizadora ajustável. Os pneus são do tipo 18.0 x 6.0-10 LC0 Hoosier e as jantes são de 6.5 polegadas de largura revestidas em carbono com centro em

alumínio. Os travões são flutuantes em aço, 190mm (frontal) e 180mm (traseiro). O chassis é em peça única CFRP Monocoque.



O veículo tem dois motores elétricos AMZ M2 AC, produzidos pela própria equipa de 79.85mm de cilindrada, com potência máxima de 40kW atingidos as 4500rpm e com binário máximo de 80Nm por motor atingido também as 4500rpm, acoplados a uma caixa de transmissão de duas velocidades e alimentado por um acumulador dentro de um contentor em forma de U sem diferencial mecânico.

A equipa venceu na prova que decorreu na Alemanha as provas de Endurance e Autocross, conseguindo na geral um 2º lugar.

No entanto apesar de apresentar um veículo bastante leve e de elevada performance, a equipa ficou-se pelo terceiro lugar na prova análise de custos e não chegaram ao pódio na prova de apresentação.

Assim o projeto do nosso veículo deve seguir a estrutura ao nível da performance desta equipa, mas por outro lado, deve e pode ser mais rigoroso no controlo e análise de custos. Temos também a hipótese de conseguir pontos na prova de apresentação do veículo.



## DELFT UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, THE NETHERLANDS

O DUT12, *upgrade* da primeira versão do carro (DUT11), apresenta, em relação ao primeiro, diferenças no sistema *four-wheel-drive* introduzido. Este sistema possibilita a travagem regenerativa das quatro rodas, resultando numa maior eficiência. As baterias são dispostas em redor do piloto, de forma a melhorar a tração do veículo. Também foi introduzido um novo método de produzir o “*monocoque*”, a que chamaram de “*prepregs*”. Este método assegura que a resina seja distribuída apropriadamente entre as fibras, o que leva a uma redução do peso do carro.

As dimensões do carro são de 2,445m x 1,415m x 1,104m (C x L x A) com uma distancia entre eixos de 1,530m, com um peso de 145 Kg e uma distribuição de peso de 105kg (frontal)/108kg (lateral).

As baterias são de iões de lítio (LiPo) e o sistema de baterias tem uma capacidade de 4,2 kWh e uma tensão de 600 V e está configurado como 144S2P.

A potência máxima de cada motor (Agnimotors 95-R) é de 28kW aos 12500rpm com um binário máximo de 21Nm aos 12500rpm.

A transmissão à dianteira é de 1:7 através de um sistema reductor planetário e a traseira de 1:13 através de um sistema de *two-stage-spur*.

O controlo do motor é *self designed*.

O sistema de aquisição de dados é *self designed*.

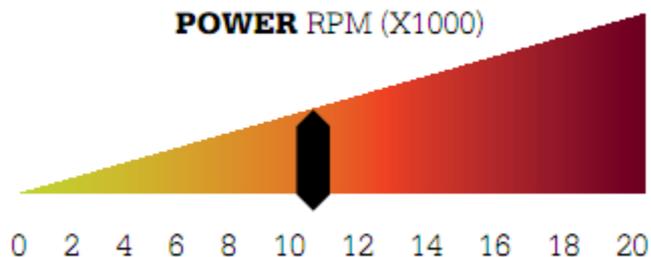
### Prémios:

- 1º Lugar na competição FSE (Geral)
- 1º Lugar na competição de *Engeneering Design*
- 1º Lugar na competição de *Cost Analysis*
- 1º Lugar na prova de *Acceleration*
- 2º Lugar na competição de *Endurance*
- 2º Lugar na competição de *Autocross*
- 2º Lugar na competição de *Efficiency*
- 3º Lugar na competição de *Skidpad*



### Prémios extra:

- Audi *Best Lightweight Concept*
- BASF *Best use of fiber reinforced plastics*
- 2º Lugar BOSCH *Best power system*
- 2º Lugar Daimler *Best E-Drive packaging*



Esta é sem dúvida a melhor equipa presente na última competição. Têm a vantagem de terem desenhado as unidades do controlo do motor e de aquisição de dados dos sensores, permitindo assim, um melhor conhecimento do sistema e menor custo. É também dos veículos com menor massa mas, por outro lado, é um veículo virado para a mais alta tecnologia. A utilização de 4 motores permite um controlo total do veículo, mas por outro lado, representa um custo mais elevado e pode levar ainda a um menor rendimento, apesar de maior regeneração.

Assim a equipa de Delft apresenta um veículo bastante complexo, o que na classe 2, em que vamos competir, representa uma desvantagem no controlo de custo e até mesmo de peso.

A vantagem que poderemos ter contra esta equipa será a construção de um veículo de maior simplicidade, com apenas um motor, mas com rendimentos e performance de igual nível.

Finalmente um dado importante a ter em conta, é o custo mínimo do veículo. Sabemos que foram usados quatro motores, que o seu preço ronda os 1400€. Isto somado às 144 baterias a um preço que ronda o 15€, temos um custo mínimo do sistema elétrico de 7760€ apenas nestas componentes. Assim, se conseguirmos obter igual performance a um custo inferior nestes sistemas, principalmente usando um só motor poderemos ter vantagem ao

nível do custo do veículo sobre esta equipa. Outra vantagem seria a utilização de baterias LiFePO<sub>4</sub>, pois apresentam maior capacidade e rendimento.



## **UNIVERSITY OF STUTTGART, GERMANY**

---

O último modelo do Green Team(E0711-3) tem um peso de 230 Kg.

As baterias são de íões de lítio (LiPo), com capacidade de 6,9 kWh e uma *Laser-sintered Battery-Cell-Housing*.



O sistema de propulsão é constituído por controlador ETAS ES910, 2 motores AMK DT5-26-10-POW com potência máxima de 56 kW/motor e binário máximo de 1140Nm (soma nas rodas), apresentando um binário máximo de 1140 Nm (somatório das rodas). O motor é localizado na traseira do veículo e a massa de cada motor é de 8 Kg, apresentando eficiências na ordem dos 95%. O controlo é feito através de Torque-Vectoring e *slip regulation*. O carro permite uma aceleração de apróx. 3,0s dos 0-100 km/h.

A transmissão é *self-designed two-stage spur* de 1:10.

O carro foi ainda equipado com o sistema BOSCH Motorsport ABS.

É usado uma rede CAN-BUS para o cruzamento do motor e a técnica de medição de dados.

**Prémios:**

- 3º Lugar na competição FSE (Geral)
- 2º Lugar na competição *Skid Pad*
- 3º Lugar na competição de *Endurance*
- 4º Lugar na prova de *Acceleration*
- 5º Lugar na prova de *Energy Efficiency*
- 4º Lugar na prova de *Autocross/Sprint*

Nesta equipa vemos claramente que a utilização de mais que um motor representa uma desvantagem. Apesar de usarem dois motores de elevado rendimento, a equipa ficou-se pelo 5º lugar ao nível de eficiência e do mesmo modo conseguiram apenas um 4º lugar nas provas de aceleração. O que mostra que não existe qualquer vantagem no uso de mais que um motor.

Ao nível das provas de apresentação, análise de custos, etc., esta equipa não conseguiu qualquer lugar no pódio. Concluimos assim, mais uma vez, que a simplicidade, robustez e eficiência de um veículo, como ao nível da gestão, o controlo de custo são as características que devem ser enaltecidas no desenvolvimento do projeto.

**IST TU LISBON,  
PORTUGAL**

---

O FST04e tem uma largura de 2954mm, comprimento de 1451mm, altura de 1269mm, uma distância entre eixos de 1650mm, uma distância entre rodas frontais de 1230mm e uma distância entre rodas traseiras de 1200mm. O carro pesa 290kg e tem uma distribuição de peso de 172kg/186kg. Este veículo possui uma suspensão pull rod (frontal) /push rod (traseira) com braços em forma de A duplos de comprimento desigual atuados por um amortecedor de mola com barra estabilizadora ajustável. Os pneus são do tipo 195x89 R13 Avon A45 e as jantes são 7.2x13, 14mm offset, e PC AL Rim. Os travões são flutuantes em aço, 220mm diâmetro exterior. O chassis é uma armação espacial tubular.



O veículo tem dois motores elétricos DC de ímanes permanentes Agnimotors 95-R AC com potência máxima de 30kW e com binário máximo de 60Nm por motor acoplados a uma caixa de transmissão 520 Chain e com diferencial Torsen FSAE 012000, 4:1 TBR alimentado por células de lítio de fosfato de ferro, 48s5p.

A equipa do IST é a que apresenta uma maior diferença ao nível da tração, comparativamente com as últimas equipas apresentadas. Apesar de apresentar um sistema com mais de um motor, este são motores DC. São assim motores de rendimento inferior comparativamente com o de PMS, contudo, de mais fácil controlo.

Analisando a classificação em que esta equipa ficou ao nível do custo e sustentabilidade vemos que estes ficaram por um modesto 34<sup>º</sup> lugar. Sabemos assim que nesta área a equipa ainda tem muito a melhorar.

Por outro lado o veículo pesa cerca de 290kg, o que representa um elevado peso comparativamente com as últimas equipas.

Concluimos assim que podemos com um simples motor de ímanes permanentes, utilizando um método de controlo DTC-SVM conseguimos obter melhor performance e sustentabilidade. Conseguimos também um menor peso e custo pelo que estas parecem ser as melhores decisões ao nível do projeto.

## Conclusão

Após uma análise de toda a competição foram definidas estratégias que consideramos até ao momento serem as ótimas de modo a obter o máximo de pontuação. Estas estratégias estão longe de serem medidas rígidas, podendo ser alteradas com o decorrer do projeto, quando soubermos que já não serão as melhores a seguir.

Foi tomada assim a decisão de criarmos um produto, com um bom desempenho, de modo a criar valor no nosso projeto, mas também com o mais baixo custo possível, criando assim um elevado valor de relação performance/custo.

Não só o custo do veículo, como o custo de produção deverá ser tido em conta. Definiu-se assim, que ao longo do projeto, todas as suas componentes deverão ser produtos já existentes no mercado, de modo a que a este projeto estejam associado baixos custos de desenvolvimento. Além disso, estará associada a este, uma fiabilidade e confiança, pois não serão componentes que ainda não foram testados no mercado.

As outras equipas foram estudadas, dentro da informação disponível. Toda a informação sobre os seus produtos deve ter sido em conta no desenvolvimento do projeto. Servindo as equipas com melhores pontuação, como principal referência para cada tomada de decisão ao longo do projeto.

## Bibliografia

Regulamento Formula Student 2013

Regulamento Formula SAE