

## Os primeiros carros elétricos desenvolvidos no IST

No Museu Faraday do IST pode encontrar na Torre Norte do IST, no corredor de acesso ao Museu Faraday, uma exposição sobre sistemas de armazenamento de energia elétrica. A exposição contém um sistema de [geração e armazenamento de energia](#) em [baterias de chumbo do fabricante Tudor](#), datada de 1920, e contém também duas baterias modernas de capacidade equivalente à antiga bateria: a bateria do carro elétrico da competição *Formula Student*, FST, designado por FST04e, e a bateria do carro elétrico FST05e. Estes carros foram concebidos e fabricados no IST, por alunos coordenados por docentes do IST das áreas de Eletrotécnica e de Mecânica. Os carros são protótipos que foram usados na competição internacional de *Formula Student* elétrica tendo feito várias provas, cada um deles. O FST04e, encontra-se usualmente na entrada da Torre Norte do IST.

### O FST04e

O FST04e foi o primeiro carro elétrico de competição, desenvolvido no IST e no país. A conceção e o projeto do sistema elétrico foram desenvolvidos por Gabriel Rodrigues, [chefe da equipa do FST03](#), um carro que ainda era dotado de um motor de combustão. O dimensionamento do trem motor e da capacidade de energia necessária ao funcionamento do novo carro elétrico, foram feitos por simulação em Matlab / Simulink usando os dados de telemetria anteriormente obtidos pelo carro FST03 na pista de Hockenheim, cujo traçado e geometria do terreno eram bem conhecidos. O [projeto do primeiro carro de corrida elétrico realizado em Portugal](#) constitui a Tese de Mestrado do Gabriel Rodrigues. A conceção da parte elétrica do FST04e foi feita no espaço que agora constitui a sala Faraday do Museu Faraday.

O projeto do [FST04e foi apresentado em 2010](#) tendo [ficado em 1º lugar na classe 2](#), a competição internacional de projetos e, em 2011, obteve um segundo lugar na competição internacional realizada em Espanha. Em 2013, obteve um 13º lugar na competição realizada em Inglaterra. Foram excelentes resultados para um primeiro carro elétrico de competição desenvolvido no país. Em 2010 foram iniciados [vários trabalhos de engenharia eletrónica](#) para serem incluídos nos próximos carros da equipa.

O FST04e pesava cerca de 300 kg e dispunha de dois motores de corrente contínua, DC, com escovas de comutação, desenvolvidos por [Cedric Lynch](#), capazes de gerar a potência de 57 kW (67 cavalos). O carro atingia a velocidade 110 km/h e tinha uma aceleração que lhe permitia ir de 0 a 100 km/h em quatro segundos. Para armazenar a energia elétrica, a equipa escolheu as células de Lítio Ferro Fosfato, LiFePo<sub>4</sub>, para fabricar a bateria, pois são estas células são mais seguras e mais robustas do que as de polímeros de iões de lítio, relativamente à capacidade de se auto incendiarem. A equipa teve em consideração a segurança, fator considerado fundamental por ser o primeiro carro elétrico que desenvolveu mas, mesmo assim, [houve um acidente com a bateria que a fez incendiar-se](#).

A equipa da bateria foi liderada pelo aluno Miguel Guedes, que fez [a sua tese de mestrado](#) com o projeto da bateria, sob orientação do Prof Moisés Piedade. O trabalho que o Miguel realizou conduziu ao primeiro sistema de armazenamento de energia, realizado em Portugal, baseado numa bateria de células de lítio dotada dos necessários sistemas eletrónicos de carregamento, de monitorização e de proteção. As células foram importadas da China, através do INESC, porque a burocracia da importação da bateria ficava mais facilitada.

Nas explicações técnicas que a equipa teve de dar aos especialistas da indústria automóvel, que constituíram o júri da Classe 2 (projeto) em 2010, muito provavelmente o Miguel Guedes causou muito boa impressão

nas explicações que fez ao júri. Estes júris, constituídos por especialistas, andam sempre à caça de jovens talentosos que dominem as novas tecnologias que terão um uso futuro na indústria automóvel.

### **Miguel Guedes na equipa de Fórmula 1 da Mercedes Benz**

Mal chegaram ao IST as células para a bateria do FST04e, o Miguel Guedes começou a ser pressionado telefonicamente, várias vezes, pelo vendedor chinês para que se comprassem mais unidades, nomeadamente as mais modernas células, pelo que o Miguel deixou de atender o telefone existente na sala, que agora é designada por Sala Faraday. Num dia, em o Miguel tinha saído da sala, um dos colegas atendeu o telefone. A chamada não vinha da China, mas vinha da equipa da Mercedes Benz de Fórmula 1, para pretenderem entrevistar o Miguel Guedes. O Miguel que não atendia as chamadas dos chineses, acabou por esperar ansiosamente que o telefone tocasse novamente para ser entrevistado. A chamada apareceu vinda da empresa inglesa [High Performance Engines](#), a empresa do grupo Mercedes Benz responsável pela sua participação nas corridas de carros de Formula 1. Queriam saber o que o Miguel pensava do sistema de recuperação de energia [KERS](#) que a Mercedes estava a usar nas corridas. O sistema da Mercedes era mecânico e acumulava a energia numa roda de inércia. O Miguel criticou muito a opção da Mercedes, pois os novos sistemas de armazenamento de energia seriam eletrónicos com baterias ou *ultracapacitors*, (ultracondensadores)<sup>1</sup>. Quando a entrevista terminou avisaram o Miguel de que poderiam voltar a falar com ele. O Miguel arrependeu-se de ter sido tão crítico do sistema usado pela Mercedes, mas viria a ser recompensado com uma proposta de contrato de trabalho na área. Quando a proposta de contrato chegou, em termos monetários era um pouco mais baixa e tinha condições de dedicação muito exigentes, incluindo a possibilidade de acompanhar os grandes prémios aos fins de semana. O Miguel pediu-me uma opinião sobre a aceitação de um contrato tão exigente, mas eu não quis influenciar a sua decisão de aceitação, mas vi logo que o Miguel até pagaria para aceitar aquela proposta de contrato.

Como o FST04e foi o primeiro carro elétrico de corrida desenvolvido no país teve alguns problemas de crescimento mas, [globalmente, o seu desempenho foi muito bom](#).

### **O FST05e**

O FST05 ganhou o primeiro prémio da classe 2, a classe de projeto, em 2012 e fez três corridas em 2013, ficando em 15º, 25º e 30º lugar. Com exceção da vitória na classe 2, os resultados obtidos com o segundo carro elétrico de competição, ficaram um pouco abaixo do esperado, demonstrando que a equipa era melhor a conceber e a projetar do que a realizar.

[O FST05e](#) foi o primeiro carro desenvolvido pela equipa de estudantes do IST usando baterias de polímeros de iões de lítio, em que um eletrodo é de grafite e o outro é de óxido de lítio-cobalto (LiCoO<sub>2</sub>), tendo sido abandonado o uso de baterias LiFePo experimentadas, com muito sucesso, no protótipo FST04e.

A bateria alimentava dois motores AC da Siemens que debitavam uma potência combinada de 65 kW (90 cavalos). Esta potência era suficiente para impulsionar o carro com o peso de 220 kg, imprimindo-lhe uma forte aceleração de 2,8 s, no arranque de 0 a 100 km/h, e a atingir a velocidade máxima de 120 km/h, valores que são adequados às exigências das provas internacionais da FST.

A realização dos motores foi uma dor de cabeça muito grande. A equipa escolheu os pequenos motores elétricos trifásicos da Siemens, muito potentes, destinados a serem usados em máquinas CNC

---

<sup>1</sup> Por vezes, usa-se incorretamente o termo *supercapacitor* (supercondensador) que é um elemento da teoria dos circuitos estabelecido bastante antes do aparecimento dos *ultracapacitors*.

nomeadamente em fresadoras. Mais tarde, verificou-se que estes motores eram destinados a serem montados nos eixos de suporte das ferramentas de corte e eram, por isso, muito leves, mas requeriam o uso de bobinas de choque muito grandes e pesadas, que deveriam ser colocadas na base da máquina ferramenta. A equipa consultou a Siemens portuguesa sobre a hipótese de usar os motores sem as três bobinas de choque, mas tanto da Siemens de Portugal como da Siemens da Alemanha a resposta obtida era de que os motores teriam de ser usados com as bobinas de choque, recomendadas. A equipa assumiu a responsabilidade de fazer os motores sem as bobinas e comprou os motores com uma parte do preço subsidiada pela Siemens. Quando os motores chegaram, a equipa teve uma nova surpresa, veio o estator bobinado e o rotor com imanes permanentes, mas o rotor não tinha eixo. Os motores eram destinados a ser inseridos no eixo da máquina ferramenta já existente. A equipa reagiu e projetou rapidamente um eixo para o motor. A inserção desse eixo no rotor foi feita arrefecendo o eixo num balde de azoto líquido, obtido no departamento de química do IST, e o eixo arrefecido foi introduzido no rotor que estava apertado na bucha de um torno mecânico das oficinas do IST, tendo sido empurrado à pressão pelo carro do próprio torno.

### **Novo motor para os protótipos FST**

As experiências pouco satisfatórias com os motores DC de escovas de Cedric Lynch e os motores AC trifásicos da Siemens motivou a equipa para realizar um motor elétrico no IST. O Prof Moisés Piedade contactou os responsáveis da Área de Máquinas Elétrica do IST para acompanharem a sugestão de realizar um motor elétrico, mas a resposta foi negativa por se pensar que os motores eram coisas banais e se compravam nos supermercados. Quando os informamos de que os motores em que estávamos interessados teriam de ter um rendimento acima de 90%, valores de rendimento, que estavam a ser obtidos para os motores desenvolvidos em várias universidades internacionais, acabaram por não darem qualquer apoio. Falei com o Prof Sucena Paiva que achou a ideia interessante e recomendou que contactássemos o Prof Duarte Mesquita ou o Prof Gil Marques. Assim, foi construída uma equipa com o Prof. Luís de Sousa, o Prof Duarte Mesquita, o Prof Gil Marques e eu próprio, para orientarmos o desenvolvimento de um novo motor elétrico. Fizemos uma proposta de uma tese de mestrado nesta área e o aluno Bruno Marques foi o escolhido para realizar o trabalho. Este aluno nunca se integrou bem com a equipa da FST, mas acabou por fazer [um excelente trabalho](#) que mereceu ganhar o [Prémio Luís Vidigal](#), nesse ano. O motor começou a ser construído, mas penso que não foi finalizado. Mais tarde, em 2017, o aluno João Sarrico desenvolveu um novo motor elétrico de corrente alternada, síncrono, de imanes permanentes com a potência de 20 kW, trabalho que constituiu [a sua tese de Mestrado](#) que também acabou por ganhar o Prémio Luís Vidigal.

### **Novo BMS para o FST06**

Com a aprendizagem obtida com os sistemas de gestão de bateria dos carros FST04e e FST05e, em 2013 foi [criado um novo sistema de gestão de baterias](#) para o FST 06, sistema que foi desenvolvido pelo aluno Bruno Santos.