



FORMULA STUDENT TÉCNICO LISBOA

UNI. LISBON - INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

Safety Task

Pedro Lopes (103194)

pedroafdlopes@tecnico.ulisboa.pt

2023/2024 – 2º Semestre, P4

Conteúdo

1	Introdução	2
2	Sistemas	3
2.1	Eletrónicos	3
2.1.1	Shutdown Circuit (SDC) e AIR	3
2.1.2	Master Switches	4
2.1.3	Shutdown Buttons	5
2.1.4	Tractive System Active Light (TSAL)	5
2.1.5	Ready-To-Drive Sound (RTDS)	5
2.1.6	Insulation Monitoring Device (IMD)	5
2.1.7	Accumulator Management System (AMS)	5
2.1.8	Brake Over-Travel Switch (BOTS)	6
2.1.9	Dash LEDs	6
2.1.10	High Voltage Disconnect (HVD)	7
2.1.11	Precharge and Discharge Systems	7
2.1.12	Brake Light	7
2.2	Mecânicos	8
2.2.1	Crash box or Impact Attenuator (IA)	8
2.2.2	Side impact	8
2.2.3	Roll hoops	8
2.2.4	Head Restraint	9
2.3	Autónomos	9
2.3.1	Emergency Brake System (EBS)	9
2.3.2	Remote Emergency System (RES)	9
2.3.3	Autonomous System Master Switch (ASMS)	9
2.3.4	Autonomous System Status Indicators (ASSIs)	10
3	Conclusões	10

1 Introdução

A segurança é uma preocupação fundamental em qualquer competição de engenharia, e Fórmula Student não é diferente. Estas competições oferecem a oportunidade a estudantes de engenharia de ter a oportunidade de aplicar seus conhecimentos em um ambiente prático. No entanto, para garantir que essas competições sejam seguras, uma série de sistemas de segurança são instalados nos protótipos. Neste relatório, tentarei explicar alguns dos principais sistemas de segurança presentes nos carros de Fórmula Student e sua importância.

2 Sistemas

2.1 Eletrônicos

2.1.1 Shutdown Circuit (SDC) e AIR

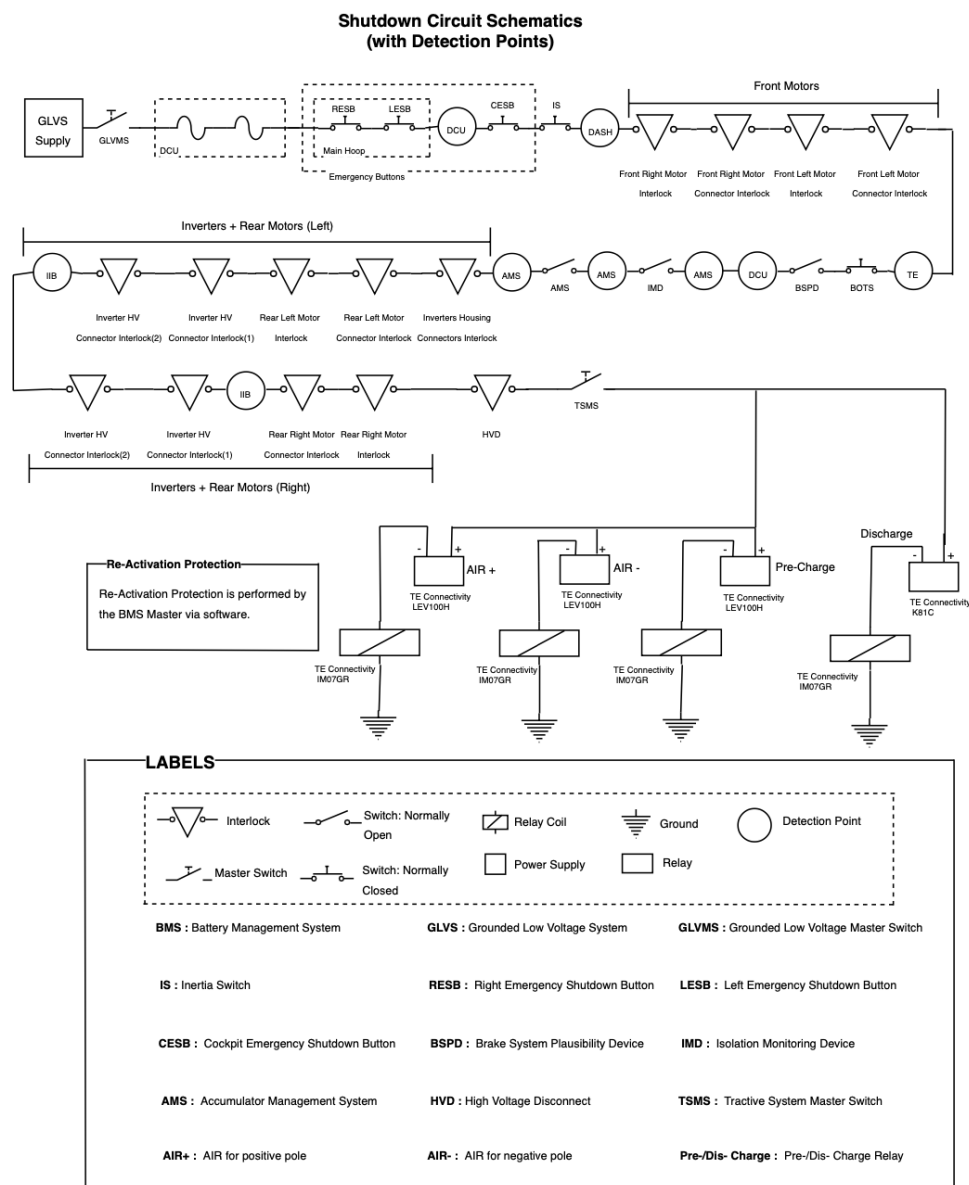


Figura 1: Shutdown Circuit

Cada **TSAC** deve conter pelo menos dois **AIRs** (Accumulator Isolation Relays). Esses relays devem ser mecânicos e são responsáveis por interromperem ambos os polos do acumulador do **TS**.

2.1.2 Master Switches

Os Master switches são interruptores mecânicos rotativos com pega removível vermelha, localizados no lado direito do carro, próximos ao Main Hoop. Devem ser acionáveis facilmente de fora do carro e as posições "ON" e "OFF" dos mesmos assinalados. Devem ser montados, próximos uns dos outros, e não removidos durante a manutenção. O interruptor de baixa tensão deve desativar completamente a energia para o sistema específico, marcado com "LV" e montado numa zona circular vermelha com um símbolo semelhante a este:



No caso do FST09e existem dois Master switches:

- Low Voltage Master Switch (LVMS): Controla o Low Voltage System
- Tractive System Master Switch (TSMS): Controla o Tractive System

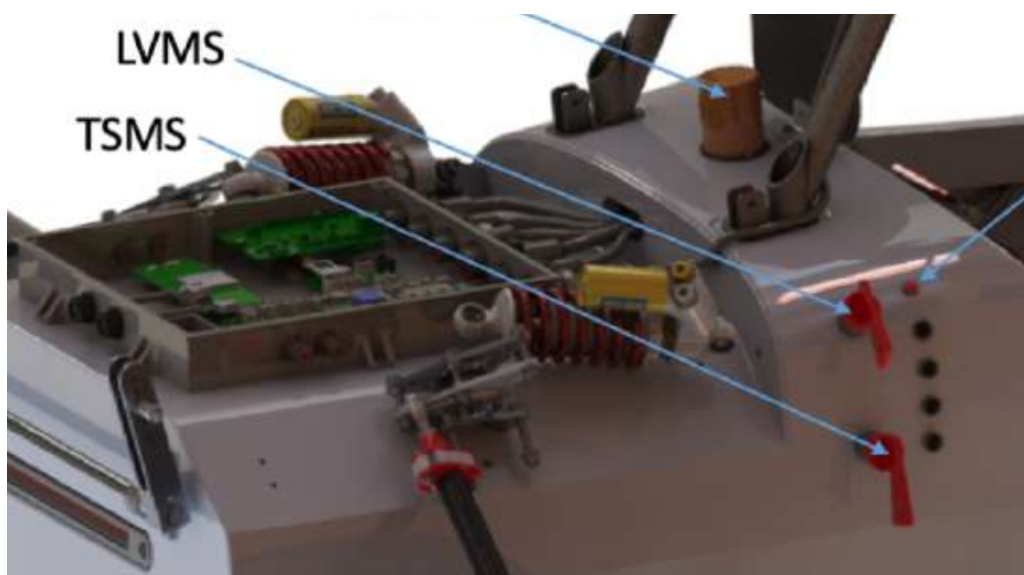


Figura 2: Localização do LVMS e TSMS no carro

2.1.3 Shutdown Buttons

De acordo com os regulamentos, um sistema de três Shutdown Buttons deve ser instalado no carro. Cada um deve ser um interruptor mecânico de emergência. Dois botões devem estar localizados de cada lado do carro, atrás do compartimento do piloto, aproximadamente ao nível da cabeça do mesmo e devem ser facilmente alcançáveis por fora do carro. O terceiro, deve ser montado no cockpit e estar ao alcance fácil do piloto, ao lado do volante. Os Shutdown Buttons devem ser montados no carro e não devem ser removidos durante a manutenção, para além de terem de ser vermelhos.

2.1.4 Tractive System Active Light (TSAL)

O Carro deve ter um único **TSAL**, que indique o estado do sistema de tração. O **TSAL** deve possuir uma luz vermelha que pisca entre 2 Hz e 5 Hz quando o **LVS** está ativo e a tensão excede determinados limites. Também deve possuir uma luz verde contínua quando o **LVS** está ativo e várias condições são atendidas. O **TSAL** deve estar localizado abaixo do ponto mais alto do Main Hopp. A luz deve ser visível em todas as direções, exceto em ângulos bloqueados pelo arco principal, e deve ser acima do nível dos olhos de um observador a uma distância específica. Deve existir um indicador verde no cockpit, marcado com **TS off**, que deve acender quando a luz verde do **TSAL** estiver ligada.

2.1.5 Ready-To-Drive Sound (RTDS)

O carro deve emitir um som distintivo, contínuo durante 1 a 3 segundos após entrar no modo **R2D**. A intensidade do som deve estar entre os 80 e 90 dBA num raio de 2 metros ao redor do carro. O som deve ser facilmente reconhecível e não pode conter vozes animais, partes de músicas ou sons ofensivos. O carro também não pode emitir nenhum outro som semelhante ao **RTDS**.

2.1.6 Insulation Monitoring Device (IMD)

Cada carro deve ter um **IMD** no seu **TS system**, que deve ser robusto, resistente à vibração e à temperatura, e aprovado para uso automóvel. Em caso de falha no isolamento ou do **IMD**, deve ativar o circuito **SDC** sem influência de lógica programável. Um indicador vermelho no cockpit deve acender somente se o **IMD** ativar o **SDC**, permanecendo ligado até redefinição manual.

2.1.7 Accumulator Management System (AMS)

Cada acumulador do sistema **TS** deve ser monitorizado por um **AMS** sempre que o **LVS** estiver ativo ou o acumulador estiver ligado a um carregador. O **AMS** dentro de cada **TSAC** deve medir continuamente a tensão das células, a corrente **TS** e a temperatura das células críticas, e também, para células de lítio, monitorizar a temperatura de pelo menos 30% das células de forma igualmente distribuída. Se os valores críticos forem detetados por um período específico, o **AMS** desliga o **TS**. E um indicador vermelho no cockpit irá sinalizar que o **AMS** desligou o **TS**. O **AMS** deve ser capaz de ler e exibir todas as medições ao ligar um computador portátil a ele.

2.1.8 Brake Over-Travel Switch (BOTS)

Um **BOTS**, um interruptor, deve ser instalado no veículo como parte integrante do **SDC**, sendo ativado em caso de falha dos sistema de travagem, se ocorrer "over-travel" do pedal o **SDC** é ativado. Ele deve ser mecânico e impedir a múltipla ativação do mesmo e "reset" por parte do piloto.

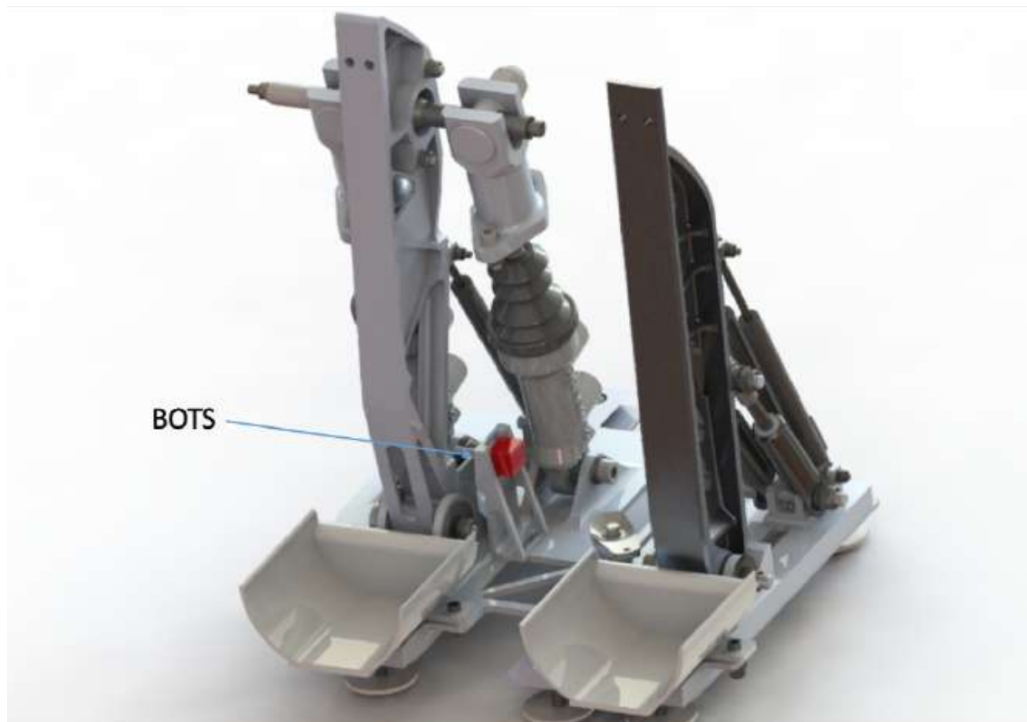


Figura 3: BOTS

2.1.9 Dash LEDs

Trata-se de vários LEDs no cockpit que permitem ao piloto saber o estado de diferentes sistemas do carro, como o **TS**, **IMD**, **AMS**, **AIR** e **RTDS**.

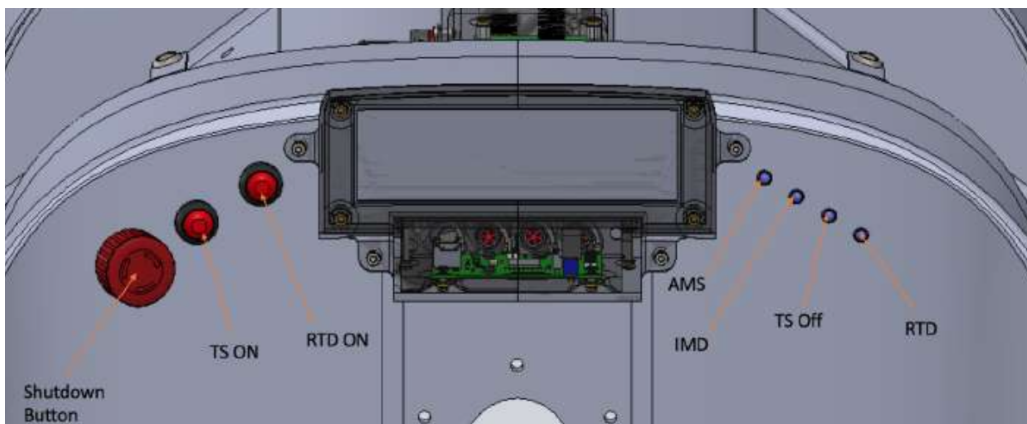


Figura 4: Cockpit na vista do piloto, onde é possível ver a posição dos diversos LEDs

2.1.10 High Voltage Disconnect (HVD)

É necessário que seja possível desconectar rapidamente pelo menos um polo do acumulador do **TS**. O **HVD** deve estar localizado 350 mm acima do chão e ser facilmente identificável com a marcação "HVD". Não é permitida a ativação remota do **HVD**. Qualquer **ESO** deve ser capaz de remover o **HVD** em 10 segundos quando o carro estiver pronto para correr. Assim o **HVD** permite garantir que o sistema de alta tensão possa ser isolado em situações de emergência e durante a manutenção.

2.1.11 Precharge and Discharge Systems

O circuito **Precharge** garante que a tensão nos **AIR's** é pré-carregada a pelo menos 95% da tensão do acumulador **TS** antes de fechar o segundo **AIR**. O circuito de **Discharge** deve "aguentar" com a tensão máxima do **TS** de forma permanente, com a capacidade de realizar descargas completas após um tempo de inatividade. O circuito deve ser sempre ativo quando o **SDC** estiver aberto e garantir a descarga dos condensadores intermediários e se o **HVD** estiver aberto ou o acumulador do **TS** estiver desconectado.

2.1.12 Brake Light

O carro deve ter uma Brake Light que ilumine apenas se:

- O sistema de travão hidráulico for ativado.
- (**EV**) ou o sistema de travão elétrico for ativado

A luz deve ser vermelha. De vista lateral, deve estar orientada verticalmente e montada entre a linha central das rodas e o nível do ombro do piloto. Quando vista de trás, deve estar posicionada aproximadamente na linha central do veículo.

2.2 Mecânicos

2.2.1 Crash box or Impact Attenuator (IA)

O carro deve ter um **IA** composta por um **IA** e **AIP** (Attached Impact Plate). O **IA** deve ser localizado à frente do bulkhead dianteiro, não ultrapassar determinadas dimensões e estar fixado de forma segura ao **AIP**. O **AIP**, por sua vez, deve atender a requisitos específicos de material e fixação. É permitido o uso de **IA** "standard" para evitar realizar testes, desde que certos critérios sejam cumpridos, caso não o sejam, serão realizados os testes.

2.2.2 Side impact

A estrutura de Side impact deve ter pelo menos três tubos de aço em cada lado do cockpit, e estabelecer a conexão entre os arcos principal e frontal. Membros superiores, inferiores e diagonais devem ser posicionados de acordo com especificações detalhadas. Caso seja utilizado um material composto, a estrutura deve ser capaz de respeitar certos requisitos adicionais de rigidez e absorção de energia.

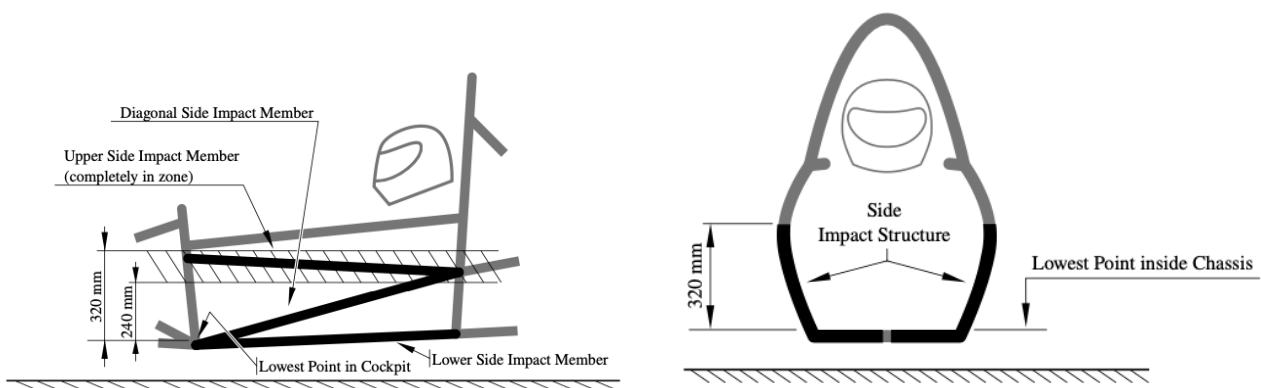


Figura 5: Estrutura de Side impact

2.2.3 Roll hoops

Os **Roll hoops** devem ser integrados com segurança à estrutura principal por meio de triangulação nó-a-nó ou métodos equivalentes de junção. Curvas devem ter um raio mínimo de três vezes o diâmetro externo do tubo, sem falhas. Os hoops devem ter furos de inspeção, e suas fixações devem ser robustas. O main hoop deve ser de uma única peça de tubulação de aço, com inclinação inferior a 10°. O Front Hoop deve ser contínuo e, se composto por mais de uma peça, deve ser apoiado por triangulação nó-a-nó. Em vista lateral, nenhuma parte do arco dianteiro pode ter inclinação superior a 20°. Os arcos devem ser adequadamente suportados e as estruturas de reforço devem ser conectadas entre si corretamente.

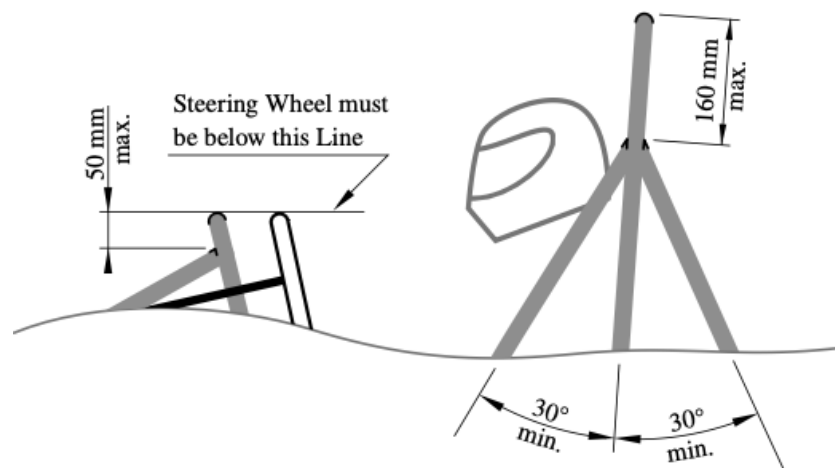


Figura 6: Reforços do Front hoop e main hoop e requerimentos para o volante

2.2.4 Head Restraint

Trata-se de um apoio de cabeça para limitar o movimento para trás da cabeça do piloto. Ele deve ser vertical, acolchoado com material absorvente de impacto e atender a requisitos específicos de largura, altura e distância da cabeça do piloto. Tanto o apoio de cabeça como a sua fixação devem resistir a uma força de 890 N.

2.3 Autónomos

2.3.1 Emergency Brake System (EBS)

É um sistema de travagem autónomo que é ativado quando o veículo está em modo autónomo. Permite travar automaticamente em situações de emergência.

2.3.2 Remote Emergency System (RES)

O RES é um sistema composto por um controlo remoto e um módulo no carro. Ele permite parar o veículo remotamente em caso de emergência. O módulo do RES é integrado no SDC do carro, e sua antena deve ser montada sem obstruções.

2.3.3 Autonomous System Master Switch (ASMS)

O ASMS é montado numa área circular azul e marcado com "AS". O ASMS controla a energia dos atuadores de direção e travagem, e quando está desligado, nenhum desses atuadores pode ser acionado pelo sistema autónomo. O ASMS também pode bloquear para evitar uma possível ativação acidental e deve estar desligado quando o veículo está fora da área dinâmica ou a ser operado manualmente.

2.3.4 Autonomous System Status Indicators (ASSIs)

O carro deve ter três indicadores de estado do sistema autónomo (**ASSIs**) para mostrar o estado do **AS**. Eles devem estar colocados nos lados e na parte traseira do carro, de acordo com especificações de altura e distância do solo específicas. Cada **ASSI** deve atender aos requisitos de iluminação e o estado "AS Emergency" deve ser indicado por um som intermitente com parâmetros específicos.

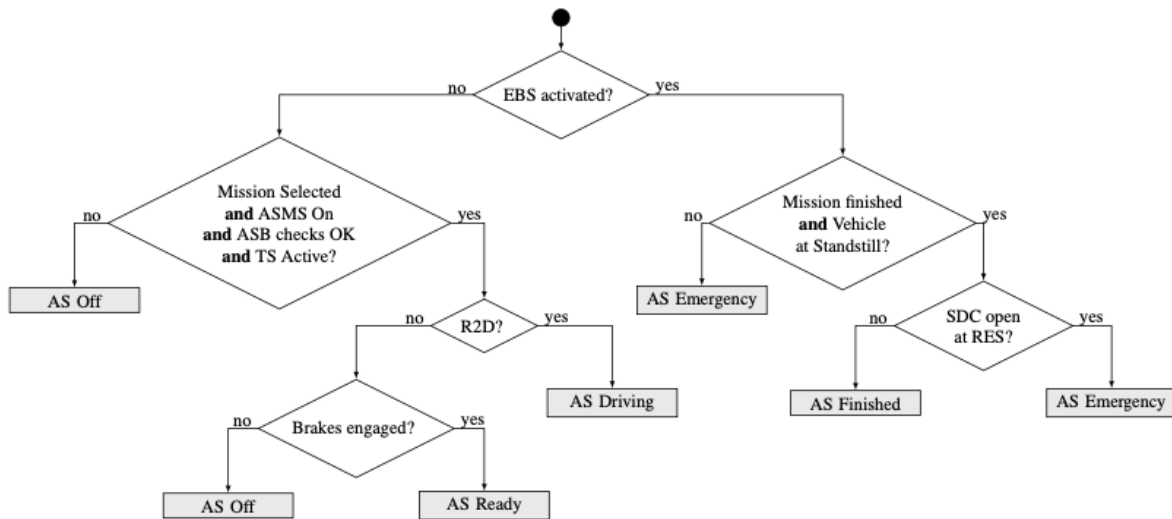


Figura 7: Diagrama de estados do AS

3 Conclusões

Com esta tarefa foi possível compreender os diferentes sistemas de segurança que fazem parte de um carro de Fórmula Student. Esses sistemas são essenciais para garantir a segurança tanto dos pilotos como todos os membros das equipas durante as competições e o desenvolvimento dos protótipos. Em suma permitem ter controlo sobre as operações do carro e fornecem mecanismos de segurança em situações de emergência.