

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ
Tecnologia em Eletrônica Automotiva**

Gleidson Saunorins Callejon

**Sistema de Auxílio ao Estacionamento
Park Assist**

Santo André – São Paulo

2017

Sistema de Auxílio ao Estacionamento

Park Assist

Trabalho de conclusão de curso da
Faculdade de Tecnologia - Fatec
Santo André, referente ao curso de
Eletrônica Automotiva.

Orientador: Professor Me. Cléber
Willian Gomes

Co-orientador: Professor Dr. Fabio
Delatore.

Santo André – São Paulo

2017

LISTA DE PRESENÇA

Santo André, 22 de Dezembro de 2017

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA: “SISTEMA
DE AUXÍLIO AO ESTACIONAMENTO”
DO ALUNO DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

BANCA

PRESIDENTE:

PROF. CLEBER WILLIAN GOMES 

MEMBROS:

PROF. MURILO ZANINI DE CARVALHO PROF. FERNANDO GARUP DALBO **ALUNO:**GLEIDSON SAUNORINS CALLEJON 

C157s

Callejon, Gleidson Saunorins

Sistema de auxílio ao estacionamento Park Assist / Gleidson Saunorins Callejon. - Santo André, 2017. – 74f: il.

Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva, 2017.

Orientador: Prof. Me. Cléber Willian Gomes

Co-orientador: Prof. Dr. Fábio Delatore

1. Eletrônica Automotiva. 2. Sensor de estacionamento. 3. Software. 4. Pessoas com habilidades especiais. 5. Veículos.
I. Sistema de auxílio ao estacionamento Park Assist.

621.389

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Instituição de Ensino Superior pela oportunidade e os ensinamentos, todos os professores que fizeram parte dessa formação, em especial ao Professor Garup, Professor Murilo e aos meus orientadores pelo companheirismo e dedicação, aos meus familiares pela paciência e atenção durante todos esses anos letivos, que sem eles nada disso seria possível.

RESUMO

O sistema Park Assist auxilia os motoristas no momento de se realizar uma manobra de estacionamento, a baliza, com comodidade e segurança, desde momento de localizar a vaga até o estacionamento ser executado, porém, o motorista deverá conhecer as leis de trânsito e saber onde estacionar, como por exemplo: saídas/entrada de veículos, hidrantes, placas de proibido estacionar, vagas destinadas a pessoas com deficiência físicas e idosas, e outros. O projeto consta de um protótipo, na qual implementaremos o sistema mencionado, utilizando todo aprendizado adquirido durante os anos letivos, adaptando uma direção elétrica que receberá sinais eletrônicos de uma central, realizando o esterçamento, um motor elétrico, já presente no protótipo, atuando na movimentação. A unidade de controle (Arduino Mega) armazenará a programação e enviará os sinais à direção e transmissão no momento certo, através da ponte H, invertendo o sentido de rotação.

Palavras - chaves: sensor de estacionamento, direção assistida, assistente de manobra.

ABSTRACT

The Park Assist system assists motorists in the moment of performing a parking maneuver, the beacon, with convenience and safety, from the moment of locating the parking space until the parking is performed, however, the driver must know the laws of transit and know where to park, for example: exits / entrance of vehicles, hydrants, signs of prohibited parking, places for people with physical disabilities and elderly, and others. The project consists of a prototype, in which we will implement the aforementioned system, using all the learning acquired during the school years, adapting an electric direction that will receive electronic signals from a power station, performing the stepping, an electric motor, already present in the prototype, acting in the movement. The control unit (Arduino Mega) will store the programming and send the signals to the direction and transmission at the right time, through the bridge H, reversing the direction of rotation.

Keywords: parking sensor, Power assisted steering, maneuvering assistant.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Tela in dash	15
Figura 2	Botão Active Park Assist.	19
Figura 3	Estacionamento lado do passageiro.	20
Figura 4	Automatic Park Assist.	21
Figura 5	Estacionamento concluído.	22
Figura 6	Informações visuais e audíveis.	23
Figura 7	Espaço livre de objetos.	23
Figura 8	Instruções exibidas no painel.	24
Figura 9	Verificação da vaga.	25
Figura 10	Processo de manobra.	26
Figura 11	Active Park Distance Control.	26
Figura 12	Estacionamento através de controle remoto.	27
Figura 13	Botão de ativação.	28
Figura 14	Vagas em série à direita.	29
Figura 15	Vagas em série à esquerda.	29
Figura 16	Vagas em paralelo à direita.	30
Figura 17	Vagas em paralelo à esquerda.	30
Figura 18	Medição do espaço a ser estacionado.	33
Figura 19	Estacionamento em série.	34
Figura 20	Estacionamento em paralelo.	34
Figura 21	Botão E851 – botão de ativação do Park Assist.	35
Figura 22	Estacionamento em espaços em série.	36
Figura 23	Estacionamento entre obstáculos.	36
Figura 24	Estacionamento total ou parcial junto aos meios-fios.	37
Figura 25	Estacionamento em curvas.	37
Figura 26	Estacionamento em paralelo.	38
Figura 27	Intervenção no freio ao estacionar.	38
Figura 28	Frenagem em emergência.	39
Figura 29	Imagens na tela do painel de instrumentos.	39
Figura 30	Componentes da Direção eletromecânica	41
Figura 31	Componentes da caixa de direção eletromecânica.	42
Figura 32	Torque Motor X Torque da direção.	43

Figura 33	Contato espiral do módulo do airbag lado condutor.	43
Figura 34	Sensor de Ângulo de direção G85.	44
Figura 35	Composição de um sensor de ângulo de direçãoG85.	45
Figura 36	Estrutura do sensor de ângulo.	45
Figura 37	Princípio barreira luminosa.	46
Figura 38	Localização do sensor de torque.	47
Figura 39	Arquitetura do sensor G269.	48
Figura 40	Sensor em repouso.	49
Figura 41	Tensão(V) em repouso.	49
Figura 42	Sensor em posição máxima.	50
Figura 43	Tensão(V) em posição máxima.	50
Figura 44	Sensor de rotação G28.	51
Figura 45	Localização do motor V187.	52
Figura 46	Arquitetura do motor V187.	53
Figura 47	Funcionamento do motor V187.	54
Figura 48	Posição do sensor de posição do eixo.	55
Figura 49	Unidade de comando da direção assistida.	56
Figura 50	Luz de avaria K161.	57
Figura 51	Comunicação entre as unidades e sensores.	58
Figura 52	Vista lateral do protótipo.	59
Figura 53	Vista frontal do protótipo.	60
Figura 54	Esquema elétrico.	61
Figura 55	Nó do chicote principal.	62
Figura 56	Bateria do protótipo.	62
Figura 57	Direção elétrica.	63
Figura 58	Posição inicial e final do veículo.	65
Figura 59	Estabelecendo os pontos P1 e P2.	65
Figura 60	Trajectoria formada por dois círculos.	66
Figura 61	Ponto P3.	67
Figura 62	Extraindo o triângulo retângulo.	67
Figura 63	Determinando os raios r1 e r2.	68
Figura 64	Comando para o sistema de controle da direção.	69
Figura 65	Transmissão do protótipo.	71

Figura 66	Localização da Ponte H IBT – 2.	72
Figura 67	Ponte H.	73
Figura 68	Pinos de alimentação da Ponte H.	74
Figura 69	Localização da Unidade de comando Arduino.	75
Figura 70	Saídas PWM.	76
Figura 71	Alimentação 5 v da Unidade de comando.	76
Figura 72	Suporte do motor elétrico da direção.	81
Figura 73	Alteração do ângulo de esterçamento.	82
Figura 74	Rodas originais de plástico do protótipo.	83

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Comparação dos Sistemas Park Assist	31
Tabela 2	Esquema de ligação entre as unidades e outros sistemas	32

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

IPAS	Sistema de Assistência de Estacionamento Inteligente
AGPS	Sistema de Orientação de Estacionamento Avançado
ACC	Controle Adaptativo de Distância e Velocidade
PDC	Controle de distância de estacionamento
ABS	Sistema anti bloqueio de freio
E266	Botão do assistente de estacionamento
E581	Botão do Park Assist
G203	Sensor do assistente de estacionamento traseiro esquerdo
G204	Sensor do assistente de estacionamento traseiro centro-esquerdo
G205	Sensor do assistente de estacionamento traseiro centro-direito
G206	Sensor do assistente de estacionamento traseiro direito
G252	Sensor do assistente de estacionamento dianteiro direito
G253	Sensor do assistente de estacionamento dianteiro centro-direito
G254	Sensor do assistente de estacionamento dianteiro centro-esquerdo
G255	Sensor do assistente de estacionamento dianteiro esquerdo
G568	Sensor do assistente de estacionamento no veículo dianteiro esquerdo, do veículo.
G569	Sensor do assistente de estacionamento no veículo dianteiro direito
G716	Sensor do assistente traseiro esquerdo
G717	Sensor do assistente traseiro direito
H15	Alarme sonoro do assistente de estacionamento traseiro
H22	Alarme sonoro do assistente de estacionamento dianteiro
J791	Unidade de controle para o Park Assist
K136	Luz de advertência do assistente de estacionamento
K241	Luz de advertência do Park Assist
G85	Sensor do ângulo de direção
G269	Sensor de torque de direção
J500	Unidade de controle da direção hidráulica
V187	Motor da direção eletromecânica
F	Interruptor da luz de freio
G44	Sensor de velocidade traseiro direito
G45	Sensor de velocidade dianteiro direito

G46	Sensor de velocidade traseiro esquerdo
G47	Sensor de velocidade dianteiro esquerdo
J104	Unidade de controle do ABS
F4	Interruptor da luz de marcha à ré
F416	Botão "Start-Stop" lado esquerdo do veículo
J217	Unidade de controle da caixa de mudanças automática
J623	Unidade de controle do motor lado direito do veículo
J519	Unidade de controle da alimentação de bordo
E2	Interruptor do sinalizador de direção
E86	Botão de chamada da tela de funções múltiplas
G17	Sensor de temperatura ambiente
J285	Unidade de controle no painel de instrumentos
J527	Unidade de controle da parte eletrônica da coluna de direção
J533	Interface de diagnósticos do barramento dedados
J345	Unidade de controle do detector de reboque
U10	Soquete do reboque
R	Sistema de rádio/rádio navegação

SUMÁRIO

1. Introdução	14
2. Objetivo	17
3. Motivação	18
4. Revisão da literatura	19
4.1. Direção eletromecânica	40
4.2. Sensor do ângulo de direção	43
4.3. Sensor de torque de direção	47
4.4. Sensor de rotação do motor	51
4.5. Sinal de velocidade do veículo	51
4.6. Motor para direção eletromecânica V187	51
4.7. Sensor de posição do motor	54
4.8. Unidade de comando da direção assistida J500	55
4.9. Luz indicadora de avaria para direção assistida eletromecânica	56
5. Desenvolvimento	59
5.1. Bateria	62
5.2. Direção elétrica	62
5.3. Cálculo da trajetória.	64
5.4. Transmissão	71
5.5. Ponte H.	71
5.6. Unidade de Comando (Arduino Mega)	74
5.7. Programação	77
6. Análise dos resultados	81
7. Conclusão	84
8. Trabalhos Futuros	85
9. Referência bibliográfica	86
10. Referência das ilustrações	88

1. Introdução

Na maioria dos veículos, para se realizar uma baliza, o motorista necessitava trocar de marchas mecanicamente e utilizar os retrovisores, sem qualquer ajuda de recursos tecnológicos, ao menos que fosse equipado com transmissão automática ou automatizado, facilitando a manobra. Além disso, o motorista deveria prestar atenção, enquanto estivesse realizando a manobra, para não colidir com outro veículo ou objeto.

Visando facilitar as manobras necessárias que envolvem a baliza, algumas empresas desenvolveram um sistema capaz de auxiliar o motorista nesse tipo de manobra sem causar nenhum dano, tanto para o condutor como para terceiros, composto por sensores que detectavam a distância em que o veículo se encontrava do outro veículo ou objeto, e para se ter um sistema como este em um veículo, ou até mesmo um simples sensor de ré, seria preciso adquirir um veículo com opção de pacote, ou mais luxuoso.

E a pergunta que vem em nossa mente é: Então como faziam os motoristas para escolher a vaga e estacionar, já que não existia esse sistema? Um dos grandes desafios do motorista é realizar a baliza, pois muitos apresentam dificuldade nesse tipo de manobra, e a resposta é simples, ou o motorista era muito bom em realizar tal manobra ou estacionavam em lugar não apropriado e até mesmo, em alguns casos, acabavam colidindo no ato da manobra, pois o único recurso eram os retrovisores do lado esquerdo e central, sendo opcional o retrovisor do lado direito, conforme a resolução do CONTRAN, nº. 14 do dia 06.02.98 e publicação 12.02.98, Art. 6º, diz: "Os veículos automotores produzidos a partir de 1º de janeiro de 1999, deverão ser dotados dos seguintes equipamentos obrigatórios: I – espelhos retrovisores externos, em ambos os lados" (<http://www.denatran.gov.br/resolucoes>), obrigando as montadoras a equipar todos os seus carros, sendo que para adquiri-lo, teria que optar por carros mais completos ou pagar a parte, e a outra opção e mais comum, era a ajuda de outras pessoas, que ficavam olhando o quanto o motorista poderia ir para trás ou para frente para não bater no veículo estacionado ou objeto não visualizado pelo condutor através do ponto cego.

Através desse inconveniente, empresas passaram a desenvolver um método para solucionar essa dificuldade em manobras, tornando – a satisfatória, segura e confortável.

Em 1990, os sensores foram reinventados e adaptados por Mauro Del Signore, depois em 1992 e 1993, o primeiro protótipo foi desenvolvido para o carro elétrico experimental Ligier e a Ford Motor Company em parceria com a Bosch, lança na Alemanha o primeiro sistema assistente de manobras no Ford Scorpio respectivamente, utilizando-se desses sensores.

Logo no ano seguinte, 1994, a Mercedes-Benz lança uma versão mais atualizada do sistema, e em 1997, a General Motors fabricante americana, também se interessou pelo sistema.

Em 1999, um Sistema de Assistência de Estacionamento Inteligente (IPAS), conhecido como Sistema de Orientação de Estacionamento Avançado (AGPS) (Figura 1), foi lançado pela Toyota Motor Corporation em seus modelos Prius e Lexus, comercializado e vendido em 2003, no Japão, e essa versão inicial do Sistema de Assistência de Estacionamento Inteligente, foram projetados para realizar o estacionamento paralelo ao meio fio sem nenhuma intervenção do condutor, onde o sistema calcula e estima o tamanho da vaga a ser estacionado e manobra o veículo de forma segura, apresentando no painel central do veículo através de uma tela in dash, por meio de sensores e câmeras instalados na dianteira e traseira, flechas, onde o usuário definiria a posição exata do veículo no espaço. Se os requisitos foram atendidos pelo condutor, ele pressionava o botão “Set”, ativando o sistema IPAS, na qual começaria a manobra.

Figura 1: Tela in dash



Fonte: www.toyota.pt

A primeira versão deste sistema teve dificuldade em detectar objetos, incluindo gatos, carrinhos de bebê e pedestres, e quando o motorista ativava o sistema em vagas pequenas, o sistema avisava constantemente por meio de sinais de alerta para informar o usuário do perigo de bater em algum objeto ou veículo.

Em 2006, Lexus LS, com estacionamento automático, e com o avanço da tecnologia a Bosch lança o primeiro sistema de estacionamento em parceria com a Citroën em seu modelo C4 Picasso, capaz de identificar as faixas de vagas e estacionamento 90 graus. O famoso e conhecido Park Assist é lançado no VW Touran 2007, e no ano seguinte na Tiguan, Passat e carros mais luxuosos.

Ainda em 2008 até 2010, a Bosch incrementa ainda mais o sistema, integrando uma direção elétrica no Mercedes-Benz Classe A e B e um assistente de monitoramento de ponto cego através de sensores ultrassônicos. Em 2011, a tecnologia continua a se tornar um ponto forte na área automobilística e a Bosch lança a segunda geração do Sistema de estacionamento, atuando no volante para frente e para trás auxiliando agora em saídas de vagas. E conforme, notícias automotivas, hoje muitas montadoras já apresentam esse sistema como pacote (opção) ou item de série nos veículos, como: Ford Fusion, Focus e Edge, Chevrolet Cruze e Equinox, Jeep Renegade e Compass, VW Tiguan e Novo Golf, Audi Q3, BMW I3 (elétrico), Mercedes-Benz Classe C, Range Rover Evoque, Citroën C4 Picasso e Grand C4 Picasso e muitos outros.

2. Objetivo

O objetivo do trabalho foi desenvolver um sistema semelhante ao existente no mercado automotivo, chamado Park Assist.

Foi elaborado e realizado a montagem de uma direção elétrica, aprimorado o motor elétrico da transmissão e desenvolver um programa utilizando linguagem C, que foi compilado na Unidade de comando Arduino Mega, fazendo com que o protótipo realize o processo de manobra de estacionamento em série e em apenas três passos, ou seja, alinhar o protótipo, engatar R (ré) alterando a direção para direita e esquerda até entrar na vaga e por último, engatar D (diante ou frente) para finalizar o processo.

Estudaremos em particular, o sistema de auxílio ao estacionamento da Volkswagen, o Park Assist, utilizado no veículo Tiguan, lembrando que existem outras marcas, citadas anteriormente, que possuem o sistema de auxílio ao estacionamento, apresentando suas particularidades, e que funcionam tão bem quanto o Park Assist.

3. Motivação

A implantação desses sistemas nos veículos, além de apresentar conforto e comodidade, pode dizer que faz parte de um sistema de segurança, pois alerta o condutor a proximidade de objetos mostrando o quão perto você está, seja ele em trânsito com ajuda de um sistema de câmeras (ACC) para manter a distância do veículo à frente, como ao fazer balizas (nosso objetivo), evitando pequenas colisões nesse tipo de manobras.

A baliza é um dos maiores vilões de quem está em busca da CNH (Carteira Nacional de Habilitação). O motivo? Ela é um dos principais motivos de reprovação no exame de direção. (Detran, 2017).

Isto não significa que as auto escolas irão adquirir veículos com sistemas de auxílio ao estacionamento para ajudar no dia do exame, e sim, após ser aprovado no exame da CNH, os condutores saibam que existem veículos com esse sistema que possam ajudá-lo no dia a dia.

Apesar de ser um sistema altamente confiável, o valor final acrescido nos veículos que possuem esse sistema acaba sendo um pouco alto, mas em se tratando de segurança, onde é o foco do nosso projeto, é um item que não deve ser questionado.

4. Revisão da literatura

O primeiro Sistema de Assistência de Estacionamento Inteligente (IPAS) foi desenvolvido pela Bosch em parceria com a Toyota Motor Company em 1999, apesar dos primeiros sistemas apresentarem algumas dificuldades de identificar pessoas, objetos e animais, o sistema apresentou várias atualizações durante os anos, agregando cada vez mais tecnologias a fim de se ter um sistema cada vez mais capaz de se fazer uma manobra de forma segura e confortável, sem que houvesse nenhum tipo de dano para o condutor ou terceiros.

Com o avanço da tecnologia, empresas desenvolveram seus sistemas de auxílio ao estacionamento, apresentando funcionamento muito parecido, porém cada um com sua particularidade.

O sistema da Ford, por exemplo, chama – se Active park assist. É um sistema auxiliar que facilita o estacionamento paralelo. Quando acionado (Figura 2), o sistema começa a identificar um espaço de estacionamento adequado. Uma vez que você se desloca para trás, basta tirar as mãos do volante e o sistema guiará seu veículo para dentro da vaga enquanto você controla o acelerador e os freios.

Figura 2: Botão Active Park Assist.



Fonte: owner.ford.com

Possuem sensores na dianteira e traseira e podem em alguns casos não detectar objetos em fortes chuvas ou outras condições, superfícies que absorvam ondas ultra-sônicas se um objeto passar entre o pára-choque dianteiro e o espaço de estacionamento (por exemplo, um pedestre ou um ciclista), ou se a borda do

veículo estacionado estiver muito alta do chão (como um ônibus, caminhão de reboque ou caminhão de plataforma).

O sistema é ativado pressionando o botão Active Park Assist: sua tela exibirá uma mensagem e um gráfico correspondente para indicar que está procurando por um espaço de estacionamento, indicando através da seta de direção para informar o sistema se você deseja procurar um espaço de estacionamento à esquerda ou à direita. Se você não ativar o sinal de mudança de direção, o sistema procurará automaticamente no lado do passageiro. (Figura 3).

Figura 3: Estacionamento lado do passageiro.



Fonte: owner.ford.com

Quando o sistema encontrar um espaço adequado, uma mensagem será mostrada no painel, informando que encontrou um espaço e orientará o condutor para realizar a baliza.

O motorista deve certificar-se de que o espaço de estacionamento permaneça livre de obstruções em todos os momentos durante o processo. O sistema pode não detectar alguns objetos na rua, veículos com cargas pendentes (como um ônibus ou caminhão) e outros objetos.

Ao procurar um local com o sistema ativado, o veículo deve estar no máximo a 1,5 m dos veículos estacionados e sem exceder 35 km / h, informando o motorista através de uma mensagem e um alerta, e se persistir o processo é cancelado.

Depois de parar o veículo de acordo com as instruções na tela, o sistema irá instruí-lo a engatar ré (R), devendo retirar as mãos do volante controlando apenas os freios e o acelerador. O processo será indicado por tons e instruções na tela à medida que o veículo entra na vaga indicando a proximidade de um outro veículo ou objeto, até entrar na vaga por completo, alternando entre frente (D) ou ré (R)

indicando no painel que a manobra está completa, devendo deixar a transmissão no parque (P).

Qualquer uma das seguintes ações desativará manualmente o sistema se já foi ou não concluído o processo de estacionamento: desligar o sistema de controle de tração, condução acima de 80 km / h por 10 segundos durante uma busca de vaga, pressionando novamente o botão Assistente de estacionamento, mover o volante, conduzir acima de 10 km / h durante a manobra e falha do sistema de freio antibloqueio. (<https://owner.ford.com/how-tos/vehicle-features/convenience-and-comfort/active-park-assist.html>)

Já o sistema da Chevrolet, o Automatic Park Assist (Figura 4) é uma tecnologia de segurança ativa que ajuda o condutor a estacionar em vagas paralela e perpendicular, quase que automaticamente. O sistema encontra um espaço e conduz automaticamente o veículo para o estacionamento, enquanto o motorista segue comandos de texto, seleciona as marchas (D ou R) e aciona os freios e acelerador.

O Automatic Park Assist, usa os sensores de ultra-som Front Park Assist, Rear Park Assist e os sensores de ultra-som esquerdo e direito, instalado na frente do lado direito e esquerdo do veículo. O sistema encontra uma vaga de estacionamento quando o veículo está em movimento, a uma velocidade inferior a 30 km / h e orienta o condutor a trocar de marcha diante (D) ou reverso (R).

O sistema funciona na seguinte sequência:

O motorista pressiona o botão Automatic Park Assist, ativando o sistema para procurar um espaço de estacionamento paralelo, e se manter pressionado o mesmo botão, irá alternar entre estacionamento paralelo e perpendicular.

Figura 4: Automatic Park Assist.



Fonte: gmauthority.com

O sistema busca automaticamente vagas de estacionamento à direita se o motorista não indicar por meio das setas de direção o lado desejado, e para encontrar uma vaga de estacionamento à esquerda, o motorista deve ativar o sinal de mudança de direção esquerdo.

O sistema auxilia o condutor passo-a-passo usando beeps e instruções no painel de instrumentos, como "stop", "drive in reverse" (engatar ré) e "parking complete", ficando a responsabilidade do condutor acelerar ou frear no momento certo.

Durante o processo de estacionamento, o sistema continua a exibir avisos de detecção de objetos (como mensagens de distância para objeto), desligando a direção e o estacionamento automático quando este tiver concluído. (Figura 5). (<http://gmauthority.com/blog/gm/general-motors-technology/gm-safety-technology/gm-active-safety-technology/gm-park-assist-technology/gm-automatic-park-assist>).

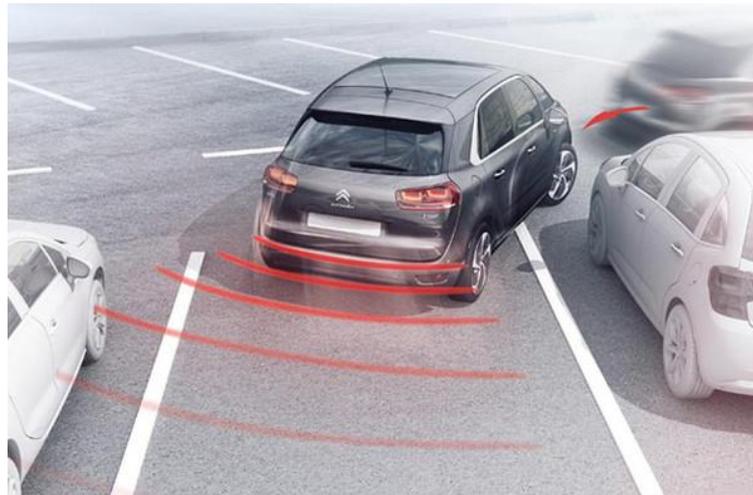
Figura 5: Estacionamento concluído.



Fonte: gmauthority.com

O sistema de estacionamento da marca francesa Citroën, fornece assistência ativa, detecta um espaço de estacionamento e controla a direção para estacionar na vaga, controlando a direção enquanto o condutor administra o acelerador, freios e engate de marchas. Durante as fases de entrada e saída da vaga de estacionamento, o sistema fornece informações visuais e audíveis para o motorista (Figura 6), a fim de fazer a manobra com segurança. Pode ser necessário mover para a frente e para trás mais de uma vez.

Figura 6: Informações visuais e audíveis.



Fonte: manualslib.com (Citroen)

O motorista pode assumir o controle a qualquer momento, esterçando o volante. O sistema Park Assist não pode, em qualquer circunstância, substituir o cuidado e a responsabilidade do motorista. O motorista deve permanecer no controle de seu veículo garantindo que o espaço permaneça claro (Figura 7) ao longo da manobra. Em algumas circunstâncias, os sensores podem não detectar pequenos obstáculos localizados em seus pontos cegos.

Figura 7: Espaço livre de objetos.



Fonte: manualslib.com (Citroen)

Durante uma manobra, a direção gira rapidamente: e o condutor não pode segurar o volante e não colocar a mão entre os raios do volante, tomando cuidado com roupas soltas e volumosas, lenços, bolsas, afinal, podem existir riscos de ferimento.

O sistema Park Assist assume o controle da direção para um máximo de 4 ciclos de manobra, sendo desativada após esses 4 ciclos. Se você acha que seu veículo não está posicionado corretamente, você deve assumir o controle da direção para realizar a manobra.

A seqüência de manobras e as instruções de visualização são exibidas no painel de instrumentos (Figura 8). Quando a assistência é ativada a exibição do símbolo e um limite de velocidade indicam que as manobras de direção são controladas pelo sistema. A assistência é desativada quando a exibição do símbolo se apaga indicando que a direção não está no automático, alertando que as manobras já não são controladas pelo sistema, podendo o motorista assumir a direção.

Figura 8: Instruções exibidas no painel.



Fonte: manualslib.com (Citroen)

A função de sensores do sistema não é disponível durante o processo de estacionamento, só estará disponível mais tarde, quando for necessário avisar que o veículo está se aproximando de um obstáculo, através de um sinal contínuo quando o obstáculo está a menos de trinta metros de distância. Se o condutor desativou os sensores de estacionamento, eles são automaticamente reativados durante as manobras de estacionamento assistido.

A ativação do Park Assist inibe a função de monitoração do ponto cego.

Quando o sistema identificou um espaço de estacionamento, deve selecionar "Assistente de estacionamento" no menu "Assistente de condução" do painel de tela de toque para ativar a função, sendo indicado por uma lâmpada indicadora no painel de instrumentos para confirmar a ativação da função.

Para selecionar uma vaga de estacionamento, o condutor deve dirigir uma distância entre 0,5 m e 1,5 m dos veículos referência, ou seja, veículos estacionados. Deve seguir as instruções até o sistema encontrar um espaço livre, até que uma mensagem seja exibida, acompanhada de um sinal audível, solicitando que engate a marcha atrás. O sistema atua na direção e com velocidade máxima de 8 km / h, até a indicação do fim da manobra. No final da manobra, a lâmpada do indicador de operação desliga-se no painel de instrumentos, acompanhada de uma mensagem e sinal audível.

A assistência é desativada, ficando a responsabilidade com o condutor. (www.manualslib.com/manual/664090/Citroen-C4-Picasso.html?page=196)

A empresa alemã BMW, realiza manobras em vagas paralela com o Parking Assistant.

Se o condutor localizou uma vaga de estacionamento, o assistente de estacionamento automático do veículo assume o controle de forma automática, ativando o botão de ativação do sistema, verificando o tamanho da vaga (Figura 9) e se não for suficiente, ele orienta o condutor a procurar outro espaço.

Figura 9: Verificação da vaga.



Fonte: bmw.co.uk

Funcionamento:

Quando você está dirigindo ao longo de uma rua à procura de um espaço de estacionamento, ative o Assistente de estacionamento, pressionando o botão 'P' no console central, dirigindo de forma lenta procurando um espaço de estacionamento.

O Assistente de estacionamento exibirá uma mensagem na tela do carro que lhe diz para parar quando o espaço de estacionamento é suficientemente grande, orientando a ligar o indicador para que o carro saiba que pode começar a estacionar.

Tire as mãos do volante, pressione o botão 'P' no console central novamente, tire o pé do freio e o Parking Assistant realizará o processo de manobra (Figura 10), indicando uma mensagem que o carro tenha terminado o estacionamento, sendo necessário puxar o freio de mão e desligar o veículo.

Figura 10: Processo de manobra.



Fonte: bmw.co.uk

O assistente de estacionamento, incluindo orientação linear, pode estacionar o veículo de forma totalmente automática, paralela ou perpendicular à rua. O sistema funciona através da medição de espaços potenciais ao passar por eles a uma velocidade baixa. Se o motorista estacionar manualmente sem a ajuda do assistente de estacionamento, o Active Park Distance Control (PDC) oferece proteção adicional contra danos com o auxiliar de estacionamento lateral.

Figura 11: Active Park Distance Control.



Fonte: bmw.co.uk

Além do Park Assitant, a BMW possui um sistema de controle remoto que permite que o carro faça o estacionamento (Figura 12). Mesmo depois que o motorista já saiu do carro, estaciona-se, movendo-se para a frente, ou se afasta de, um espaço de estacionamento apertado ou uma garagem. Um botão na tecla de exibição BMW ativa a função de estacionamento controlada remotamente do lado de fora do carro.

O procedimento é monitorado pelo controle de distância de estacionamento (PDC), o assistente de estacionamento e os sensores de surround View. O carro deve ser direto e centrado, de frente para o espaço de estacionamento ou garagem para que a função de estacionamento com controle remoto seja ativada. Se necessário, o motorista pode levar o carro a uma parada controlada durante o procedimento de estacionamento.

Uma vez estacionado, o motor pode ser desligado através da chave de exibição da BMW. E quando é hora de seguir em frente, o motor também pode ser reiniciado através da chave. Durante a retirada remota de um espaço de estacionamento, o carro inverte-se automaticamente em linha reta. (http://www.bmw.co.uk/en_GB/topics/ownership/connecteddrive/driver-assistance/intelligent-parking.html)

Figura 12: Estacionamento através de controle remoto.



Fonte: [bmw.co.uk](http://www.bmw.co.uk)

O sistema da Volkswagen, conforme a Apostila Autodidática – Park Assist, 1ª Edição, que será estudado para implementar em um protótipo, realizando o processo de entrar na vaga em série, o Park Assist (Sistema de auxílio ao estacionamento) e o controle de distância de estacionamento (PDC) são sistemas que auxiliam o motorista na hora de realizar uma manobra de estacionamento,

atuando diretamente na direção elétrica, cabendo ao motorista apenas pressionar o acelerador ou freio no momento exato e engatar as marchas necessárias para executar a manobra como “D” (para marchas adiantes) ou “R” (para marcha à ré), mas o motorista tem autonomia total para anular o funcionamento do sistema a qualquer momento e paralisar o funcionamento do Park Assist.

O motorista não pode confiar no sistema a fim de deixar que freie ou acelere sozinho, ele deve manter atenção e visão geral do que está acontecendo para executar tais operações na hora certa, pois o sistema somente atuará na escolha da vaga e na direção elétrica, esterçando o volante no ângulo correto para executar a manobra, ficando a responsabilidade de frear ou acelerar com o condutor, pois durante uma manobra pode ocorrer imprevisto, como uma criança correndo atrás de uma bola, uma pessoa que decidiu atravessar justamente onde se está ocorrendo o evento.

O motorista deve iniciar o processo de procura por vaga apertando o botão de ativação no console central, próximo à alavanca de marchas (Figura 13) e indicar ao sistema em qual lado deseja estacionar, utilizando os indicadores de direção e qual tipo de vaga quer, como por exemplo, em série ou paralelo.

Figura 13: Botão de ativação.



Fonte: Autor.

Pressionando o botão de ativação do sistema uma vez, e seta indicadora de direção para a direita, mostrará no painel, vagas em série à direita. (Figura 14).

Figura 14: Vagas em série à direita.



Fonte: Autor.

Pressionando o botão de ativação do sistema uma vez, e seta indicadora de direção para a esquerda, mostrará no painel, vagas em série à esquerda. (Figura 15).

Figura 15: Vagas em série à esquerda.



Fonte: Autor.

Se pressionar duas vezes consecutivas o botão de ativação e com a seta indicadora de direção à direita, mostrará vagas paralelas à direita. (Figura 16).

Figura 16: Vagas em paralelo à direita.



Fonte: Autor.

Se for pressionado duas vezes consecutivas o botão de ativação e com a seta indicadora de direção à esquerda, mostrará vagas paralelas à esquerda. (Figura 17).

Figura 17: Vagas em paralelo à esquerda.



Fonte: Autor.

O Sistema que iremos estudar é o Park Assist do Volkswagen Tiguan, que teve início com o Park Assist 1.0, que fazia somente manobras em vagas paralelas e em uma só etapa, com espaço calculado em 1,40m a mais do tamanho do veículo, ou seja, 0,70m na dianteira e 0,70m na traseira (distância entre os veículos estacionados), depois surgiram o Park Assist 1.5, onde também executava a manobra em vagas paralelas em uma etapa ou várias, e a distância do veículo estacionado foi diminuída, melhorando a precisão para 1,1m (0,55m na dianteira e 0,55m na traseira) ambos com velocidade máxima para procurar a vaga de 30 km/h, e por fim o Park Assist 2.0, onde o condutor pode executar a manobra em vagas

paralelas, perpendiculares, 90 graus e em curvas, com velocidade máxima de 40 km/h para vagas paralelas e 20 km/h para vagas perpendiculares, como mostra a tabela abaixo de comparação dos sistemas: (Apostila Autodidática – Park Assist, 1ª Edição).

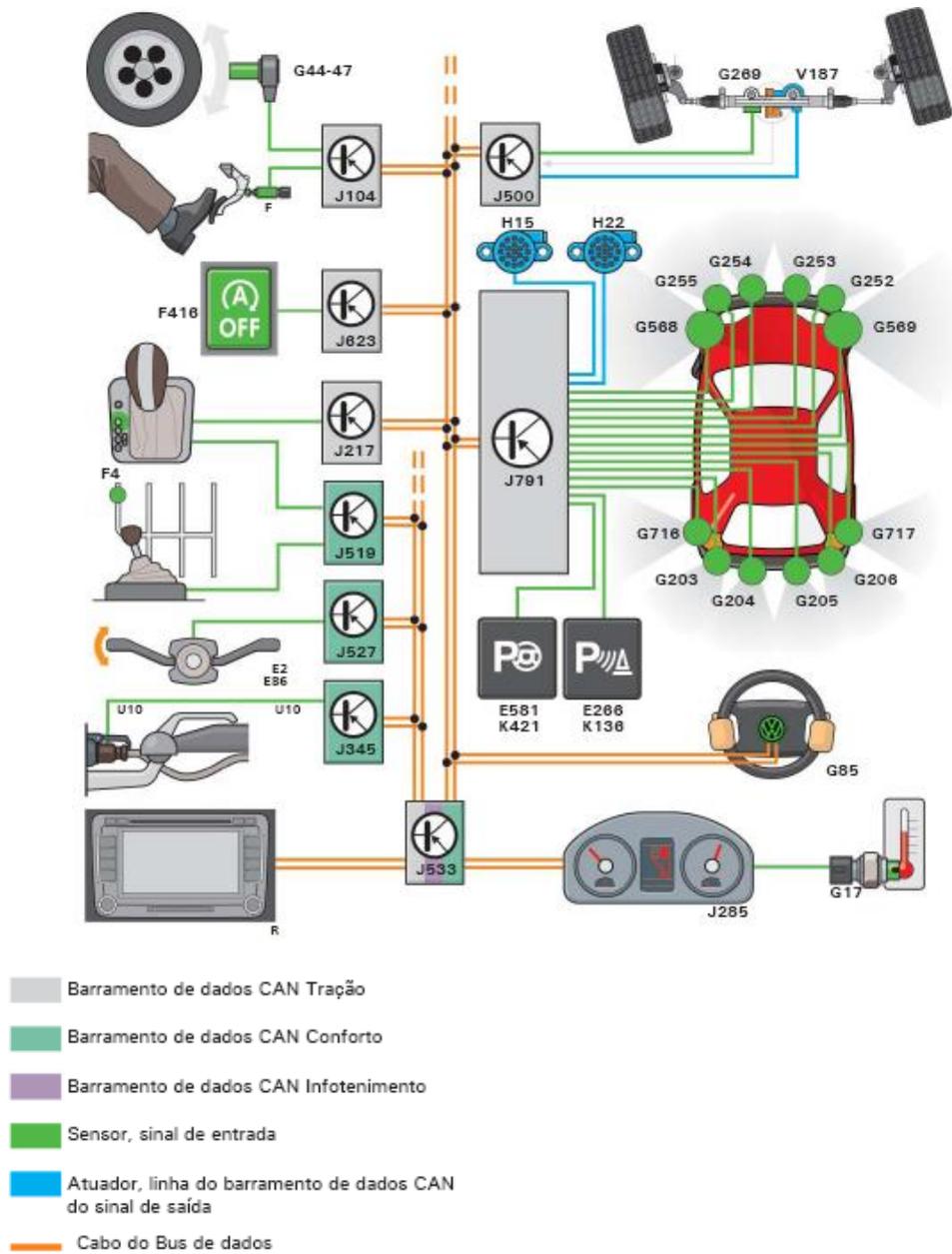
Tabela 1: Comparação dos Sistemas Park Assist.

		Park Assist 1.0	Park Assist 1.5	Park Assist 2.0
Sensores		<ul style="list-style-type: none"> • 6 sensores na parte dianteira; • 4 sensores na parte traseira. 	<ul style="list-style-type: none"> • 6 sensores na parte dianteira; • 4 sensores na parte traseira. 	<ul style="list-style-type: none"> • 6 sensores na parte dianteira; • 6 sensores na parte traseira.
Medição do espaço de estacionamento		<ul style="list-style-type: none"> • permanente, mesmo com o Park Assist desligado. 	<ul style="list-style-type: none"> • permanente, mesmo com o Park Assist desligado. 	<ul style="list-style-type: none"> • permanente, mesmo com o Park Assist desligado.
Estacionamento	Estacionamento em série	<ul style="list-style-type: none"> • estacionamento em espaços em série; • estacionamento junto a meios-fios; • comprimento do espaço de estacionamento: comprimento do veículo + 1,4 m; • procedimento de estacionamento, Etapa única; • velocidade máxima ao procurar espaço para estacionamento: 30 km/h. 	<ul style="list-style-type: none"> • estacionamento em espaços em série; • estacionamento junto a meios-fios; • comprimento do espaço de estacionamento: comprimento do veículo + 1,1 m; • procedimento de estacionamento, etapa única ou diversas etapas; • velocidade máxima ao procurar espaço para estacionamento: 30 km/h. 	<ul style="list-style-type: none"> • estacionamento em espaços em série; • estacionamento total ou parcial junto aos meios-fios; • estacionamento em curvas • estacionamento entre árvores e outros obstáculos; • comprimento do espaço de estacionamento: comprimento do veículo + 0,8 m; • procedimento de estacionamento, etapa única ou diversas etapas; • velocidade máxima ao procurar espaço para estacionamento: 40 km/h.
	Estacionamento perpendicular			<ul style="list-style-type: none"> • estacionamento em espaços perpendiculares; • largura do espaço de estacionamento: largura do veículo + 0,7 m; • procedimento de estacionamento, etapa única ou diversas etapas; • velocidade máxima ao procurar espaço para estacionamento: 20 km/h.
Procedimento de saída				<ul style="list-style-type: none"> • saída de espaços de estacionamento em série; • comprimento do espaço de estacionamento: comprimento do veículo + 0,5 m; • procedimento de estacionamento, etapa única ou diversas etapas.
Suporte à frenagem				<ul style="list-style-type: none"> • intervenção no ESP ao estacionar em velocidade excessiva ou, em caso de risco de colisão, para minimizar danos.

Fonte: Apostila Autodidática, Park Assist.

Além dos sensores ultrassônicos instalados nos pára choques dianteiros e traseiros, o sistema conta com auxílio de outras unidades, sensores e atuadores e botões para executar a manobra de estacionamento como: botão do assistente de estacionamento e do Park Assist, alarme sonoro dianteiro e traseiro (o bip bip que escutamos em manobras), a unidade de comando do Sistema PDC, sensor do ângulo de direção, unidade da direção, sensores de velocidade do ABS, unidade da transmissão, como mostra o esquema abaixo: (Apostila Autodidática – Park Assist, 1ª Edição).

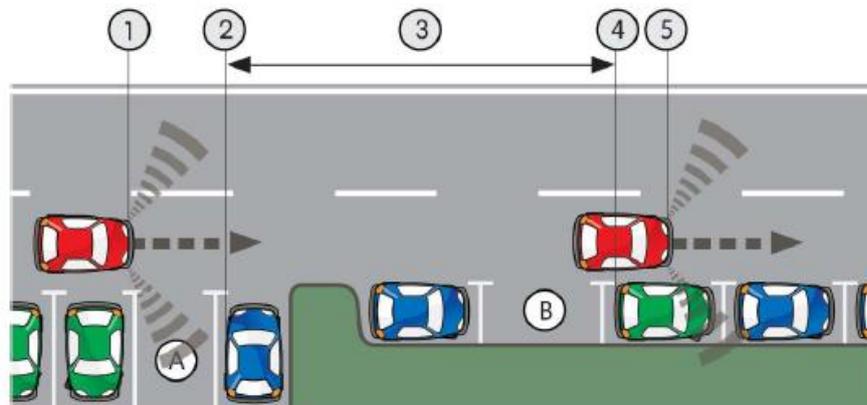
Tabela 2: Esquema de ligação entre as unidades e outros sistemas.



Fonte: Apostila Autodidática, Park Assist.

As etapas de estacionamento do Sistema de estacionamento consistem em medição do espaço a ser estacionado, ativação do Park Assist através do botão E581(botão de ativação do sistema) e execução da manobra de estacionamento com auxílio da direção eletromecânica. A medição do espaço a ser estacionado, mesmo que o Park Assist não seja ativado, é feito de forma contínua através dos sensores G568 e G569, localizado nas laterais do pára-choque dianteiro com alcance de aproximadamente 4,5 m, enquanto o veículo está em movimento a uma velocidade inferior a 40 km/h para estacionamento em série e 20 km/h para vagas em paralelo. No caso de espaços em curvas, são identificados da mesma forma utilizada para vagas em paralelo. São armazenados na memória de forma temporária até o veículo exceder a distância de 15m da vaga selecionada em série ou 8m para vagas perpendiculares. Caso o botão seja pressionado durante essas distâncias mencionadas para respectiva vaga, será armazenada na memória, como mostra a figura abaixo: (Apostila Autodidática – Park Assist, 1ª Edição).

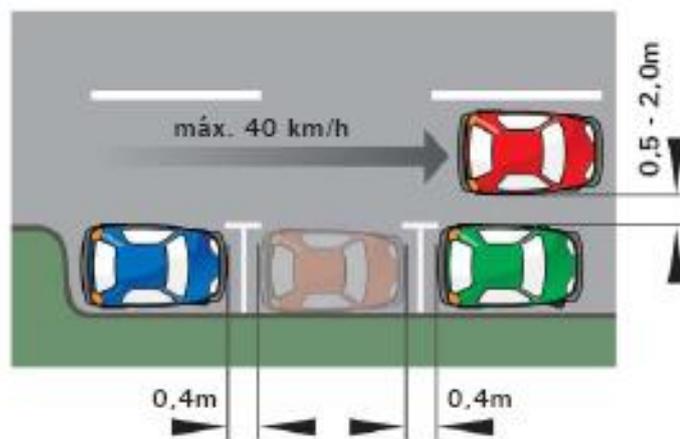
Figura 18: Medição do espaço a ser estacionado.



- ① O veículo se movimenta com a função do Park Assist desligada a uma velocidade inferior a 20 km/h (exemplo em que ambos os espaços de estacionamento, em série e paralelo, são detectados).
- ② O espaço de estacionamento (A) é armazenado na Unidade de Controle temporariamente e seria um espaço de estacionamento em potencial caso o motorista ativasse a função do Park Assist.
- ③ Espaço de estacionamento (A) ainda está na memória.
- ④ O próximo espaço de estacionamento possível (B) é medido e armazenado temporariamente. Espaço (A) é apagado.
- ⑤ O motorista conduz o veículo após o espaço de estacionamento (B) e pressiona o botão do Park Assist. O espaço (B) está na memória, sendo exibido na tela do painel de instrumentos imediatamente como um espaço de estacionamento possível. Caso a posição do veículo seja inadequada para a manobra de estacionamento, é solicitado que o motorista dirija ainda mais à frente.

Alguns parâmetros são influenciados na hora da manobra como: limitação do espaço (árvores, veículos, motocicletas), comprimento e profundidade da vaga, meio fio, velocidade para acionamento, condições climáticas (gelo, neve, chuva forte e outros) e solo (terra, asfalto, paralelepípedo, etc). Para estacionamentos em série (Figura 19), o tamanho da vaga deve ser o tamanho do veículo mais 0,4 m de distância segura na dianteira e traseira com velocidade de até 40 km/h e com distância lateral de 0,5 a 2m dos veículos estacionados.

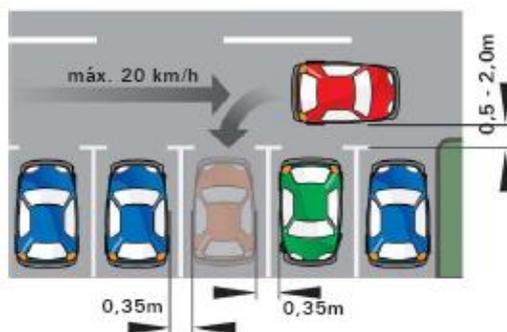
Figura 19: Estacionamento em série.



Fonte: Apostila Autodidática, Park Assist.

Para estacionamentos em paralelo (Figura 20), o tamanho da vaga deve ser o tamanho do veículo mais 0,35 m de distância segura na dianteira e traseira com velocidade de até 20 km/h e com distância lateral de 0,5 a 2m dos veículos estacionados.

Figura 20: Estacionamento em paralelo



Fonte: Apostila Autodidática, Park Assist.

Após ter sido detectado o espaço a ser estacionado, seguindo os requisitos citados a cima, o condutor deve avançar com o veículo até que esteja em uma posição adequada para que a manobra seja iniciada.

A desativação do cálculo do espaço de estacionamento acontece quando o condutor exceda a velocidade respectiva para cada tipo de manobra desativando totalmente o sistema de sensores PDC, voltando a calcular o espaço novamente, sem que o motorista aperte o botão do Park Assist, ao desacelerar, retornando a velocidade correspondente à vaga a ser requisitada. Por exemplo, uma vaga em série com velocidade máxima de 40 km/h, ao ser excedido, o sistema é desativado, retornando assim que a velocidade se enquadre com a permitida para cálculo de espaço.

A ativação do Park Assist consiste em pressionar o botão E581 (Figura 21), indicando a ativação no painel através da luz K241. (Apostila Autodidática – Park Assist, 1ª Edição).

Figura 21: Botão E581 – botão de ativação do Park Assist.



Fonte: Apostila Autodidática, Park Assist.

Após ter sido calculado o espaço para a manobra e o veículo estar em uma posição adequada, o início da manobra se inicia assim que o motorista engatar à marcha a ré, ativando todos os comandos e sistemas auxiliares.

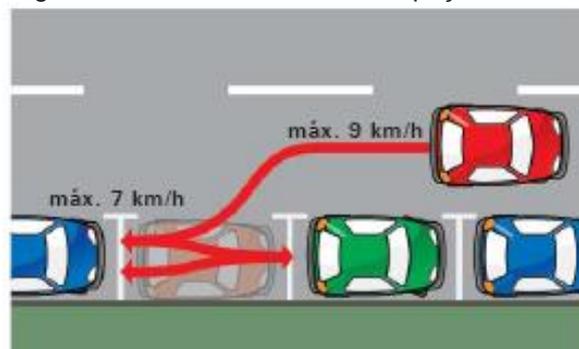
O motorista não deverá fazer mais nenhum tipo de movimento na alavanca ou na direção, caso contrário o Park Assist será desativado, pois o sistema atuará de forma automática calculando o trajeto para estacionar o veículo na vaga selecionada, a não ser que o sistema indique no painel a mudança de marcha para frente ou para trás, em casos de manobras múltiplas.

Após ter entrado na vaga de marcha à ré, agora o sistema solicita que engate a marcha adiante (D), para terminar o processo de baliza, sempre com a ajuda do

condutor pisando somente no freio ou acelerando de forma suave para se fazer tais manobras, e por fim é exibida no painel uma mensagem “Park Assist foi concluído com sucesso”.

Vagas são selecionadas pressionando uma vez o botão do Park Assist, durante o processo da manobra para se colocar na vaga o veículo deve se manter uma velocidade de 9 km/h (posição de partida) e 7 km/h para ajeitar o veículo no espaço de estacionamento (Figura 22). (Apostila Autodidática – Park Assist, 1ª Edição).

Figura 22: Estacionamento em espaços em série

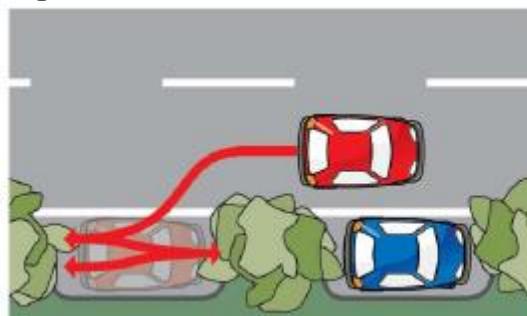


Fonte: Apostila Autodidática, Park Assist.

Além das vagas comuns, o Park Assist 2.0 consegue estacionar entre obstáculos (Figura 23), servindo como orientação, como por exemplo: muros de casas, meios-fios (deixando uma distância mínima de 0,15 cm), laterais de casas e objetos como: árvores, latas de lixo, arbustos e motocicletas.

Se na vaga não for identificada um meio-fio, o sistema alinhará o veículo com obstáculo à frente.

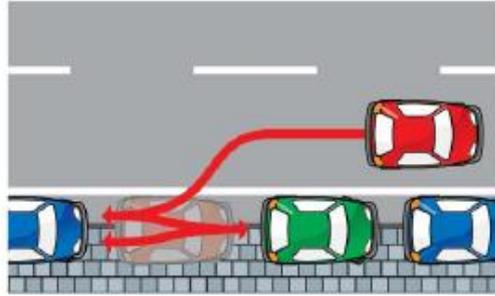
Figura 23: Estacionamento entre obstáculos



Fonte: Apostila Autodidática, Park Assist.

O Park Assist detecta o meio-fio, distância e a profundidade para se fazer à manobra, se orientando pelos veículos estacionados. Mas se em um caso não for detectado o meio-fio ou um carro estacionado de forma diferente, um junto ao meio-fio ou sobre a calçada (Figura 24), sistema se orientará pelos veículos estacionados a frente.

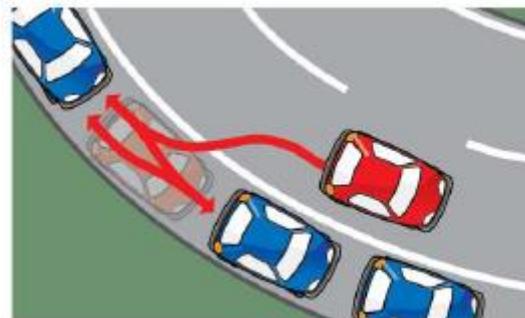
Figura 24: Estacionamento total ou parcial junto aos meios-fios



Fonte: Apostila Autodidática, Park Assist.

O estacionamento em curvas (Figura 25) é realizado da mesma forma que estacionamento em paralelo. O raio da curva é usado para calcular o trajeto ideal e a posição de estacionamento final.

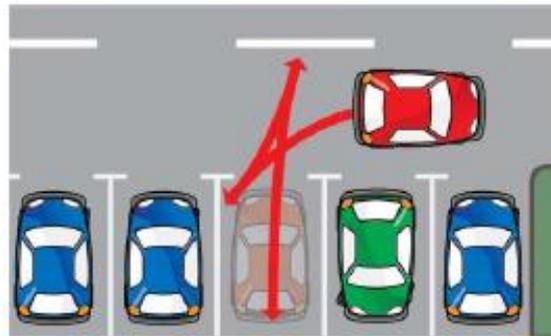
Figura 25: Estacionamento em curvas.



Fonte: Apostila Autodidática, Park Assist.

Para estacionar em paralelo (Figura 26), deve se pressionar duas vezes o botão de ativação do Park Assist. O sistema centraliza o veículo na vaga de forma que ambas as portas possam ser abertas, utilizando os sensores G716 e G717. Também utilizam se de uma velocidade segura para se colocar o carro na vaga e alinhar, 9 Km/h e 7 Km/h respectivamente. (Apostila Autodidática – Park Assist, 1ª Edição).

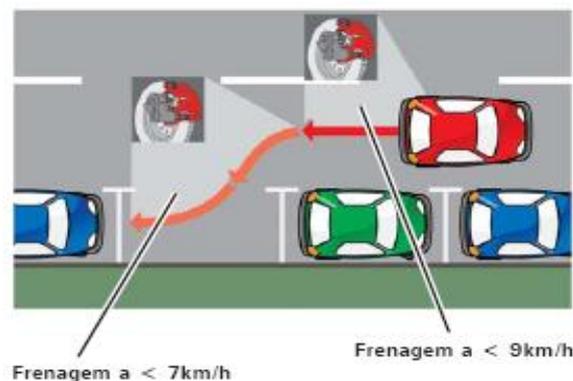
Figura 26: Estacionamento em paralelo.



Fonte: www.oficinabrasil.com.br.

Como já mencionado o sistema atua de forma automática sem a intervenção do motorista, a não ser, pisar no freio para controlar a velocidade para se entrar na vaga de até 9 Km/h e 7 Km/h para alinhar o veículo acelerando de forma suave. Em dois casos são utilizados exigindo à ação dos freios: Primeiro para se ter o controle do carro e manter a velocidade controlada e segura, e em segundo caso, em circunstância extrema como o de emergência: frear para não bater em um objeto ou pessoa que surgiu no ato da manobra. Em caso de exceder a velocidade durante o estacionamento, o programa eletrônico de estabilidade (ESP), entrará em funcionamento ajudando no controle da velocidade (Figura 27), mas se mesmo assim a velocidade continuar a exceder os 10 Km/h, o sistema será cancelado. (Apostila Autodidática – Park Assist, 1ª Edição).

Figura 27: Intervenção no freio ao estacionar.

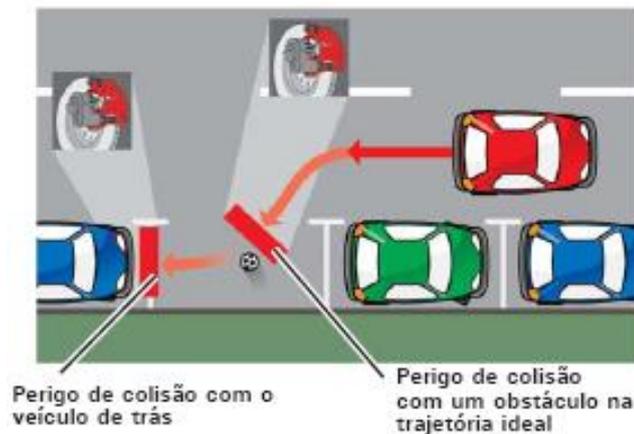


Fonte: www.oficinabrasil.com.br.

No segundo caso, em que o sistema de freios será acionado, é o de emergência (Figura 28), através do surgimento de um objeto ou pessoa não

esperado no momento da manobra, implicando em um acidente. Visando evitar esse inconveniente, o sistema atuará nos freios de forma automática se caso o motorista não se atentou ao aparecimento do objeto e a uma velocidade mínima de 1,5 Km/h, cancelando em seguida o processo de estacionamento. (Manual da Academia Volkswagen)

Figura 28: Frenagem em emergência.

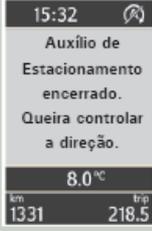
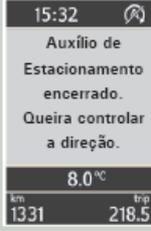


Fonte: www.oficinabrasil.com.br.

Durante o estacionamento, o condutor é avisado através da tela no painel de instrumentos (Figura 29), como prosseguir com o estacionamento, desde sua localização até sua manobra, sejam vagas em série ou paralela, hora de engatar as marchas para alinhar o veículo na vaga e em conclusão do estacionamento. (Apostila Autodidática – Park Assist, 1ª Edição).

Figura 29: Imagens na tela do painel de instrumentos.

<p>15:23</p> <p>Intervenção na direção ativa. Inspeccionar a área ao redor do veículo.</p> <p>8.0 °C</p> <p>km 1331 trip 218.5</p>	<p>15:23</p> <p>Intervenção na direção ativa. Inspeccionar a área ao redor do veículo.</p> <p>8.0 °C</p> <p>km 1331 trip 218.5</p>	<p>Suporte à direção ativado</p> <p>A mensagem: "Intervenção na direção ativa. Inspeccionar a área ao redor do veículo." exibido na tela do painel de instrumentos, indica ao motorista que a intervenção na direção foi iniciada, e o motorista deve observar a área ao redor do veículo caso o processo de estacionamento precise ser interrompido devido a uma dúvida ou devido a uma casualidade.</p>
<p>15:31</p> <p>8.0 °C</p> <p>km 1331 trip 218.5</p>	<p>15:31</p> <p>8.0 °C</p> <p>km 1331 trip 218.5</p>	<p>Solicitação de condução para trás</p> <p>O Park Assist assume o controle da direção do veículo tão logo a marcha a ré seja engatada (suporte à direção), ou seja, ele guia o veículo ao longo de um trajeto calculado para o espaço de estacionamento. A barra de progresso indica a distância do veículo até o final do espaço de estacionamento.</p>

		<p>Solicitação de condução à frente</p> <p>Se um sinal de advertência soar permanentemente ou a barra de progresso estiver vazia, será dada uma instrução para frear e para mudar a direção de percurso. Mesmo com todas as trocas de marchas, o sistema de direção gira as rodas quando parado no ângulo de direção necessário, sendo dada uma instrução para manter o pé no pedal do freio durante este processo. Esta instrução tem o formato de um símbolo de freio a pedal (freio de serviço). O motorista pode fazer uma mudança de direção a qualquer momento, selecionando a marcha pertinente.</p>
		<p>Suporte à direção encerrado</p> <p>Tão logo o veículo esteja alinhado de maneira ideal no espaço de estacionamento, o Park Assist estará concluído e será exibida na tela do painel de instrumentos a mensagem na "Auxílio de Estacionamento encerrado. Queira controlar a direção." Em complemento à tela, soará um bongo.</p>

Fonte: Apostila Autodidática, Park Assist.

O Park Assist depois de concluído, ele auxilia o condutor na saída da vaga. Para se ter essa função, o veículo não deve ter sido movimentado após ter concluído o estacionamento. Ao sair com o carro, a ignição é ligada, pressionando o botão uma vez para indicar a saída e duas vezes para cancelar o processo. A luz K241 (Park Assist) é indicada no painel, e uma mensagem solicitando que o condutor ative o sinalizador de direção e engate à marcha à ré. Para a saída com o veículo deve se ter uma distância mínima de 0,25m mais o comprimento do carro, podendo o sistema ESP, também atuar na saída da vaga em caso de exceder a velocidade de 7 Km/h.

O auxílio de saída da vaga de estacionamento somente é ativada em vagas em série, em vagas paralelas, o condutor deve estar atento ao tráfego. (Apostila Autodidática – Park Assist, 1ª Edição).

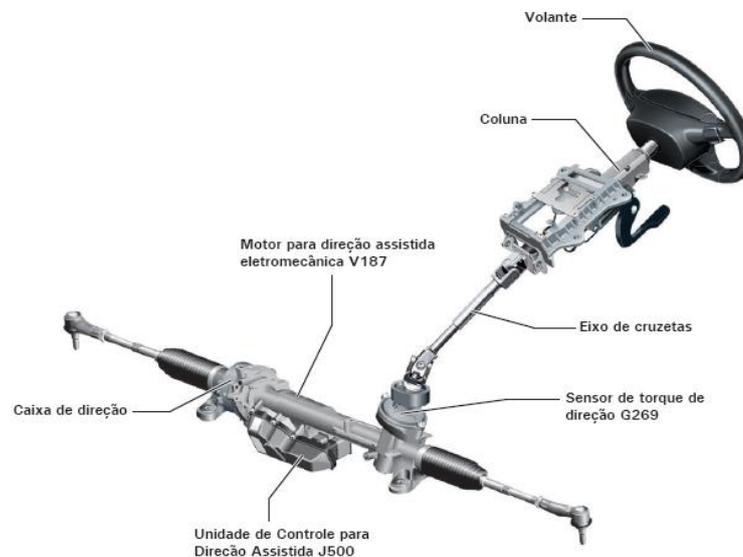
4.1. Direção eletromecânica

A direção eletromecânica (Figura 30 e 31) possui várias vantagens como: redução do esforço físico ao esterçar, manobrar, mais leve em relação às outras caixas de direção existentes.

Trabalha em função da necessidade, atuando somente quando o condutor necessita do servo assistência.

É o principal sistema para o Park Assist, comandada por uma unidade de comando da direção assistida (J500) que compõe um sensor de torque de direção (G269) que tem a função de detectar o instante que o motorista tenta mudar o ângulo de direção durante o processo de manobra do Park Assist, cancelando o processo, sensor de ângulo da direção G85 e outros como mostra a figura abaixo: (Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição).

Figura 30: Componentes da Direção eletromecânica



Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

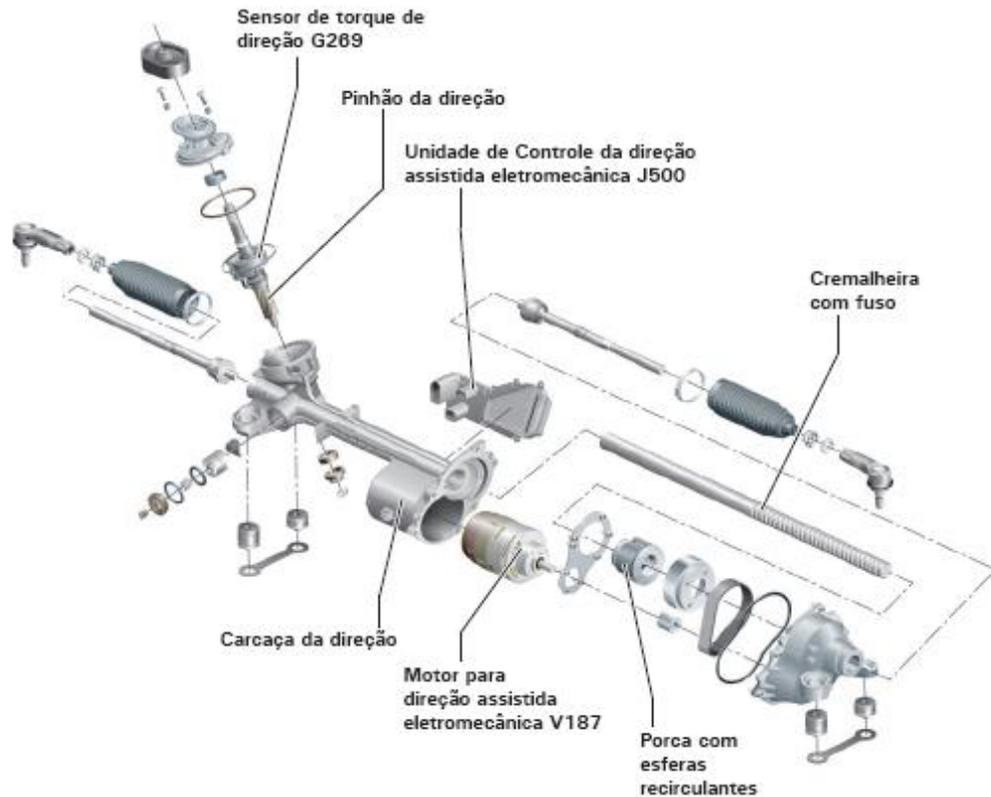
Uma das vantagens do sistema, é poder compensar através do software uma diferenciação de comprimentos dos semi eixos dianteiros direito e esquerdo (eixo mais curto ou mais longo, dependendo da posição do powertrain), resultando em um desvio de direção ao acelerar, esterçando para o lado contrário do desvio.

O mesmo acontece para pisos irregulares, onde ao frear há uma diferença de aderência entre as rodas causando contra golpes no volante, onde o software aplica uma força mantendo o volante alinhado.

E outra vantagem, é a redução de consumo de combustível em relação às caixas de direção hidráulica. O sistema eletromecânico funciona através de um motor elétrico que atua sobre umas esferas recirculantes diretamente na cremalheira com fuso. O funcionamento do motor elétrico aciona uma porca com esferas por

meio de uma correia, que por sua vez aciona o eixo principal. (Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição).

Figura 31: Componentes da caixa de direção eletromecânica.



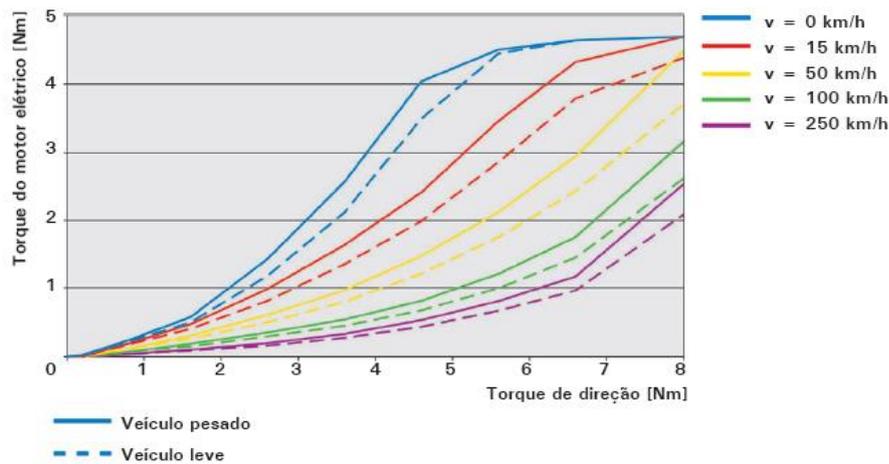
Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

As unidades são calibradas na fábrica de acordo com seu uso e propósito, e a mesma coisa acontece com a unidade da direção eletromecânica. Já sabemos que a direção possui uma particularidade de ser mais leve em relação às outras direções existentes no mercado, por isso foi projetada para atuar em diferentes tipos de velocidade, peso, intensidade de giro e torque.

Como mostra o gráfico abaixo (Figura 32), as linhas apresentadas com cores correspondentes para cada velocidade estimada para calibração das unidades, representam o torque do motor elétrico em relação ao torque de direção (aplicado ao volante), com ou sem carga no veículo. Analisando o gráfico, percebemos que conforme aumenta a velocidade e dependendo do torque na movimentação do volante de direção, o torque do motor elétrico será maior ou menor, proporcionando uma direção mais leve ou mais pesada. Por exemplo: Uma velocidade de 0 km/h

(linha azul, veículo parado ou estacionado) com ou sem carga, se aplicarmos um torque de 5 Nm na direção, o torque do motor elétrico da caixa de direção será de 4,3 Nm e 3,8 Nm respectivamente. Se num outro exemplo, uma velocidade de 100 Km/h (linha verde, rodagem em rodovia), aplicando o mesmo torque de 5 Nm com ou sem carga, o torque fornecido pelo motor elétrico será de 1 Nm e 0,8 Nm respectivamente. Entendemos que de acordo com a velocidade e do torque exercido na caixa de direção, ela ficará mais leve ou mais pesada para devidos fins, como, manobra ou estradas, mudanças de faixa. Imagina uma caixa de direção elétrica sendo atuada em uma rodovia em alta velocidade numa ultrapassagem, por ser leve, poderia causar um acidente, ou uma manobra ela se tornasse dura. (Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição).

Figura 32: Torque Motor X Torque da direção.

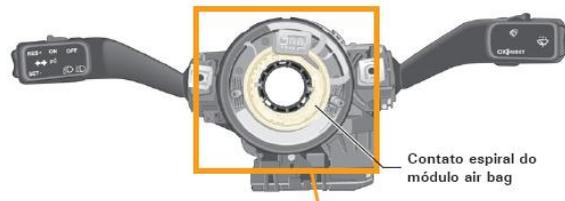


Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

4.2. Sensor do ângulo de direção G85

Montado atrás do contato espiral do módulo airbag do lado do motorista entre o volante e o comando de setas e comando (Figura 33 e 34). Responsável por informar a velocidade e ângulo de giro do volante. (Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição).

Figura 33: Contato espiral do módulo do airbag lado condutor.

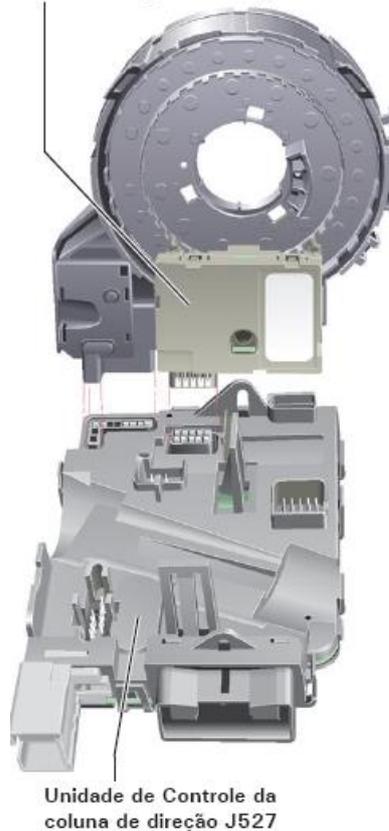


Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

Figura 34: Sensor de Ângulo de direção G85.

Vista traseira

Sensor de ângulo de direção G85



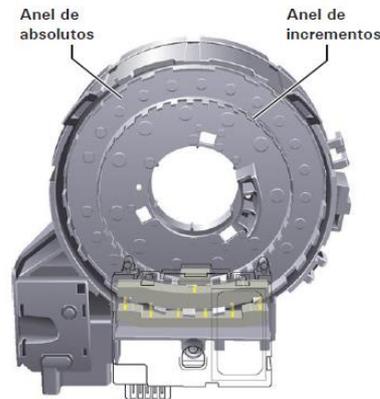
Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

Se o sensor apresentar algum defeito, a unidade da direção J500 entra em estado de emergência, desabilitando as funções e perdendo todas as referências para uma possível atuação de direção para o Park Assist como para locomoção, apenas para chegar até um lugar seguro, indicando no painel por uma lâmpada espia K161. (Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição).

O sensor de ângulo de direção (Figura 35 e 36) é composto por um disco de codificação (anel de absolutos, que determina o ângulo, e anel de incrementos) e pares de elementos luminosos. O anel de incrementos é dividido em 5 partes iguais formando um ângulo de 72° cada, mas diferente entre um segmento e outro, e são lidos por 6 pares de elementos luminosos, resultando na codificação dos segmentos.

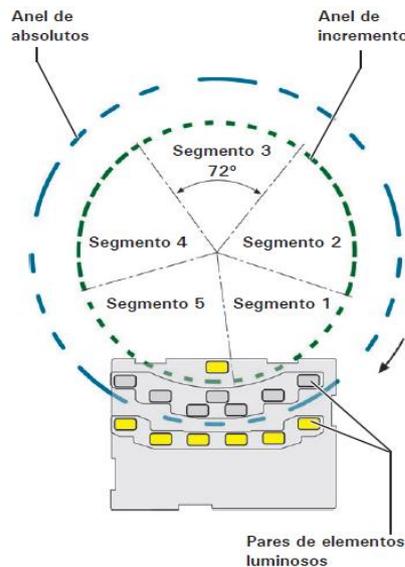
O sensor pode ler até 1044° (2,9 voltas), realizando a contagem dos graus a medida que o volante é esterçado, formando 360° , uma volta completa e assim por diante. (Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição).

Figura 35: Composição de um sensor de ângulo de direção G85.



Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

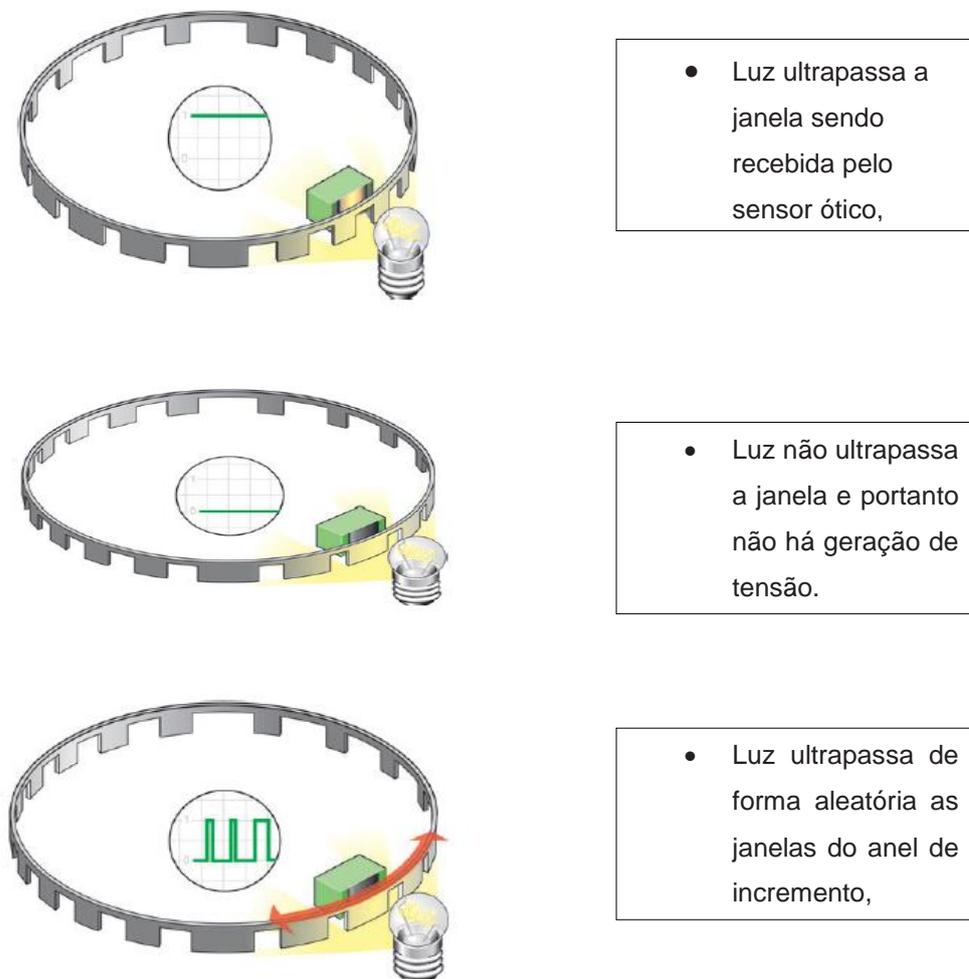
Figura 36: Estrutura do sensor de ângulo



Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

A leitura do ângulo é feita através de um princípio chamado de barreira luminosa (Figura 37), onde um anel de incrementos localizado entre uma fonte luminosa e um sensor óptico com várias janelas de tamanhos diferentes, gera uma tensão a medida que a janela passa na frente da luz. Se a luz passar pelas janelas do anel, uma tensão é gerada e assim que a luz é interrompida por esse anel, janela fechada, a tensão volta a cair e ao se mover no momento de esterçamento gera uma sequência de tensão. (Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição).

Figura 37: Princípio barreira luminosa.



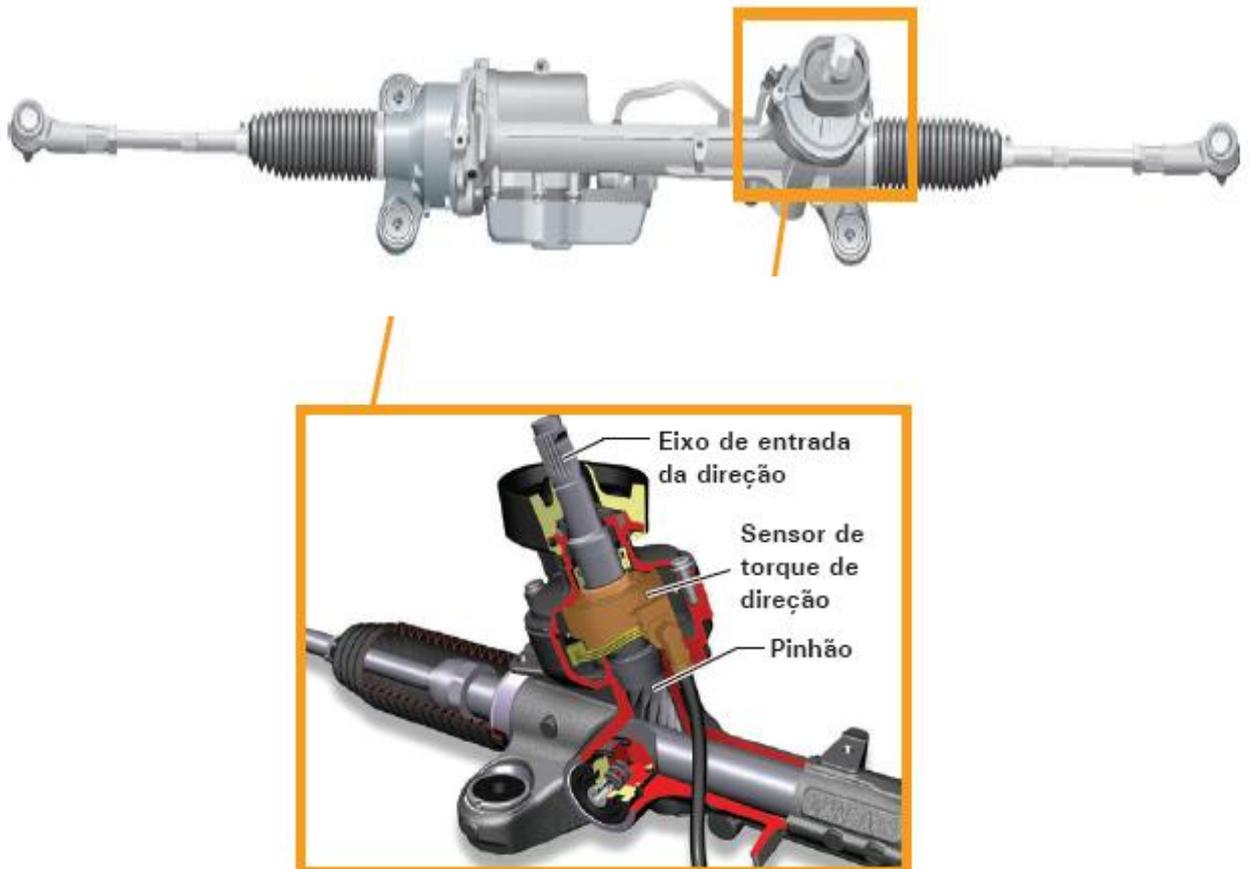
Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

Da mesma forma o anel de absolutos gera tensão em cada par de elementos luminosos, sendo processadas na Unidade de comando da coluna de direção, comparando os sinais, sabendo o ângulo de deslocamento da direção. (Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição).

4.3. Sensor de torque de direção G269

Outro sensor muito importante no Sistema de direção eletromecânica, é o sensor de torque (Figura 38), localizado entre o eixo de entrada e o pinhão da caixa de direção, ele tem a função de enviar sinais a Unidade de comando da direção para calcular o torque exercido pelo condutor e atuar no motor da direção elétrica. (Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição).

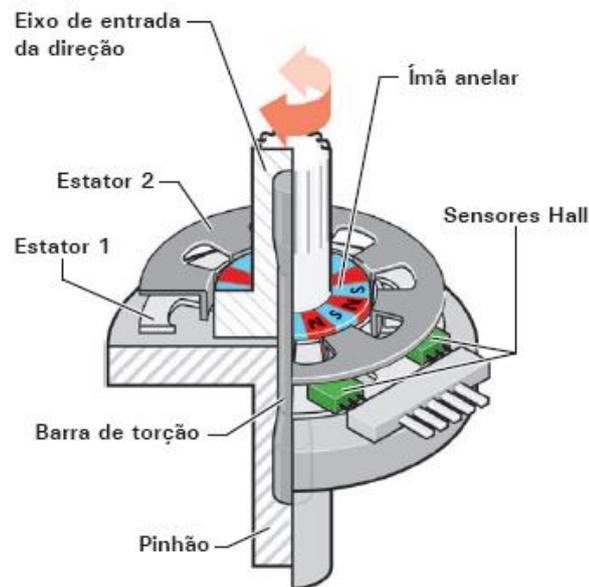
Figura 38: Localização do sensor de torque.



Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

O eixo de entrada está ligado ao pinhão por uma barra rígida, chamada de barra de torção. Dois estatores com 8 janelas cada, estão montados um sobre o outro e separados por dois sensores do tipo hall e no seu centro um ímã de 16 pólos (8 pares). Os pólos estão centralizados nessas janelas dos estatores. (Figura 39).

Figura 39: Arquitetura do sensor G269.

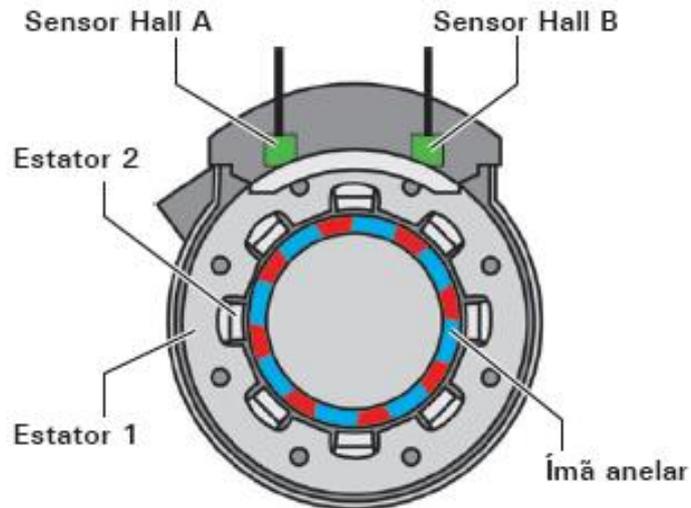


Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

Através da magnitude e fluxo magnético os dois sensores Hall, consegue fazer uma leitura, de forma redundante, informando a unidade o torque exercido sobre o volante de direção.

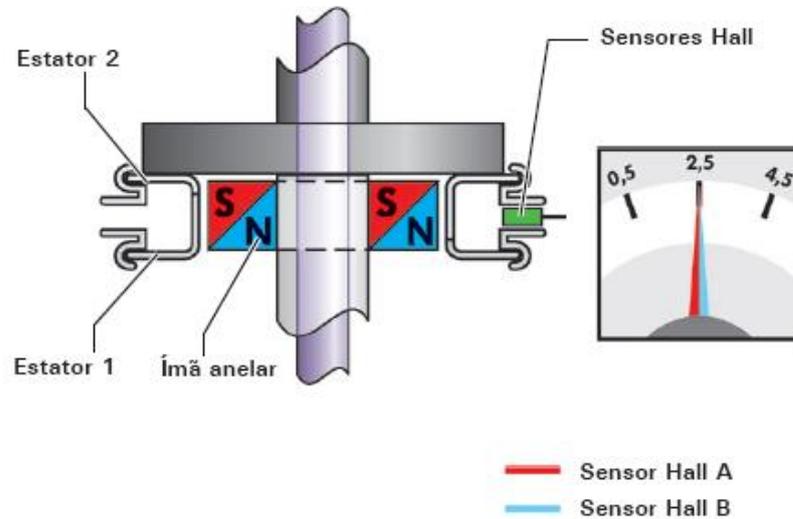
Quando em repouso, os dois estatores permanecem parados alinhados e centralizados aos pólos dos ímãs, e por não existir movimento do eixo de entrada da direção, não há fluxo magnético, e não havendo movimento os sensores fazem leitura de 2,5v. (Figura 40 e 41). (Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição).

Figura 40: Sensor em repouso.



Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

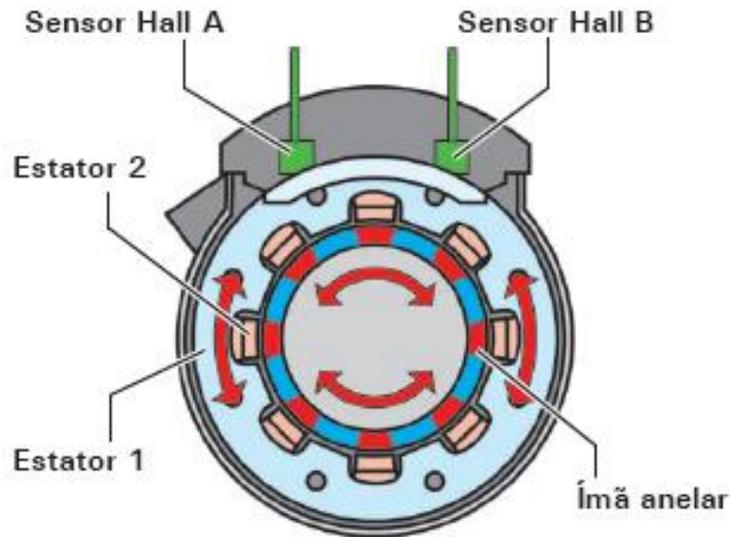
Figura 41: Tensão(V) em repouso.



Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

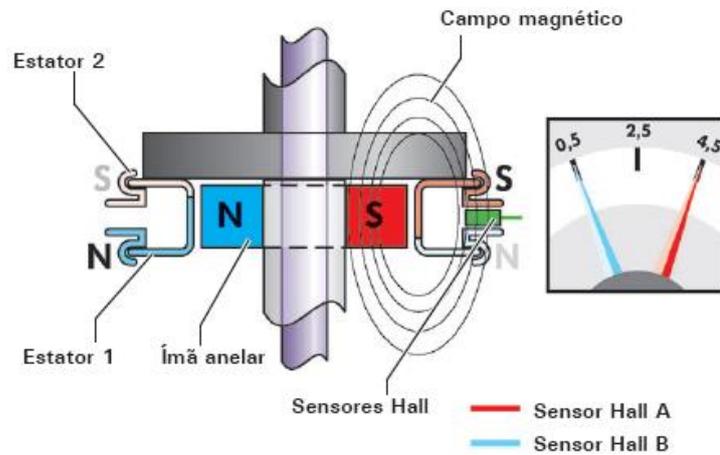
Ao movimentar a direção, os estatores se movem gerando campo magnético detectado pelos sensores Hall A e B, gerando tensão de forma redundante, 4,5v e 0,5v respectivamente, e se ao esterçar a direção para o lado oposto, os sensores passam a fazer leitura de forma inversa, ou seja, o sensor A fará leitura de 0,5v e o sensor B fará leitura de 4,5v. (Figura 42 e 43). (Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição).

Figura 42: Sensor em posição máxima.



Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

Figura 43: Tensão(V) em posição máxima.



Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

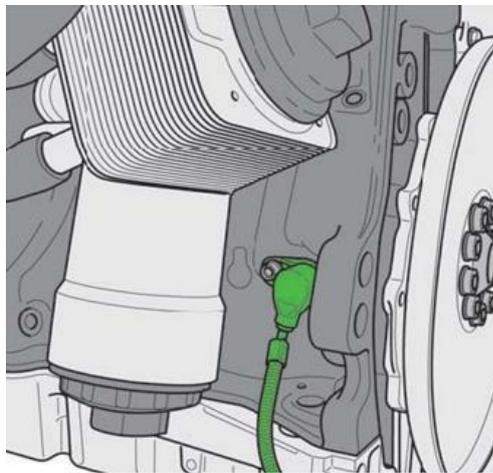
Em caso de avaria, o sensor assim como a unidade da direção elétrica, será necessário substituir a caixa de direção.

A unidade calcula e assume um valor médio para não perder a ação da direção elétrica de uma vez, avisando o condutor, através da lâmpada espia K161, advertindo em vermelho. (Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição).

4.4. Sensor de rotação do motor G28

Conforme, Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição, o sensor do tipo Hall (Figura 44), tem a função de fornecer a Unidade de Comando do Motor a rotação e posição da árvore de manivelas do motor. Em caso de falha a direção continua a funcionar através do borne 15, indicando avaria na unidade da caixa de direção, através da lâmpada espia da direção.

Figura 44: Sensor de rotação G28.



Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

4.5. Sinal de velocidade do veículo

O sinal de velocidade do veículo é fornecido pelos sensores do ABS (Anti lock Brake System) localizado em cada uma das rodas. Em caso de avaria a direção continua a funcionar normalmente, exceto Servotronic, sistema que enrijece a direção conforme aumenta a velocidade e indicado no painel através da luz da direção em amarelo, e é ativado modo de emergência selecionando uma marcha intermediária. (Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição).

4.6. Motor para direção eletromecânica V187

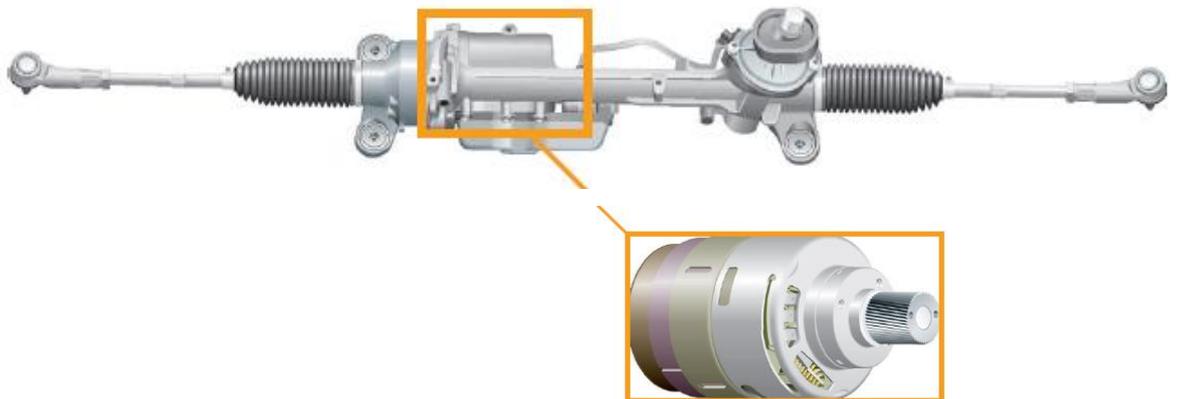
O motor V187 (Figura 45) está localizado paralelamente a caixa de direção, ligados por uma correia dentada até a porca com esferas recirculantes, atuando na

cremalheira. É um motor síncrono trifásico, onde o induzido gira de forma síncrona com o campo da corrente do estator, fornecendo um torque máximo de 4,5 Nm. Tem várias vantagens em comparação ao motor assíncrono:

- é mais rápido e economiza energia;
- não apresenta desgaste por não possuir escovas;
- induzido é um ímã permanente;
- não necessita de pré excitação;

Por não possuir a pré excitação eletromagnética, o motor síncrono possui um bom rendimento elétrico, necessário para um motor assíncrono. Em caso de ausência desse motor devido alguma avaria, não há ação da direção elétrica. (Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição).

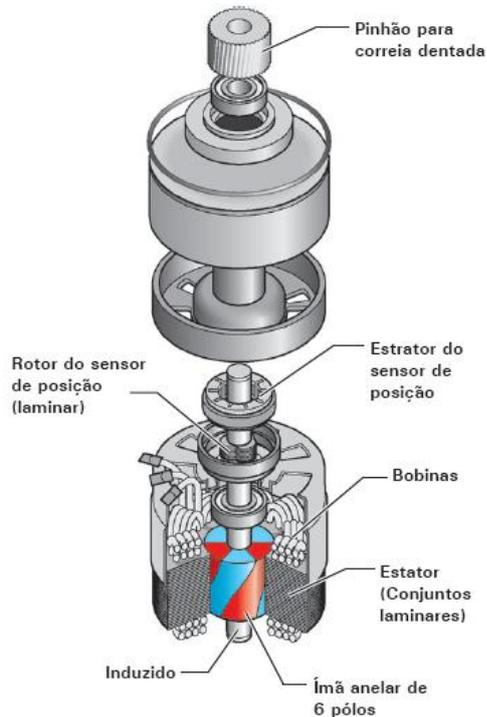
Figura 45: Localização do motor V187.



Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

O motor (Figura 46) é composto basicamente por um induzido (rotor), que é formado por um ímã de 6 pólos que permite alcançar altas intensidades de campo magnético, e um estator, composto de 9 bobinas 9 conjuntos laminares. “A corrente, é aplicada às bobinas de um modo combinado na forma de uma curva senoidal seqüencialmente defasada, fazendo com que os três campos magnéticos, produzam um campo resultante que incide sobre o rotor. Para aumentar a suavidade de funcionamento, a magnetização dos ímãs anelares de 6 pólos, foi realizada em geometria helicoidal.” (Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição).

Figura 46: Arquitetura do motor V187.



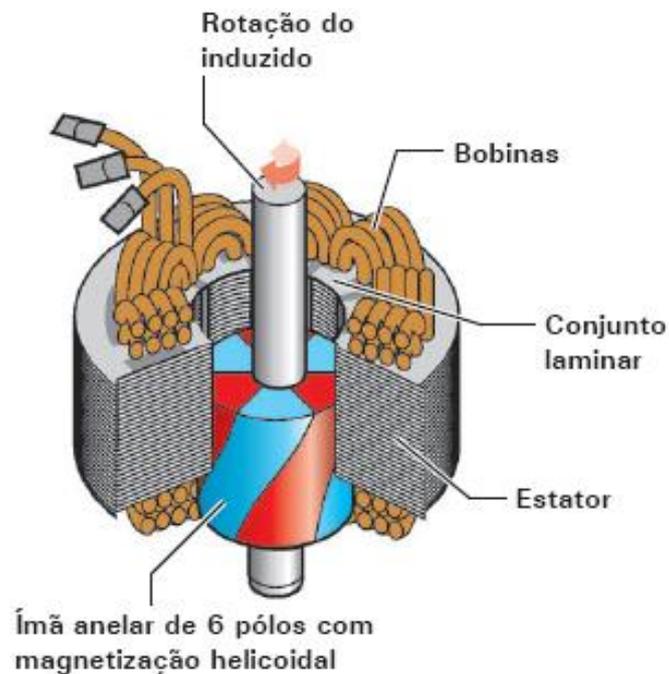
Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

“Ao se aplicar corrente nas bobinas, é gerado no estator, um campo magnético com movimento giratório”. O ímã do induzido se orienta de acordo com a direção do campo magnético giratório criado pelas bobinas, igualmente como acontece com a agulha de uma bússola com o campo magnético terrestre.

Com a aplicação de corrente, pode-se determinar o regime de rotação e o sentido de giro do motor elétrico. Como número desigual das 9 bobinas e dos 6 pólos do induzido, se provoca uma rotação espontânea do mesmo, não requerendo pré estímulo.

O induzido gira de forma síncrona com o campo da corrente aplicada ao estator. Por esse motivo, o motor recebe o nome de motor síncrono. (Figura 47). (Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição).

Figura 47: Funcionamento do motor V187.



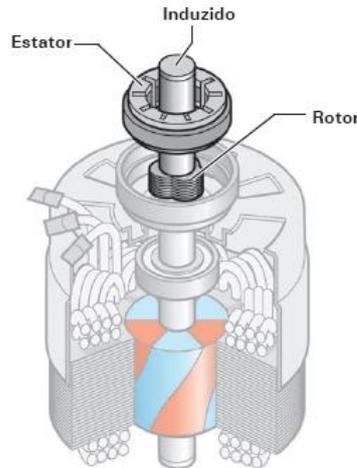
Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

4.7. Sensor de posição do motor

O sensor de posição do motor está localizado dentro do motor V187, no eixo do induzido. Está baseado na indução eletromagnética e compõe um estator de 10 bobinas e um rotor ferromagnético.

O sensor é utilizado para determinar a posição do eixo induzido no curso de uma volta, regime de rotação e sentido de giro do rotor. Se o sensor apresentar defeito a direção passa a atuar de forma suave, indicando em vermelho a luz de direção no painel de instrumentos. (Figura 48). (Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição).

Figura 48: Posição do sensor de posição do eixo.



Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

4.8. Unidade de comando da direção assistida J500

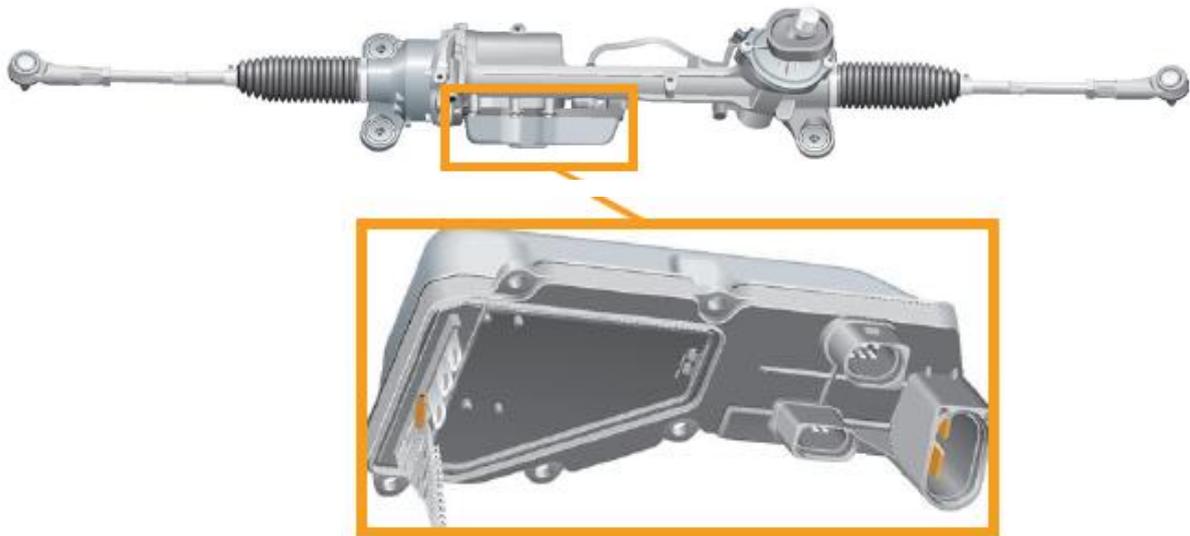
A unidade da direção está localizada junto à caixa de direção e seus terminais ou contatos estão soldados diretamente com o motor elétrico da direção V187, por isso, se houver alguma avaria ou danos na caixa, o conjunto deve ser substituído por completo.

Ao receber os sinais dos sensores do ângulo de direção G85, rotação do motor G28, torque de direção e o regime de rotação do motor elétrico, como explicado anteriormente, a unidade J500, determina a magnitude necessária para cada momento da direção exigida pelo condutor.

Para segurança, a unidade possui um termo sensor que monitora a temperatura, e em caso de superaquecimento (acima de 100°C), a unidade vai reduzindo a assistência elétrica da direção para evitar algum dano na direção e ou unidade.

Se o servo assistência for inferior a 60% uma avaria é gerada para conhecimento do condutor através da lâmpada de direção em amarelo. (Figura 49). (Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição).

Figura 49: Unidade de comando da direção assistida.



Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

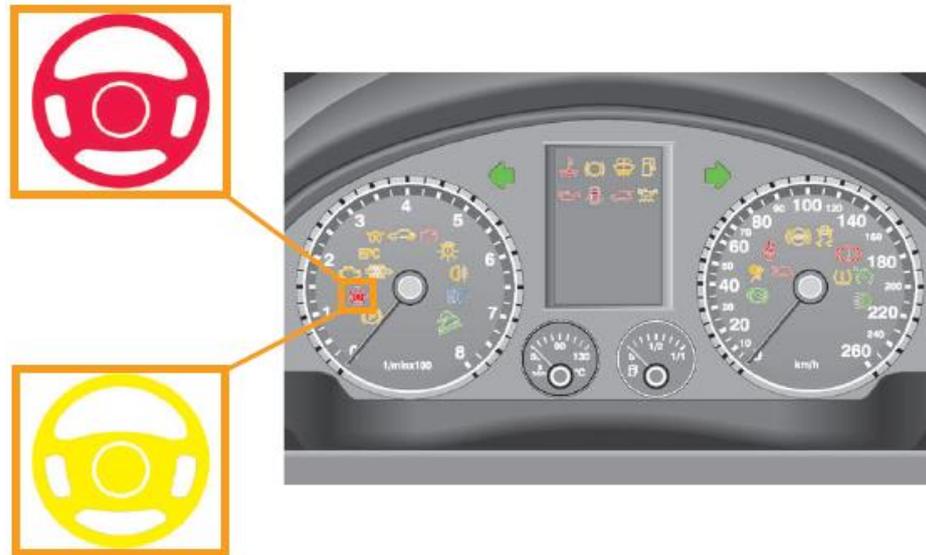
4.9. Luz indicadora de avaria para direção assistida eletromecânica K161.

Como nós vimos durante o estudo do Sistema Park Assist (Sistema de auxílio ao estacionamento), quando gerado uma avaria na unidade da direção ou sensores relacionados com o sistema de direção, é indicado no painel por uma lâmpada espia (Figura 50) para alertar o condutor sobre um possível defeito ou falha no sistema de direção assistida.

Ela é indicada por um ícone de direção amarela ou vermelha.

Se ela permanecer acesa na cor amarela, significa uma avaria mais leve, de um sensor, uma queda de tensão ou até mesmo falta de ajuste básico da direção, mas se ela aparecer na cor vermelha, indica uma avaria mais preocupante, seguida de um sinal sonoro, como por exemplo, uma falta de comunicação entre as unidades relacionadas (Figura 51), e até mesmo um defeito de unidade, devendo levar o veículo a uma assistência autorizada para checar o sistema. (Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição).

Figura 50: Luz de avaria K161.



Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

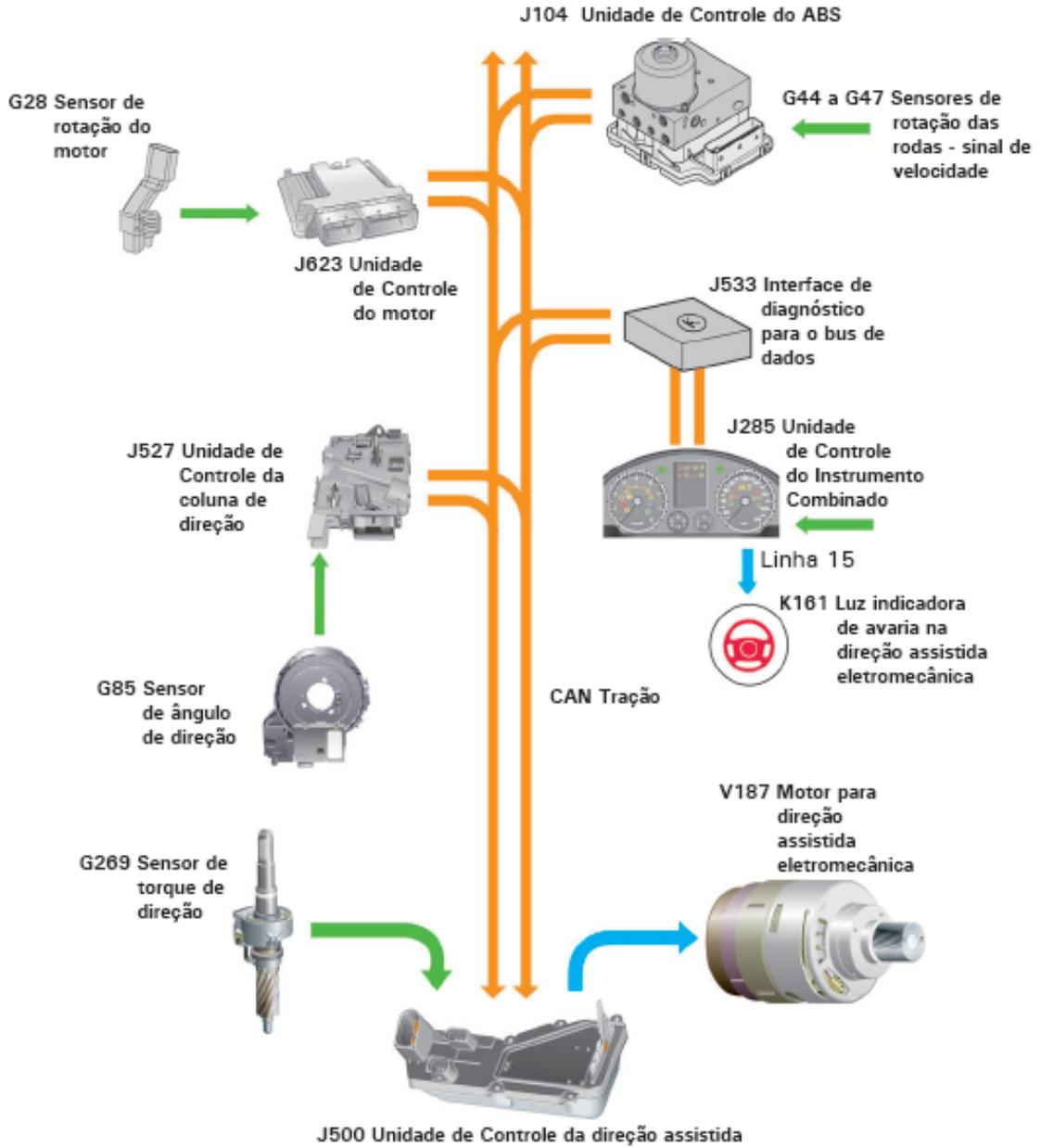
Se for detectada uma queda de tensão a 9 v, a magnitude do motor elétrico é diminuída e acende em amarelo a luz da direção, mas se a tensão continua a abaixar, é desativada a assistência de direção acendendo a luz em vermelho.

É normal ao dar a partida no motor e a luz indicadora de avaria da direção permanecer acesa na cor vermelha. Isto acontece porque até o motor entrar em funcionamento, todas as unidades inclusive à da direção eletromecânica, entram numa fase de reconhecimento, verificando as comunicações e recebimento de tensão para o funcionamento, isso ocorre em segundos, devendo apagar logo após a partida.

A unidade consegue controlar também o fim de curso da direção, para se evitar a batida seca ao esterçar tudo para um lado ou para o outro, através do software, essa batida é evitada assim que a direção chega a 5° antes do fim de curso, reduzindo a servo assistência.

Esse fim de curso é realizado através do ajuste básico da direção, por um aparelho de diagnóstico, gravando em qual ângulo se encontra o fim de curso da caixa de direção. (Apostila Autodidática – Direção elétrica, 1ª Edição).

Figura 51: Comunicação entre as unidades e sensores.



Fonte: Apostila Autodidática, Direção elétrica.

5. Desenvolvimento

Baseado no estudo do capítulo anterior, e que os modelos mencionados anteriormente, possuem o funcionamento parecido, mas com algumas particularidades, iremos desenvolver um projeto baseado no Sistema Park Assist do VW Tiguan, desenvolvendo o nosso projeto de Sistema de auxílio ao estacionamento, que consiste em um protótipo de carro autônomo com medidas de 1m x 0,57m (Figura 52 e 53), que executará o processo de manobra para estacionar em vagas em série, em apenas três etapas, sem ajuda de nenhum condutor, necessitando apenas de 1m a mais do tamanho do protótipo, ou seja, 0,50m na dianteira e 0,50m na traseira, ficando uma distância segura dos objetos ou outros veículos.

Figura 52: Vista lateral do protótipo.



Fonte: Autorais.

Figura 53: Vista frontal do protótipo.



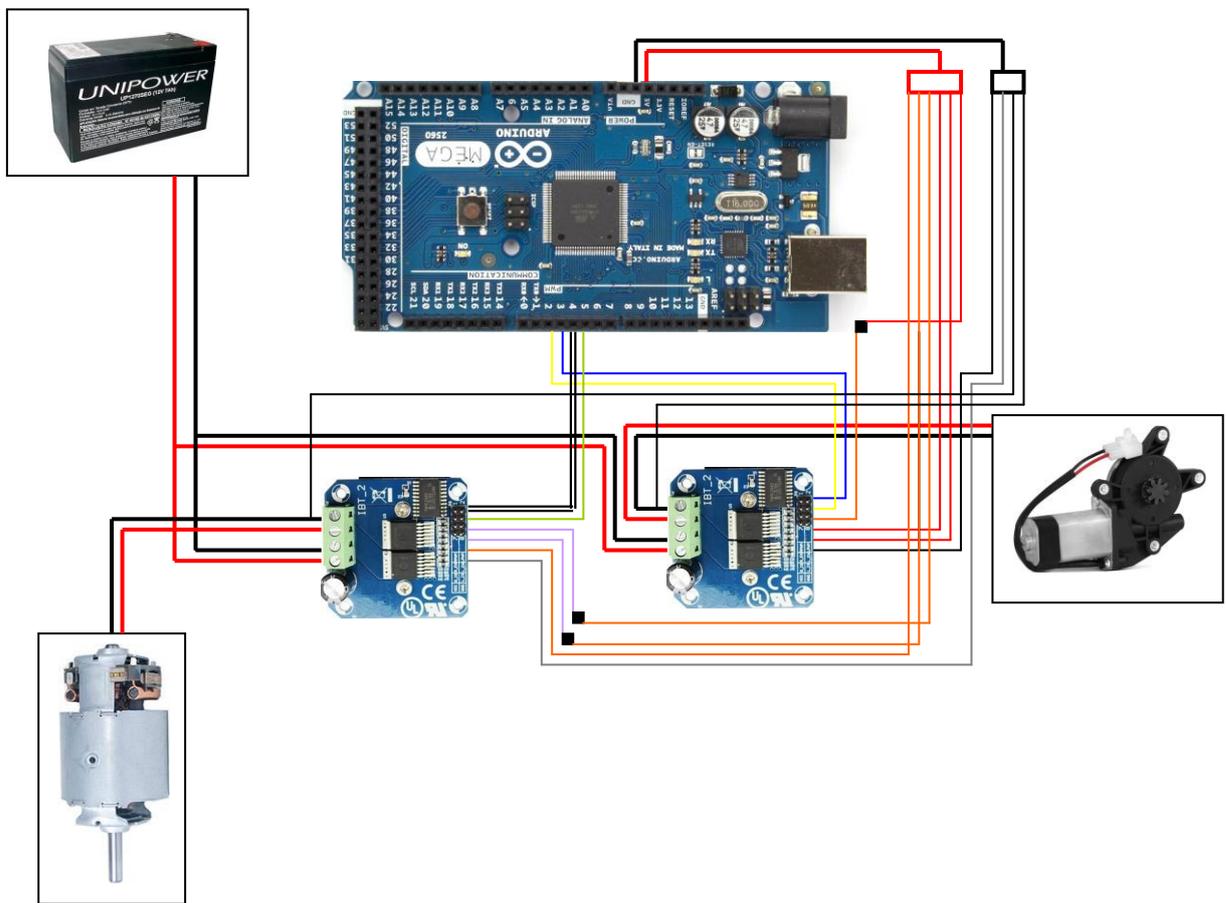
Fonte: Autorais.

Desenvolvemos uma direção elétrica, composta por um mecanismo e um motor de vidro elétrico Mabuchi automotivo, adaptado para realizar o esterçamento no momento certo, localizado na frente do protótipo; um motor elétrico original para atuar na transmissão, sendo modificado apenas sua posição, localizado no eixo traseiro, próximo à roda traseira direita, de onde provem o movimento do protótipo.

Ambos são controlados por uma placa chamada Ponte H, na qual utilizamos o modelo IBT – 2, para que ocorra a inversão de sentido de corrente e atenda a necessidade de atuar os motores, fazendo a caixa de direção esterçar para a direita, para a esquerda ou qualquer posição, desde que seja programada, e o motor elétrico da transmissão, composto por polias e correias atuando para frente (D), para trás (R) ou parado (P), (Figura 54).

A transmissão e a direção são comandadas por uma Unidade de comando, onde utilizamos o modelo Arduino Mega, que será codificada por uma linguagem C, para realizar essa comunicação entre a Unidade, a Ponte H e os motores elétricos.

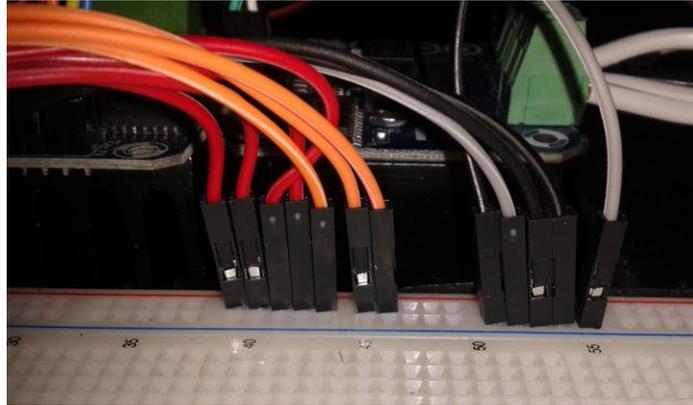
Figura 54: Esquema elétrico.



Fonte: Autor.

Utilizamos cabos jumpers para realizar a ligação entre os hardwares, formando o chicote principal do sistema, fios com diâmetro maior para ligar a Ponte H aos motores elétricos e alimentação da bateria, por consumirem mais corrente, uma placa protoboard para fazer o nó de ligação do chicote principal entre o VCC (5V) e GND (Figura 55).

Figura 55: Nó do chicote principal.



Fonte: Autor.

5.1. Bateria.

A bateria utilizada no nosso projeto, foi da fabricante Unipower, modelo UP1270 de 12 v, 7 Ah, alimentando as duas Ponte H e consequentemente os motores elétricos.

Figura 56: Bateria do protótipo.



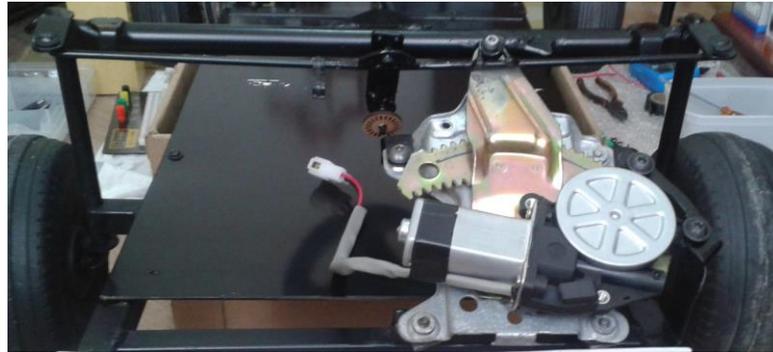
Fonte: Autor.

5.2. Direção elétrica

Para se ter a ação de uma direção elétrica no protótipo, adaptamos um motor de vidro elétrico automotivo Mabuchi (Figura 57), alimentado por 12 v, que será comandado por uma unidade de comando (Arduino Mega) através do algoritmo feito em linguagem C, fazendo a comunicação entre a Unidade e a direção, que atuará no

esterçamento para ambos os lados ou qualquer posição, desde que seja programado, realizando o processo de se fazer o estacionamento em série sem ajuda de um condutor.

Figura 57: Direção elétrica.



Fonte: Autor.

O estudo realizado para fazer o esterçamento foi a Geometria de Ackermann, que consiste num arranjo geométrico de ligações na direção de um carro ou outro veículo, projetado para resolver o problema do trajeto das rodas interiores e exteriores ao fazer uma curva, sendo necessário traçar circunferências de diferentes diâmetros.

A preocupação com os ângulos posicionais das rodas começou muito antes da invenção do automóvel.

Em 1818, o inventor alemão Rudolf Ackermann registrou a patente de um dispositivo de direção que denominou “o princípio de direção geometricamente correta”, segundo Ackermann, quando um veículo percorre uma curva, suas rodas devem descrever segmentos de círculos concêntricos.

Se uma roda descrever uma trajetória diferente, tenderá a derrapar o correspondente à diferença das trajetórias, resultando no desgaste do pneu por arraste e perda de atrito na roda que desliza.

Num sistema de direção simples, de atuação no eixo e não nas rodas, para se conseguir este efeito de concentricidade é necessário realizar um grande ângulo no eixo direcional, tornando a operação de manobra desgastante, demorada e de baixa segurança.

Com este conceito era necessário que o eixo dianteiro girasse parcialmente em torno de um ponto central (pivô). Nesta condição, se fazia necessário um grande

movimento angular do eixo dianteiro. Para resolver o problema, segundo o princípio Ackermann, o eixo direcional (dianteiro) passou a trabalhar fixo e os movimentos de esterçamento passaram a ser individuais, por roda, usando as conhecidas mangas de eixo independente no eixo dianteiro.

Esta solução com a geometria do trapézio da direção, fez com que uma roda esterçasse mais do que a outra ao descrever curvas, dando concentricidade aos diâmetros de giros, segundo o princípio de Ackermann, que foi aplicado num automóvel francês em 1878 por Jeantaud.

A aplicação deste princípio faz com que as linhas imaginárias que passam pelos eixos de todas as rodas, da frente e de trás, passem também pelo mesmo ponto ou muito próximo deste, o qual deverá corresponder ao centro da curva que o automóvel irá descrever.

Para obter este efeito, a roda dianteira do lado de dentro da curva deve ser mais esterçada do que a outra a que se consegue com o auxílio da geometria do sistema de direção, relacionando-se o afastamento entre os pontos de centro para o esterçamento das rodas dianteiras e o afastamento entre os pontos de acionamento das barras de direção.

Como o afastamento entre os pontos de atuação da barra de direção é mais curto que o existente entre os pontos de esterçamento das rodas (trapézio), a roda direita (descrevendo-se uma curva para a direita), move-se segundo um ângulo maior do que o da esquerda. O mesmo acontece ao se descrever uma curva para a esquerda: a roda esquerda faz um ângulo maior do que a direita. (Vória, 2010).

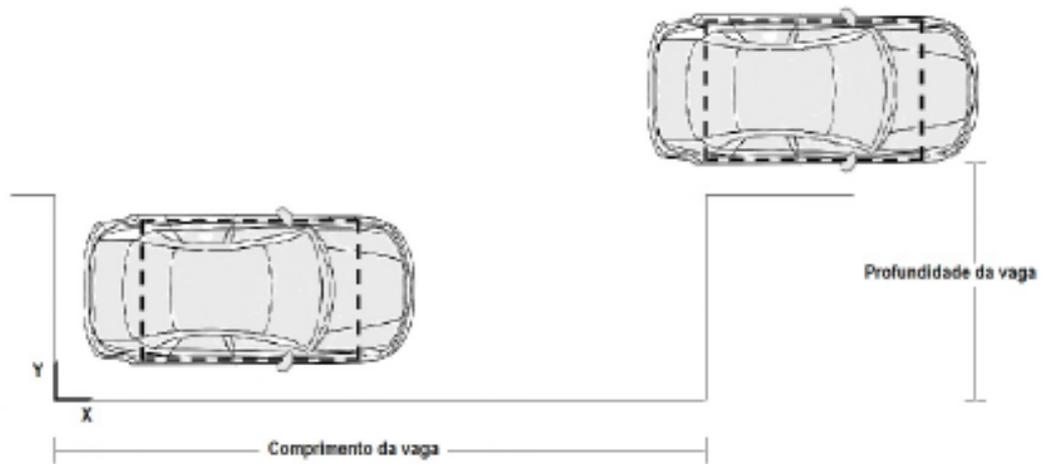
5.3. Cálculo da trajetória

O cálculo da trajetória inicia-se a partir das informações do comprimento e da profundidade da vaga em que se deseja estacionar. É assumido que a posição final do eixo traseiro do veículo coincide com a distância dada pelo comprimento da vaga.

O primeiro passo é definir a posição em que o carro estará estacionado ao final da manobra, onde a distância do veículo em relação à calçada será a mesma do instante em que a manobra foi iniciada.

A Figura 58 mostra as posições do veículo antes e após estacionar, os retângulos tracejados têm comprimento igual à distância entre eixos e largura igual à largura do veículo. (Vória, 2010)

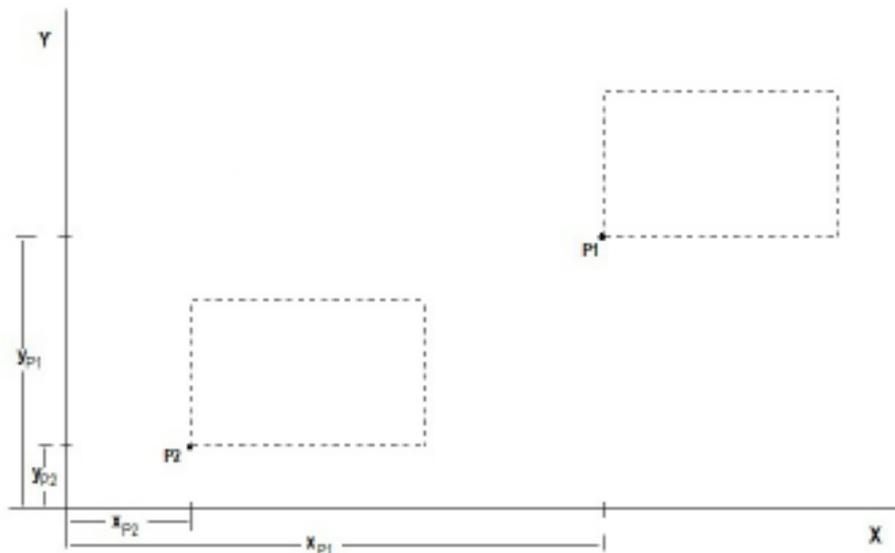
Figura 58: Posição inicial e final do veículo.



Fonte: Vória, 2010.

Após definir a posição inicial e final na vaga que se pretende estacionar, agora são estabelecidos dois pontos, P1 e P2, como na Figura 59 abaixo:

Figura 59: Estabelecendo os pontos P1 e P2.

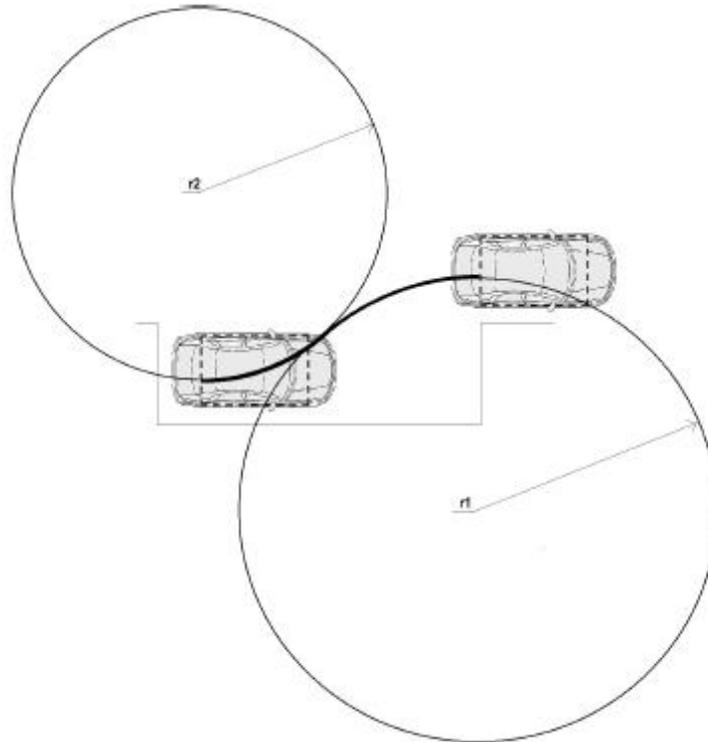


Fonte: Vória, 2010.

Para simplificar o acionamento da direção do veículo na execução da manobra do estacionamento, o resultado do cálculo é uma trajetória formada por arcos de círculos, que serão descritos pelo ponto central do eixo traseiro do veículo. Para a manobra de estacionar em vagas paralelas e à direita do condutor, será

necessário que o veículo descreva uma trajetória formada por arcos de dois círculos, que se tangenciam. (Figura 60). (Vória, 2010)

Figura 60: Trajetória formada por dois círculos.

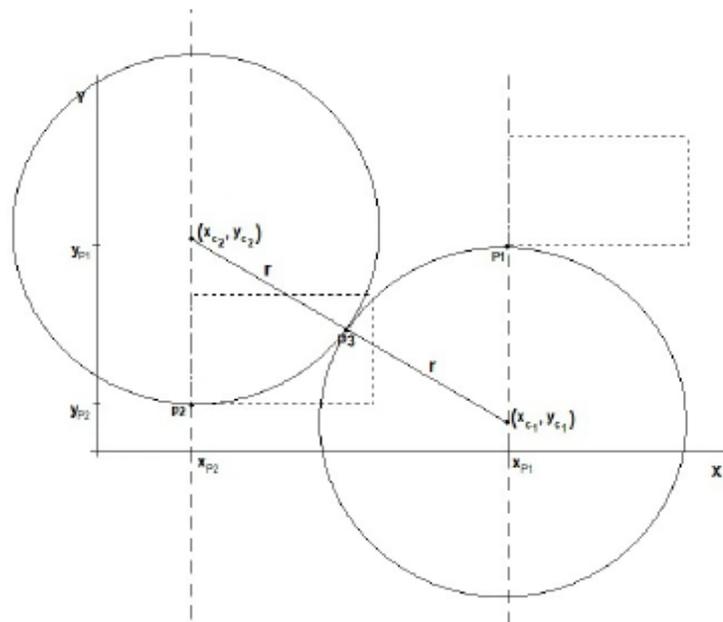


Fonte: Vória, 2010.

Para que os raios desses círculos sejam definidos, parte-se, inicialmente, de dois outros círculos de mesmo raio. Os centros dos círculos têm os mesmos valores de abscissas dos pontos P1 e P2. O ponto P1 faz parte do círculo C1 e o ponto P2 faz parte do círculo C2.

A figura 61 mostra os centros dos círculos e o ponto de tangência P3. O ângulo entre o eixo da abscissa e reta tangente às circunferências que passa pelo ponto P3 indica a orientação em relação à orientação inicial que o veículo terá quando parar para reorientar as rodas dianteiras. (Vória, 2010).

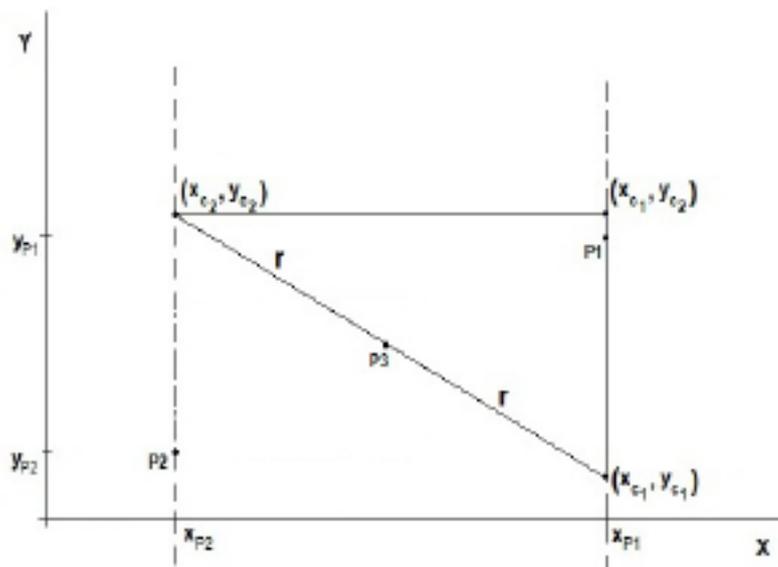
Figura 61: Ponto P3.



Fonte: Vória, 2010.

A Figura 62 mostra o triângulo retângulo extraído da Figura 61, para que seja feito o cálculo do raio das circunferências. (Vória, 2010).

Figura 62: Extraíndo o triângulo retângulo.



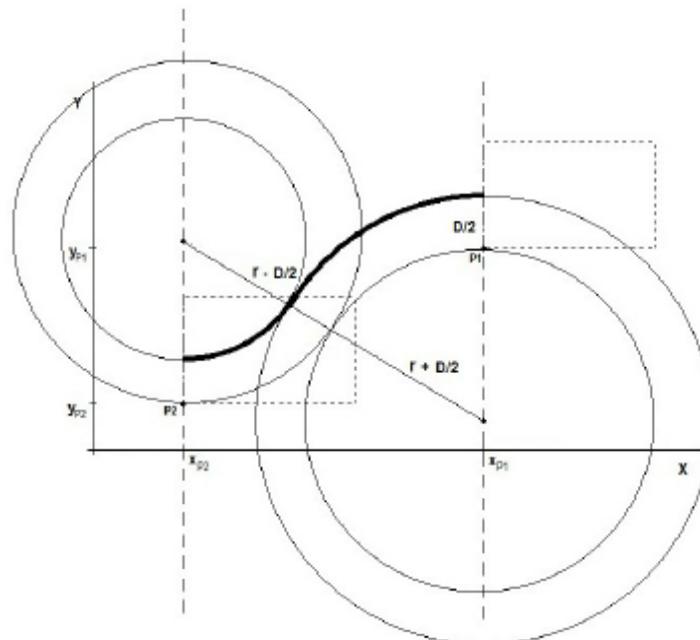
Fonte: Frederico Saraiva Vória, Novembro/2010.

O cálculo do raio r é feito a partir do Teorema de Pitágoras, resultando em:

$$r = \frac{(y_{P2} - y_{P1})^2 + (x_{P1} - x_{P2})^2}{4(y_{P1} - y_{P2})}$$

A Figura 63 mostra a forma de se determinar os raios r_1 e r_2 . A letra D indica a largura do carro. (Vória, 2010)

Figura 63: Determinando os raios r_1 e r_2 .



Fonte: Vória, 2010.

A orientação α que o carro terá (em relação à orientação inicial) quando tiver que parar para mudar o ângulo das rodas dianteiras é dado pela expressão:

$$\alpha = \arcsin \frac{x_{P1} - x_{P2}}{2r}$$

Para que o veículo estacione paralelamente à calçada, o condutor deverá passar com o carro também paralelamente a ela, pois o algoritmo prevê que a orientação final do veículo será a mesma que a inicial (em relação à calçada). Dessa forma, os comandos necessários para os acionamentos que fazem o carro descrever esse caminho são minimizados, e o algoritmo de controle é também

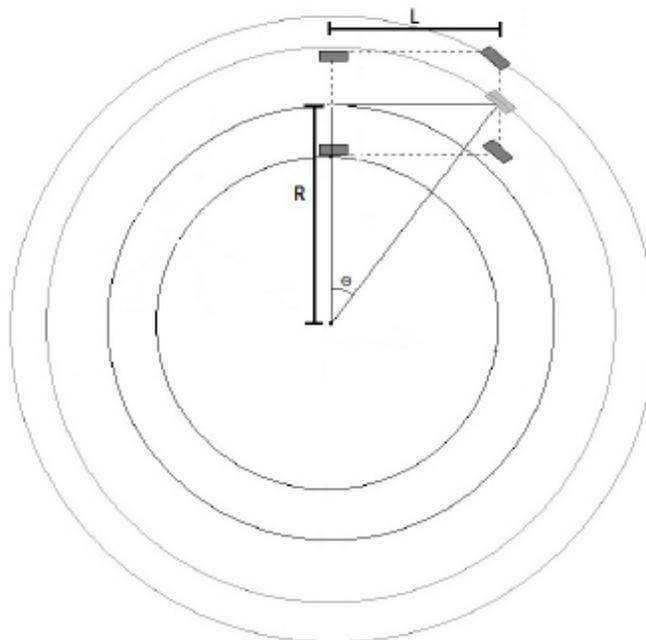
simplificado. Assim, transformar este em um sistema de auxílio a um condutor humano se torna uma tarefa mais fácil. (Vória, 2010)

A Figura 64 ilustra a forma como calcular o comando que deverá ser enviado para o sistema de controle da direção para que o ponto central do eixo traseiro do veículo descreva uma trajetória circular, mantendo-se velocidades baixas. Nessa ilustração, L é o comprimento da distância entre eixos do carro, R é o raio do círculo descrito pelo ponto central do eixo traseiro e Θ é o ângulo enviado ao sistema de controle da direção. (Vória, 2010)

O comando para o sistema de controle da direção (ângulo Θ) para que o ponto central do eixo traseiro do veículo descreva uma trajetória circular de raio R é calculado segundo a seguinte equação:

$$\Theta = \arctan \frac{L}{R}$$

Figura 64: Comando para o sistema de controle da direção.



Fonte: Vória, 2010.

Assim, a partir do raio do primeiro círculo calculado pelo algoritmo gerador da trajetória, é calculado o comando de posição angular que será enviado ao sistema de controle da direção para que as rodas dianteiras sejam orientadas. Após a efetivação deste comando, os sistemas de troca de marchas e aceleração serão

acionados, para que o carro entre em movimento e descreva o arco do primeiro círculo. O freio poderá ser acionado para manter a velocidade baixa. (Vória, 2010)

Após descrever este arco, o freio é acionado para que o carro pare.

Com o carro parado, o comando para orientar as rodas dianteiras, calculado a partir do raio do segundo círculo, é enviado. Após ser efetivado, acelerador e freio são comandados para que o carro descreva o restante da trajetória. Uma funcionalidade do programa executado no computador de bordo sincroniza o envio desses comandos para os controladores de cada atuador. (Vória, 2010)

O programa executado no computador de bordo calcula os valores dos comandos para que o veículo descreva a trajetória. São enviados, então, os comandos para que o veículo se movimente descrevendo o arco do primeiro círculo.

É calculada, então, a orientação atual do veículo, em relação à orientação inicial.

A partir das informações de ângulo do volante e velocidade da roda dianteira direita do carro calcula-se, a cada intervalo de tempo de aproximadamente 100 ms, tempo estabelecido para se realizar a leitura, podendo ser maior ou menor, dependendo da necessidade de se ter uma nova leitura, obtendo a nova orientação do veículo. Caso esse valor se aproxime do ângulo calculado para a inversão do sentido do movimento, o controlador envia um comando para o sistema de controle do freio para que o carro pare. (Vória, 2010)

Depois de o carro parar, é enviado à instrução para que as rodas dianteiras sejam orientadas conforme o raio do segundo círculo. Após isso, o veículo é posto em movimento. Neste momento, novamente calcula-se a orientação atual em relação à do início do movimento. No momento em que a orientação do carro retorna a posição inicial, o veículo é freado.

O objetivo final é que, após a efetivação dos comandos calculados a partir da trajetória, o carro esteja estacionado paralelamente à calçada sem haver colisão com qualquer obstáculo. (Vória, 2010)

Enquanto o carro descreve a trajetória calculada, os sensores estarão fazendo a medição de distância e enviando-a a unidade (Arduino Mega). Caso algum deles detecte um obstáculo a uma distância menor que 50 cm, que se traduz em perigo para a realização do estacionamento, a manobra será abortada. O veículo será parado onde estiver e não se tentará uma correção na trajetória para que este

possa, ainda assim, parar no local desejado. Ao término da manobra, o protótipo terá de sair da vaga, fazendo o processo inverso. (Vória, 2010)

5.4. Transmissão

A transmissão (Figura 65) do protótipo é composta por um motor elétrico original, alimentado por uma bateria de 12 v, composto por correias e polias para transmitir o torque do motor para a roda traseira direita, sendo que a roda traseira esquerda não tem função, recebendo o movimento do motor no momento em que a roda traseira direita entra em funcionamento, fazendo com que o protótipo se movimente, assim que estiver em contato com o solo.

Figura 65: Transmissão do protótipo.



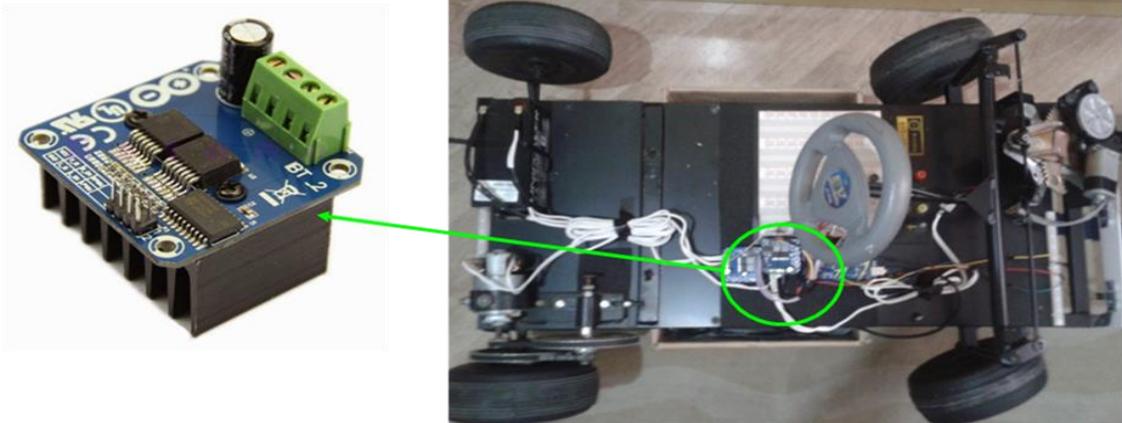
Fonte: Autor.

A transmissão será atuada a partir da programação em Linguagem C, através da Unidade comando Arduino Mega, que enviará sinais para a Ponte H IBT – 2 que por sua vez realizarão a inversão de corrente dependendo da necessidade de se mover para frente ou para trás.

5.5. Ponte H

Um dos circuitos mais importantes na elaboração de sistemas automatizados é a ponte H (Figura 66).

Figura 66: Localização da Ponte H IBT – 2.



Fonte: Autor.

Trata-se de um circuito utilizado para controlar um motor DC a partir de sinais gerados por um microcontrolador (Unidade de comando Arduino Mega).

O modelo utilizado foi a IBT – 2, alimentado com tensão entre 6 a 27 v e corrente de saída de 43 A.

Devido à disposição dos seus componentes, torna se extremamente fácil selecionar o sentido da rotação de um motor, apenas invertendo a polaridade sobre seus terminais. Também é importante para a utilização com circuitos digitais, pois como os sinais de saída dos microcontroladores não suportam a corrente necessária e nem possuem a tensão adequada para acionar um motor, é necessária uma unidade de potência que possa alimentá-lo convenientemente.

Quando ligamos um motor DC com uma bateria, observamos que ele gira numa velocidade constante e numa única direção.

Para alterarmos o sentido da rotação do motor, basta apenas ligar os terminais do motor de forma invertida.

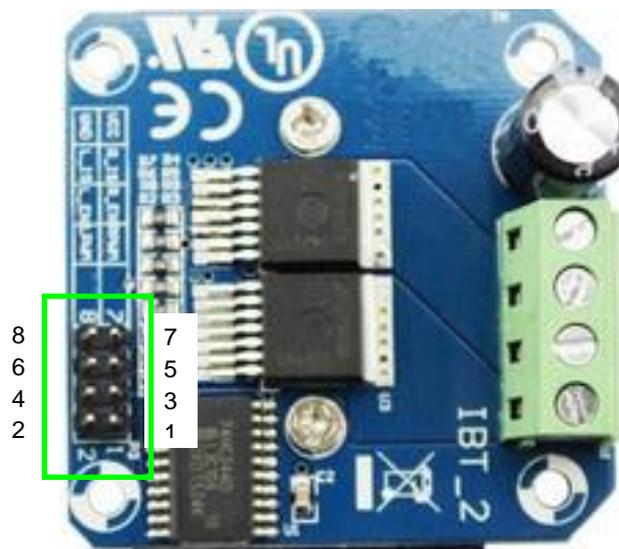
Para que não seja necessário fazer essa operação manualmente, podemos utilizar uma ponte H. Pode-se criá-la facilmente com a finalidade de controlar o sentido da rotação de um motor utilizando chaves simples, relés ou transistores, bastando apenas entender o seu funcionamento.

Uma ponte H básica é composta por 4 chaves mecânicas ou eletrônicas posicionadas formando a letra “H”, sendo que cada uma localiza-se num extremo e o motor é posicionado no meio.

Para que o motor funcione, basta acionar um par de chaves diagonalmente opostas, o que faz com que a corrente flua do pólo positivo para o negativo atravessando o motor e fazendo-o girar.

Para inverter a rotação, desligamos essas chaves e acionamos o outro par de chaves, o que faz com que a corrente siga na direção oposta e, conseqüentemente, o sentido da rotação do motor será alterado. (Figura 67).

Figura 67: Ponte H



Fonte: Autor.

Os pinos da Ponte H são:

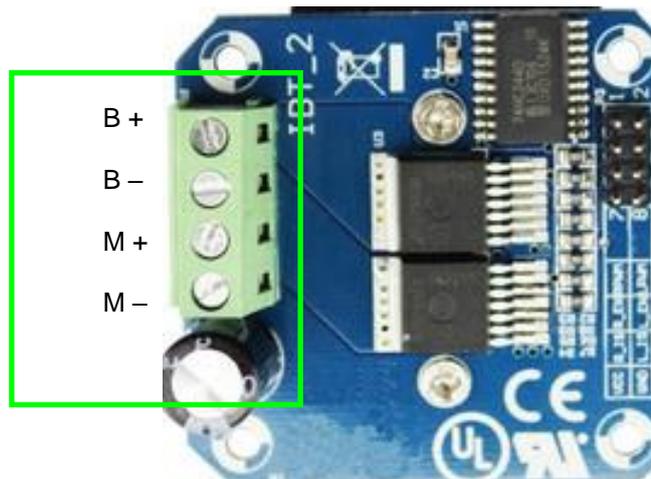
- 1 - PWM Direção 1
- 2 - PWM Direção 2
- 3 - Ativar / Desativar PWM Direção 1 - HIGH ativa
- 4 - Ativar / Desativar PWM Direção 2 - HIGH ativa
- 5 - Não utilizado.
- 6 - Não utilizado.
- 7 - VCC
- 8 - Ground

Os pinos 1 e 2 são ligados às saídas 4 e 5, respectivamente, da Unidade de comando Arduino Mega, referente à transmissão, e na Ponte H da direção elétrica, os pinos 1 e 2 são ligados às saídas 3 e 2, respectivamente.

Os pinos 3, 4 e 7 de ambas as Ponte H, são ligadas no VCC (5 v) da Unidade de comando do Arduino, e o pino 8 ao GND.

Os pinos B + e B – são conectados a linha VCC e GND da bateria, respectivamente, e os pinos M + e M – são conectados aos respectivos motores. (Figura 68).

Figura 68: Pinos de alimentação da Ponte H.



Fonte: Autor.

5.6. Unidade de Comando (Arduino Mega)

Arduino (Figura 69) é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre e de placa única, projetada com um microcontrolador Atmel AVR com suporte de entrada/saída embutido, o software utilizado é em uma linguagem de programação já conhecida, a linguagem C.

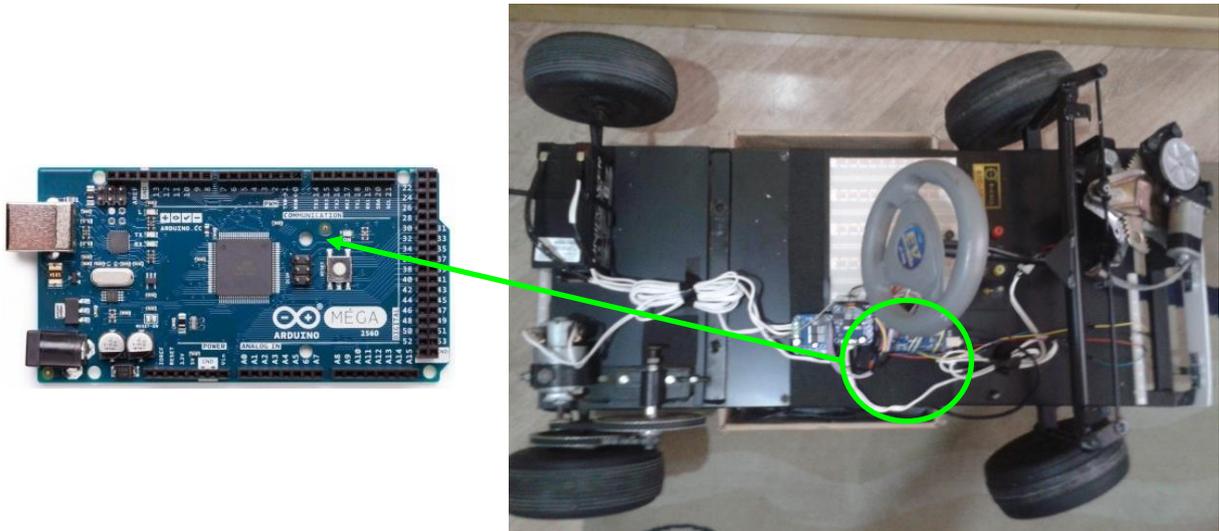
O objetivo do projeto é criar ferramentas que são acessíveis, com baixo custo, flexíveis e fáceis de usar por novatos e profissionais, principalmente para aqueles que não teriam alcance aos controladores mais sofisticados e de ferramentas mais complicadas.

Podem ser usados para o desenvolvimento de objetos interativos independentes, ou ainda para ser conectado a um computador hospedeiro.

Uma típica placa Arduino é composta por um controlador, algumas linhas de E/S digital e analógica, além de uma interface serial ou USB, para interligar-se ao hospedeiro, que é usado para programá-la e interagi-la em tempo real. Ela em si não

possui qualquer recurso de rede, porém é comum combinar um ou mais Arduino deste modo, usando extensões apropriadas chamadas de Shields.

Figura 69: Localização da Unidade de comando Arduino.

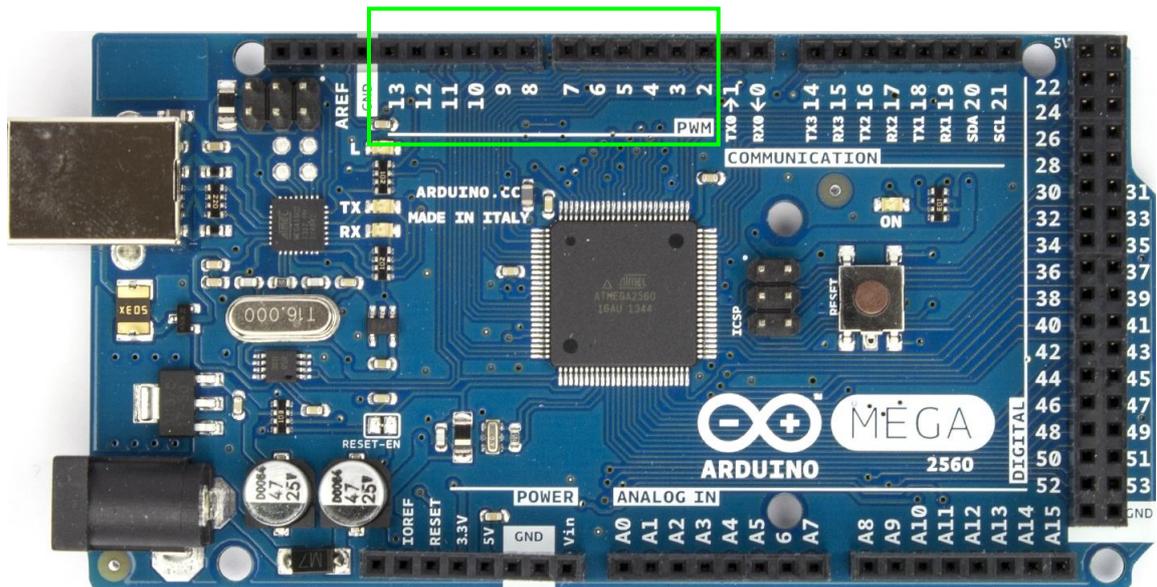


Fonte: Autor.

As saídas PWM, pino 2 e 3, são ligados diretamente nos pinos 2 e 1, respectivamente, da Ponte H da direção elétrica, e os pinos 4 e 5, são ligados diretamente nos pinos 1 e 2, respectivamente, da Ponte H da transmissão. (Figura 70).

Figura 70: Saídas PWM.

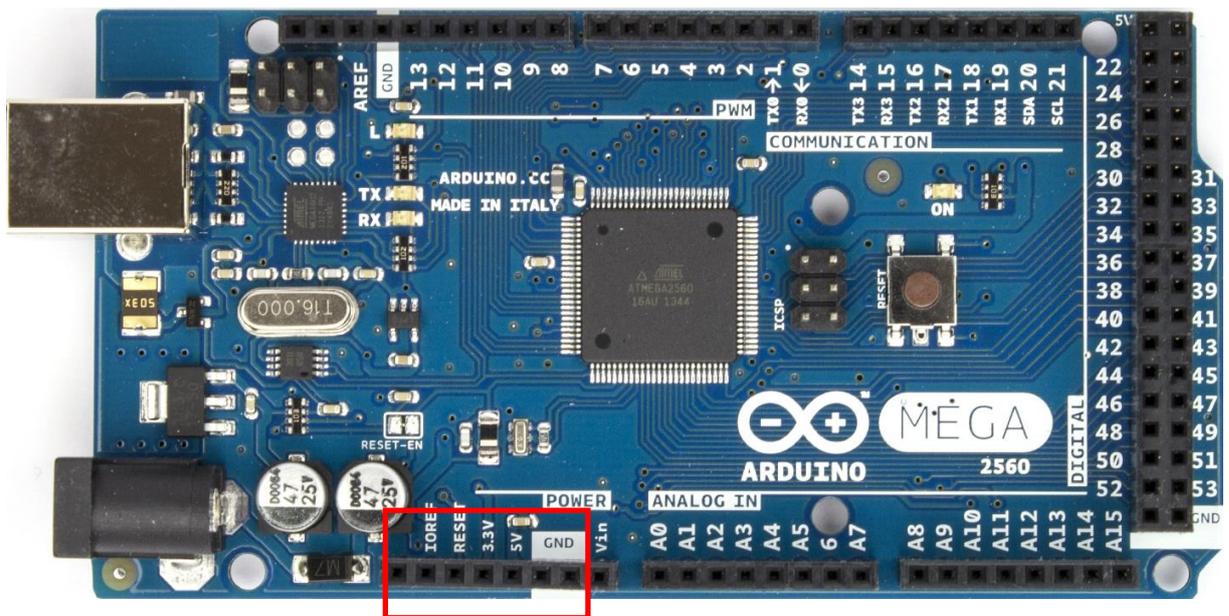
Saídas PWM



Fonte: Autor.

Os pinos de alimentação VCC e GND, são mostrados na Figura 71, na qual no nosso projeto foi utilizado a alimentação de 5 v.

Figura 71: Alimentação 5 v da Unidade de comando.



Fonte: Autor.

5.7. Programação

A programação utilizada no projeto, para que o protótipo realizasse todo o procedimento de se estacionar em uma vaga em série, foi a Linguagem C.

O roteiro descrito abaixo, desde configuração dos pinos, como ativação dos motores elétricos, através das portas de saída, mostram exatamente como o protótipo funciona.

```
int Right_Steering = 2;           //define o pino da direção (esterçar para direita).
int Left_Steering = 3;          // define o pino da direção (esterçar para esquerda).
```

```
int Forward_Transmission = 4;    //define o pino da transmissão (D, diante).
int Reverse_Transmission = 5;    //define o pino da transmissão (R, ré).
```

```
void Steering_Transmission_Control ();
```

```
void setup ()
```

```
{
```

```
Serial.begin (9600);
```

```
pinMode(Right_Steering, OUTPUT); //define os pinos da direção como saída.
```

```
pinMode(Left_Steering, OUTPUT);
```

```
pinMode(Forward_Transmission, OUTPUT); //define os pinos da transmissão como
```

```
pinMode(Reverse_Transmission, OUTPUT); //saída
```

```
}
```

```
void loop ()
```

```
{
```

```
Steering_Transmission_Control ();
```

```
}
```

```
void Steering_Transmission_Control ()
```

```
{
```

```
{
```

```
analogWrite(Forward_Transmission, 0); // transmissão parada durante 5 segundos
analogWrite(Reverse_Transmission, 0);
delay(5000);
}

{
analogWrite(Forward_Transmission, 60); // rotação para frente durante 3
analogWrite(Reverse_Transmission, 0); // segundos
delay(3000);
}

{
analogWrite(Forward_Transmission, 0); //transmissão parada durante 2 segundos
analogWrite(Reverse_Transmission, 0);
delay(2000);
}

{
analogWrite(Right_Steering, 50); // esterçar para direita durante 2 segundos
analogWrite(Left_Steering, 0);
delay(2000);
}

{
analogWrite(Right_Steering, 0); // direção parada durante 2 segundos
analogWrite(Left_Steering, 0);
delay(2000);
}

{
analogWrite(Forward_Transmission, 0); //rotação para trás durante 6,5 segundos
analogWrite(Reverse_Transmission, 60);
delay(6500);
}
```

```
}
```

```
{  
analogWrite(Forward_Transmission, 0); //transmissão parada durante 2 segundos  
analogWrite(Reverse_Transmission, 0);  
delay(2000);  
}
```

```
{  
analogWrite(Right_Steering, 0); //esterçar para esquerda durante 3,6 segundos  
analogWrite(Left_Steering, 50);  
delay(3600);  
}
```

```
{  
analogWrite(Right_Steering, 0); // direção parada durante 2 segundos  
analogWrite(Left_Steering, 0);  
delay(2000);  
}
```

```
{  
analogWrite(Forward_Transmission, 0); //rotação para trás durante 8,5 segundos  
analogWrite(Reverse_Transmission, 60);  
delay(8500);  
}
```

```
{  
analogWrite(Forward_Transmission, 0); //transmissão parada durante 2 segundos  
analogWrite(Reverse_Transmission, 0);  
delay(2000);  
}
```

```
{
```

```
analogWrite(Right_Steering, 50);    //esterçar para direita (direção reta) durante 1
analogWrite(Left_Steering, 0);      //segundo
delay(1000);
}

{
analogWrite(Right_Steering, 0);      //direção parada durante 2 segundos
analogWrite(Left_Steering, 0);
delay(2000);
}

{
analogWrite(Forward_Transmission, 60); //rotação para frente durante 3 segundos
analogWrite(Reverse_Transmission, 0);
delay(3000);
}

{
analogWrite(Forward_Transmission, 0); //transmissão parada durante 5 segundos,
analogWrite(Reverse_Transmission, 0); //estacionamento completo.
delay(5000);
}
}
```

6. Análise dos resultados

Notamos desde o início do desenvolvimento do projeto, que ao adaptar a direção elétrica, existia uma pequena folga entre o motor e o mecanismo da direção e por apresentar um ângulo de esterçamento muito pequeno, não atenderia a necessidade de se ter um esterçamento perfeito, necessitando realizar mais manobras do que foi proposto, mesmo corrigindo com a programação essa folga, como por exemplo, ao invés de esterçar ativando o motor elétrico por 2000 ms (dois milissegundos), poderia alterar esse tempo para 2300 ms, compensando a folga, porém ao esterçar no sentido contrário, a engrenagem do motor poderia pular alguns dentes, esterçando de forma irregular e conseqüentemente estacionando inadequadamente e fora do planejado.

Realizamos alguns ajustes, como a instalação de mais um suporte (Figura 72) para o motor elétrico da direção, ficando mais firme, e aumentamos um pouco mais o ângulo de esterçamento da direção, alterando apenas o tamanho dos braços de movimentação da direção (Figura 73), melhorando os problemas que estavam prejudicando o funcionamento, esterçando e permanecendo na mesma posição até que fosse necessário esterçar novamente.

Figura 72: Suporte do motor elétrico da direção.



Fonte: Autor

Figura 73: Alteração do ângulo de esterçamento.



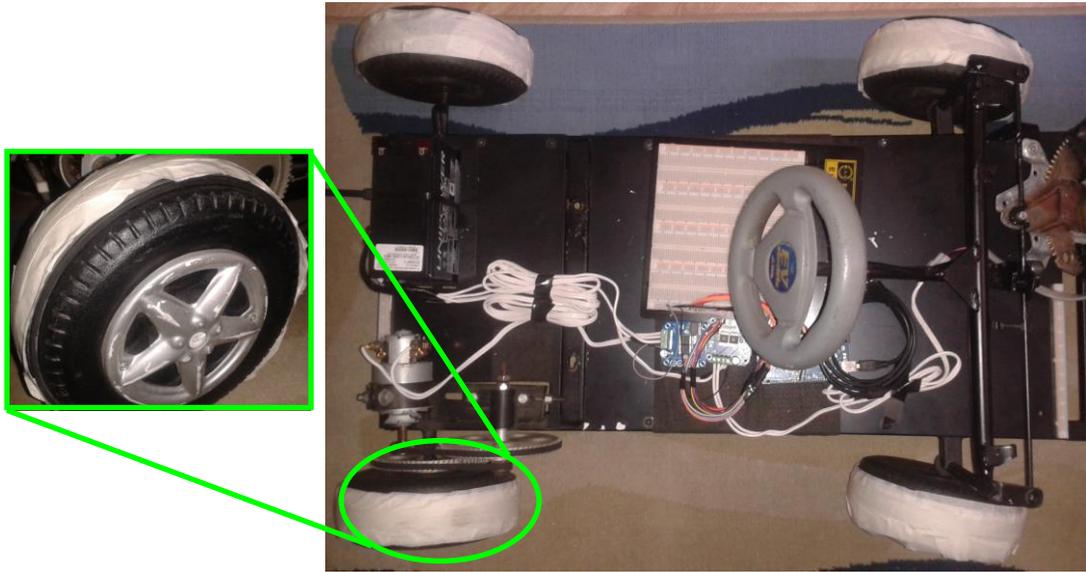
Fonte: Autor.

O problema da transmissão foi o hardware que estávamos utilizando (Ponte h Ln 298), onde a corrente máxima na saída é de 2 A, não sendo suficiente para que o motor funcionasse da maneira que seria solicitado pela programação, ou seja, velocidade e sentido de rotação, alterando conseqüentemente a corrente. Substituímos para o hardware (IBT - 2), como mencionado anteriormente, com corrente máxima na saída de 43 A, atendendo perfeitamente os requisitos do protótipo.

O tipo de piso foi um item que influenciou bastante no momento em que o protótipo fosse executar a manobra. Dependendo da aderência, poderia atrapalhar o processo de estacionamento, como por exemplo, piso liso, piso pintado ou piso cerâmico, entre outros.

Por possuir rodas de “plástico” (original do protótipo) (Figura 74), quando em contato com o piso, a roda patinava por não ter aderência suficiente para tracionar, executando a manobra de forma irregular, sendo necessário uma roda com acabamento mais aderente ou até mesmo uma roda com pneu exclusivo para esse tipo de veículo elétrico.

Figura 74: Rodas originais de plástico do protótipo.



Fonte: Autor.

Após as adaptações realizadas na direção, na transmissão, recebendo sinais provenientes da programação, e testes realizados em piso liso pintado, mas com acabamento aderente nas rodas do protótipo, comprovamos o sistema atuando no estacionamento em série, sem nenhum contato ou ajuda do motorista, de forma automática.

7. Conclusão

Através do desenvolvimento do projeto de estacionamento, foi possível adquirir ainda mais experiência no sistema embarcado, onde software e hardware se comunicam, apresentando o resultado proposto no início, estacionar em vaga em série sem ajuda de um motorista e de forma automática.

A placa Arduino Mega (Unidade de controle), por ser muito didática e de fácil aplicação, foi um item de grande importância, para acrescentar os conhecimentos da programação.

Analisando os resultados obtidos com o protótipo, é possível verificar que o mesmo é capaz de realizar o processo de estacionamento atuando na direção e na transmissão, no tempo de execução pré definido para cada manobra de forma automática.

O tamanho da vaga (2m x 0,80m) foi estipulado, devido às características físicas do protótipo (1m x 0,57m), principalmente devido ao pequeno ângulo de esterçamento que resulta em um raio de curvatura maior.

Baseado as mudanças realizadas no protótipo e em todo sistema e mecanismos para atender o processo de estacionamento, podemos dizer que o resultado foi satisfatório, de acordo com o proposto no início do trabalho.

8. Trabalhos Futuros

As sugestões de propostas futuras são no sentido de aperfeiçoar o sistema do protótipo, para obter melhores resultados.

A instalação dos sensores frontais e traseiros, a fim de se ter uma distância monitorada e a parada do protótipo assim que detectado algum objeto, evitando colisão.

Sensores de medição de vaga, podendo ser instalados na dianteira direita e esquerda, selecionando o lado em que deseja estacionar.

Um potenciômetro na coluna de direção, indicando a posição em que se encontra a direção.

A instalação de um disco encoder no eixo traseiro, para enviar à unidade sinais a fim de se obter a velocidade do protótipo e quantos “passos” foram dados até determinada posição, esterçando ou não a direção, movendo para frente ou para trás, dependendo do momento de realizar tal função.

E um display, mostrando a distância dos objetos da frente e de trás.

9. Referência Bibliográfica

Apostila Autodidática, Park Assist - Características e funcionamento, 1ª edição, Academia Volkswagen, Via Anchieta, km 23, 5, São Bernardo do Campo.

Apostila Autodidática, Direção elétrica - Características e funcionamento , 1ª edição, Academia Volkswagen, Via Anchieta, km 23, 5, São Bernardo do Campo

<https://www.toyota.pt/aposvenda/pecas-acessorios/seguranca/sistema-ajuda-estacionamento.json>

www.noticiasautomotivas.com.br/top-10-carros-mais-baratos-com-park-assist/

<https://www.aprovadetrans.com.br/blog/baliza>

<http://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2012/12/indice-de-reprovacao-em-exame-para-tirar-cnh-em-campinas-e-de-34.html>

<http://www.noticiasdaoficinavw.com.br/v2/2012/01/novo-passat-acelera-freia-estaciona-sozinho-e-ainda-vigia-o-motorista/>, acessado em 20/11/2017 as 10h02.

<http://www.autoentusiastas.com.br/2015/07/assistente-de-estacionamento-bosch-com-video/>, acessado em 20/11/2017 as 11h00.

<https://owner.ford.com/how-tos/vehicle-features/convenience-and-comfort/active-park-assist.html>

<http://unipower.com.br/produto/bateria-estacionaria-vr1a-12v-7ah-mod-up1270e/>

<http://gmauthority.com/blog/gm/general-motors-technology/gm-safety-technology/gm-active-safety-technology/gm-park-assist-technology/gm-automatic-park-assist/>

www.manualslib.com/manual/664090/Citroen-C4-Picasso.html?page=196

http://www.bmw.co.uk/en_GB/topics/ownership/connecteddrive/driver-assistance/intelligent-parking.html

<https://www.drive-now.com/gb/en/blog/park-assistant>

<https://www.circuitar.com.br/tutoriais/programacao-para-arduino-primeiros-passos/>,
acessado em 22/11/2017 as 15h47.

http://ordemnatural.com.br/pdf-files/CartilhadoArduino_ed1.pdf, acessado em
22/11/2017 as 16h32.

<http://g1.globo.com/mg/sul-de-minas/noticia/2016/04/reprovacoes-por-baliza-em-exame-de-cnh-e-sao-70-no-sul-de-minas.html>, acessado em 23/11/2017 as 17h22.

http://www.maxwellbohr.com.br/downloads/robotica/mec1000_kdr5000/tutorial_eletronica_-_montagem_de_uma_ponte_h.pdf, acessado em 25/11/2017 as 15h02.

http://www.denatran.gov.br/download/resolucoes/resolucao_226.pdf

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lexus_Navigation_advanced_parking_system.jpg, acessado em 25/11/2017 as 16h12.

<https://forum.arduino.cc/>, acessado em 25/11/2017 as 19h43.

Texto adaptado, Universidade Federal de Minas Gerais, Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Projeto de Fim de Curso, Autor Frederico Saraiva Vória, Novembro/2010, acessado em 26/11/2017 as 21h42.

10. Referência das Ilustrações

- Figura 1 Tela in dash
www.toyota.pt/aposvenda/peças-acessorios/seguranca/sistema-ajuda-estacionamento.json, acessado em 28/10/2017 às 14h10min.
- Figura 2 Botão Active Park Assist.
<https://owner.ford.com/how-tos/vehicle-features/convenience-and-comfort/active-park-assist.html>, acessado em 18/12/2017 às 20h34min.
- Figura 3 Estacionamento lado do passageiro.
<http://www.owner.ford.com/how-tos/vehicle-features/convenience-and-comfort/active-park-assist.html>, acessado em 18/12/2017 às 20h34min.
- Figura 4 Automatic Park Assist.
<http://gmauthority.com/blog/gm/general-motors-technology/gm-safety-technology/gm-active-safety-technology/gm-park-assist-technology/gm-automatic-park-assist/>, acessado em 18/12/2017 às 21h12min.
- Figura 5 Estacionamento concluído.
<http://gmauthority.com/blog/gm/general-motors-technology/gm-safety-technology/gm-active-safety-technology/gm-park-assist-technology/gm-automatic-park-assist/>, acessado em 18/12/2017 às 21h12min.
- Figura 6 Informações visuais e audíveis.
www.manualslib.com/manual/664090/Citroen-C4-Picasso.html?page=196, acessado em 19/12/2017 às 19h02min.

- Figura 7 Espaço livre de objetos.
www.manualslib.com/manual/664090/Citroen-C4-Picasso.html?page=196, acessado em 19/12/2017 às 19h02min.
- Figura 8 Instruções exibidas no painel.
www.manualslib.com/manual/664090/Citroen-C4-Picasso.html?page=196, acessado em 19/12/2017 às 19h02min.
- Figura 9 Verificação da vaga.
http://www.bmw.co.uk/en_GB/topics/ownership/connecteddrive/driver-assistance/intelligent-parking.html, acessado em 19/12/2017 às 20h25min.
- Figura 10 Processo de manobra.
http://www.bmw.co.uk/en_GB/topics/ownership/connecteddrive/driver-assistance/intelligent-parking.html, acessado em 19/12/2017 às 20h25min.
- Figura 11 Active Park Distance Control.
http://www.bmw.co.uk/en_GB/topics/ownership/connecteddrive/driver-assistance/intelligent-parking.html, acessado em 19/12/2017 às 20h25min.
- Figura 12 Estacionamento através de controle remoto.
http://www.bmw.co.uk/en_GB/topics/ownership/connecteddrive/driver-assistance/intelligent-parking.html, acessado em 19/12/2017 às 20h25min.
- Figura 13 Botão de ativação.
Autor, local de trabalho, tirada em 07/08/2017 às 10h04min.
- Figura 14 Vagas em série à direita.
Autor, local de trabalho, tirada em 07/08/2017 às 10h04min.

- Figura 15 Vagas em série à esquerda.
Autor, local de trabalho, tirada em 07/08/2017 às 10h04min.
- Figura 16 Vagas em paralelo à direita.
Autor, local de trabalho, tirada em 07/08/2017 às 10h04min.
- Figura 17 Vagas em paralelo à esquerda.
Autor, local de trabalho, tirada em 07/08/2017 às 10h04min.
- Figura 18 Medição do espaço a ser estacionado.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento, 1ª edição, acessado em 04/05/2017 às 12h33min.
- Figura 19 Estacionamento em série.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento, 1ª edição, acessado em 04/05/2017 às 12h42min.
- Figura 20 Estacionamento em paralelo.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento, 1ª edição, acessado em 04/05/2017 às 12h55min.
- Figura 21 Botão E851 – botão de ativação do Park Assist.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento, 1ª edição, acessado em 05/05/2017 às 12h20min.
- Figura 22 Estacionamento em espaços em série.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento, 1ª edição, acessado em 05/05/2017 às 12h38min.
- Figura 23 Estacionamento entre obstáculos.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento, 1ª edição, acessado em 05/05/2017 às 12h49min.

- Figura 24 Estacionamento total ou parcial junto aos meios-fios.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 08/05/2017 às 12h17min.
- Figura 25 Estacionamento em curvas.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 08/05/2017 às 12h25min.
- Figura 26 Estacionamento em paralelo.
www.noticiasautomotivas.com.br/top-10-carros-mais-baratos-com-park-assist/, acessado em 20/06/2017 às 19h02min.
- Figura 27 Intervenção no freio ao estacionar.
www.noticiasautomotivas.com.br/top-10-carros-mais-baratos-com-park-assist/, acessado em 20/06/2017 às 19h02min.
- Figura 28 Frenagem em emergência.
www.noticiasautomotivas.com.br/top-10-carros-mais-baratos-com-park-assist/, acessado em 20/06/2017 às 20h18min.
- Figura 29 Imagens na tela do painel de instrumentos.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 08/05/2017 às 18h21min.
- Figura 30 Componentes da Direção eletromecânica
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 08/05/2017 às 18h45min.
- Figura 31 Componentes da caixa de direção eletromecânica.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 09/05/2017 às 12h33min.

- Figura 32 Torque Motor X Torque da direção.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 09/05/2017 às 12h41min.
- Figura 33 Contato espiral do módulo do airbag lado condutor.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 09/05/2017 às 18h12min.
- Figura 34 Sensor de Ângulo de direção G85.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 09/05/2017 às 18h30min.
- Figura 35 Composição de um sensor de ângulo de direçãoG85.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 09/05/2017 às 18h30min.
- Figura 36 Estrutura do sensor de ângulo.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 09/05/2017 às 18h41min.
- Figura 37 Princípio barreira luminosa.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 10/05/2017 às 07h45min.
- Figura 38 Localização do sensor de torque.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 10/05/2017 às 08h12min.
- Figura 39 Arquitetura do sensor G269.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 10/05/2017 às 12h27min.

- Figura 40 Sensor em repouso.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 10/05/2017 às 12h52min.
- Figura 41 Tensão(V) em repouso.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 10/05/2017 às 12h58min.
- Figura 42 Sensor em posição máxima.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 11/05/2017 às 08h25min.
- Figura 43 Tensão(V) em posição máxima.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 11/05/2017 às 12h15min.
- Figura 44 Sensor de rotação G28.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 11/05/2017 às 12h19min.
- Figura 45 Localização do motor V187.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 11/05/2017 às 12h47min.
- Figura 46 Arquitetura do motor V187.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 11/05/2017 às 13h05min.
- Figura 47 Funcionamento do motor V187.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 12/05/2017 às 12h38min.

- Figura 48 Posição do sensor de posição do eixo.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 12/05/2017 às 12h50min.
- Figura 49 Unidade de comando da direção assistida.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 12/05/2017 às 18h04min.
- Figura 50 Luz de avaria K161.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 12/05/2017 às 18h15min.
- Figura 51 Comunicação entre as unidades e sensores.
Apostila Autodidática, Park Assist – Características e funcionamento,
1ª edição, acessado em 12/05/2017 às 18h31min.
- Figura 52 Vista lateral do protótipo.
Residência do Autor, tirada em 24/04/2017 às 14h22min.
- Figura 53 Vista frontal do protótipo.
Residência do Autor, tirada em 24/04/2017 às 14h28min.
- Figura 54 Esquema elétrico.
Autor, realizado em 23/12/2017 às 10h26min.
- Figura 55 Nó do chicote principal.
Autor, tirada em 23/12/2017 às 11h17min.
- Figura 56 Bateria do protótipo.
Autor, tirada em 23/12/2017 às 14h04min.
- Figura 57 Direção elétrica.
Autor, tirada em 23/12/2017 às 14h07min.

- Figura 58 Posição inicial e final do veículo.
Texto adaptado, Universidade Federal de Minas Gerais, Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Projeto de Fim de Curso, Autor Frederico Saraiva Vória, Novembro/2010, acessado em 26/11/2017 às 21h42min.
- Figura 59 Estabelecendo os pontos P1 e P2.
Texto adaptado, Universidade Federal de Minas Gerais, Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Projeto de Fim de Curso, Autor Frederico Saraiva Vória, Novembro/2010, acessado em 26/11/2017 às 21h42min.
- Figura 60 Trajetória formada por dois círculos.
Texto adaptado, Universidade Federal de Minas Gerais, Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Projeto de Fim de Curso, Autor Frederico Saraiva Vória, Novembro/2010, acessado em 26/11/2017 às 21h42min.
- Figura 61 Ponto P3.
Texto adaptado, Universidade Federal de Minas Gerais, Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Projeto de Fim de Curso, Autor Frederico Saraiva Vória, Novembro/2010, acessado em 26/11/2017 às 21h42min.
- Figura 62 Extraíndo o triângulo retângulo.
Texto adaptado, Universidade Federal de Minas Gerais, Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Projeto de Fim de Curso, Autor Frederico Saraiva Vória, Novembro/2010, acessado em 26/11/2017 às 21h42min.

- Figura 63 Determinando os raios r_1 e r_2 .
Texto adaptado, Universidade Federal de Minas Gerais, Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Projeto de Fim de Curso, Autor Frederico Saraiva Vória, Novembro/2010, acessado em 26/11/2017 às 21h42min.
- Figura 64 Comando para o sistema de controle da direção.
Texto adaptado, Universidade Federal de Minas Gerais, Curso de Graduação em Engenharia de Controle e Automação, Projeto de Fim de Curso, Autor Frederico Saraiva Vória, Novembro/2010, acessado em 26/11/2017 às 21h42min.
- Figura 65 Transmissão do protótipo.
Autor, tirada em 26/12/2017 às 19h33min.
- Figura 66 Localização da Ponte H IBT – 2.
Autor, tirada em 26/12/2017 às 19h52min.
- Figura 67 Ponte H.
Autor, tirada em 26/12/2017 às 20h04min.
- Figura 68 Pinos de alimentação da Ponte H.
Autor, tirada em 26/12/2017 às 21h02min.
- Figura 69 Localização da Unidade de comando Arduino.
Autor, tirada em 27/12/2017 às 19h44min.
- Figura 70 Saídas PWM.
Autor, tirada em 27/12/2017 às 20h27min.
- Figura 71 Alimentação 5 v da Unidade de comando.
Autor, tirada em 27/12/2017 às 20h35min.

- Figura 72 Suporte do motor elétrico da direção.
Autor, tirada em 27/12/2017 às 20h46min.
- Figura 73 Alteração do ângulo de esterçamento.
Autor, tirada em 27/12/2017 às 21h31min.
- Figura 74 Rodas originais de plástico do protótipo.
Autor, tirada em 27/12/2017 às 21h52min.