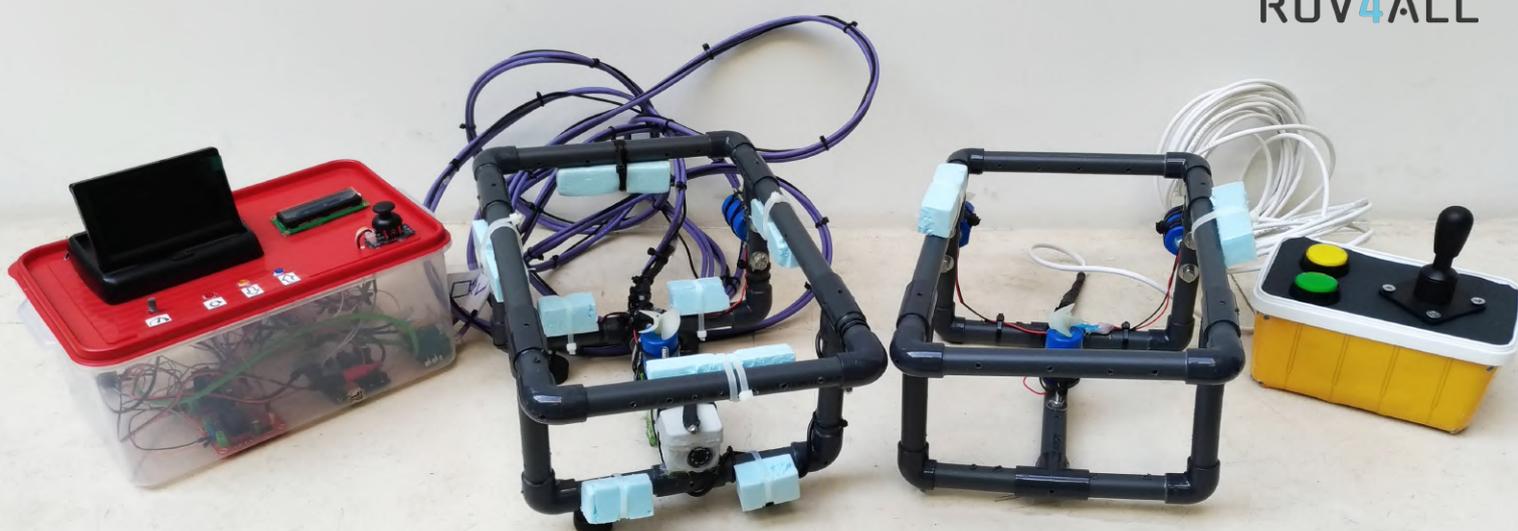




ROV4ALL



CONSTRUÇÃO DE ROBÔS SUBMARINOS EM CONTEXTO ESCOLAR

Montagem passo a passo

Cofinanciado por:





ROV4ALL

CONSTRUÇÃO DE ROBÔS SUBMARINOS EM CONTEXTO ESCOLAR

Montagem passo a passo

Ficha técnica:

Título: Construção de robôs submarinos em contexto escolar

Subtítulo: Montagem passo a passo

Textos: Sónia Costa, João Belo e Carlos Lucas

Edição: ARDITI/OOM – Agência Regional para o Desenvolvimento da Investigação, Tecnologia e Inovação / Observatório Oceânico da Madeira

Edição eletrónica: Fevereiro de 2021

ISBN: 978-989-54106-2-0

Cofinanciado por:



Índice

Prefácio	9
1. Introdução	11
2. ROVs: O que são e para que servem.....	13
2.1. Breve história da tecnologia dos ROVs	13
2.2. Tipos de ROVs e seus usos.....	14
3. Princípios básicos sobre ROVs	19
3.1. Componentes.....	19
3.2. Funcionamento.....	20
3.3. Flutuabilidade.....	22
4. Procedimentos de montagem - versão básica	27
4.1. Materiais necessários.....	27
4.2. Etapas de construção	30
4.2.1. Construção da consola	30
4.2.2. Construção do chassi.....	30
4.2.3. Montagem dos motores no chassi	33
4.2.4. Preparação dos fios elétricos	36
4.2.5. Ligações elétricas dos motores ao cabo umbilical	36
4.2.6. União e isolamento dos fios dos motores	37
4.2.7. Instalação dos componentes elétricos da consola	39
4.3. Testes de flutuabilidade e funcionamento	40
5. Procedimentos de montagem - versão avançada	45
5.1. Materiais necessários.....	45
5.2. Caracterização de alguns componentes.....	47
5.2.1. Arduino.....	47
5.2.2. Joystick	49
5.2.3. Botões Luminosos	50
5.2.4. Sensor de temperatura	51
5.2.5. Breadboard.....	51
5.2.6. Potenciômetro	52
5.2.7. Display LCD.....	52
5.2.8. Motores.....	53
5.2.9. Controlador	53
5.2.10. Monitor LCD rebatível e câmara de filmar	54
5.3. Etapas de construção	55

5.3.1.	Construção da consola	55
5.3.2.	Construção do chassi.....	57
5.3.3.	Montagem dos motores no chassi	57
5.3.4.	Instalação da câmara na caixa estanque.....	57
5.3.5.	Fixação da caixa estanque no chassi	59
5.3.6.	Montagem do sensor de temperatura	60
5.3.7.	Montagem da iluminação LED	60
5.3.8.	Ligações da consola, chassi e umbilical	60
5.3.9.	Ligações com os conectores grove	64
5.4.	Programação.....	65
5.5.	Testes de fluutuabilidade e funcionamento	66
6.	Considerações finais	67
7.	Bibliografia	69
ANEXO –	Código-fonte para o Arduino.....	73

Índice de Figuras

Figura 1 - ROVs construídos com o kit ROV4ALL. A- Versão básica. B- Versão avançada.....	11
Figura 2 – Cutlet da Marinha Real Inglesa © Jerry W. Saveriano, Innovational Musings.....	13
Figura 3. Operações com o ROV Luso (ROV português). A - ROV a ser colocado na água com ajuda de um guindaste (© Sonia Gueroun). B - São visíveis os contentores de apoio às operações com o ROV Luso e o guindaste que permite a sua colocação na água e a subsequente recuperação (© Jesus Reis).....	15
Figura 4. Amostragens no fundo marinho realizadas com o ROV Luso durante a Campanha Oceanográfica OOM 2018, na ilha da Madeira. A - Recolha de amostras de sedimento do fundo marinho com recurso a um “corer” (© Sonia Gueroun. B - Recolha de amostras de corais com recurso ao braço robótico do ROV Luso (© Rui Caldeira)......	15
Figura 5. Modelos de ROVs.	17
Figura 6. Principais constituintes dos ROVs.	19
Figura 7. Motores dos kits ROV4ALL.....	20
Figura 8. Elementos comutadores dos botões (A) e do joystick (B).	21
Figura 9. Esquema de funcionamento de um comutador. Comutador aberto e comutador fechado. COM - Terminal comum, NA - Terminal normalmente aberto, NF - Terminal normalmente fechado. Retirado de Costa 2017.....	21
Figura 10. Exemplos de consolas de comando de ROVs educativos.....	22
Figura 11 - Flutuabilidade dos corpos em líquidos, segundo o Princípio de Arquimedes.....	23
Figura 12. ROV construído com o kit ROV4ALL - versão básica.....	27
Figura 13. Componentes que integram o kit ROV4ALL - versão básica.	27
Figura 14. Consola ROV4ALL onde são visíveis o joystick, à direita (em posição romboidal), e à esquerda os botões de subida e de descida.....	30
Figura 15. Ilustração do chassi do ROV proposto neste manual.....	31
Figura 16. Esquema do chassi do modelo de ROV descrito neste manual.....	32
Figura 17. Processo de encaixe e colagem (A) da estrutura do ROV proposto neste manual (B).....	32
Figura 18. Motores com as respetivas hélices.....	33
Figura 19 - Motor com fita de papel no eixo para identificar o sentido de rotação e ligado ao conector.	34
Figura 20 - Chassi do ROV com os 3 motores instalados.....	35
Figura 21 - Processo de fixação dos motores ao chassi do ROV.....	35
Figura 22. Uniões de fios isolados com manga termorretrátil.....	37
Figura 23. Ligações completamente isoladas com mangas termorretráteis.....	37
Figura 24. Esquema ilustrativo das ligações elétricas que devem ser efetuadas no entre os vários componentes do ROV básico. Adaptado de Costa 2017.....	38
Figura 25. Esquema ilustrativo da ligação dos fios no conector, de acordo com a norma T-568A e T-568B. Fonte: http://www.comnen.com/	40
Figura 26. ROV construído com o kit ROV4ALL - versão avançada.....	45
Figura 27. Componentes que integram o kit ROV4LL - versão avançada.....	45
Figura 28. Identificação dos componentes da placa Arduino Uno.....	47

Figura 29. Arduino IDE. Fonte: https://www.arduino.cc/en/main/software	48
Figura 30. Selecionar porta do Arduino.....	49
Figura 31. Grove - Thumb Joystick.....	49
Figura 32. Valores de saída para cada eixo.....	50
Figura 33. Botões luminosos (A) e conector traseiro (B).	50
Figura 34. Sensor de temperatura DS18B20 com adaptador Velleman VMA324.	51
Figura 35 – Breadboard.....	52
Figura 36 – Potenciômetro.....	52
Figura 37. Display LDC de 16 x 2 caracteres (A) e conector I2C (B).....	53
Figura 38. Controlador L298N.	54
Figura 39. Monitor (A), câmara (B) e cabos de imagem e alimentação (C).	54
Figura 40. Exemplo de consola construída para o kit ROV4ALL - versão avançada, onde é visível o joystick, os botões de subir e descer, de reiniciar o sistema, o potenciômetro, o mostrador do sensor de temperatura e o monitor da câmara de filmar.	55
Figura 41 - Conector RJ45 fêmea (A) e conector RJ45 macho (B).....	56
Figura 42. Barra de junção.....	56
Figura 43. Identificação das conexões de 5 V e 12 V para a ligação dos cabos que compõem o umbilical. No lado direito também é visível o conector da câmara de filmar.....	57
Figura 44. Furo na caixa estanque para instalação da câmara.....	58
Figura 45. Caixa estanque com a câmara de filmar (A) e respetivas ligações (B).....	58
Figura 46. Isolamento da câmara de filmar na caixa estanque.	59
Figura 47. Fixação da caixa estanque no chassi.	59
Figura 48. Sensor de temperatura, já instalado no chassi.....	60
Figura 49. Pinos positivos e negativos do LED (A) e LED com a resistência soldada e isolada (B)..	60
Figura 50. Esquema elétrico do modelo de ROV4ALL - versão avançada.	63
Figura 51. Ligação isolada com manga termorretrátil e silicone.	64
Figura 52. Conectores Grove	64
Figura 53. Conexões isoladas.....	65
Figura 54. Arduino IDE.....	66

Prefácio

Este manual surge como um dos produtos do “ROV4ALL- Construção de robôs submarinos em contexto escolar” (REF: FA_06_2017_047), projeto financiado pelo Fundo Azul do Ministério do Mar, através da Direção-Geral de Política do Mar e foi inspirado no programa EDUROVs da PLOCAN – *Plataforma Oceânica de Canarias* (<https://www.edurovs.eu/>). O ROV4ALL é coordenado pela ARDITI - Agência Regional para o Desenvolvimento da Investigação, Tecnologia e Inovação, através do Observatório Oceânico da Madeira, e tem a colaboração de seis entidades parceiras: IMAR - Instituto do Mar, OMA - Observatório do Mar dos Açores, CCVT - Centro de Ciência Viva de Tavira, IPMA - Instituto Português do Mar e da Atmosfera, IST/ISR - Instituto Superior Técnico/Instituto de Sistemas e Robótica, IQ-IPRAM/EPFF - Instituto para a Qualificação através da Escola Profissional Francisco Fernandes. Conta ainda com o apoio da Escola Secundária Francisco Franco.

A ideia central do ROV4ALL é possibilitar a construção de pequenos ROVs - *Remotely Operated Vehicles*, por alunos, principalmente do 9º ano do Ensino Básico e do Ensino Secundário, de escolas da Madeira, Açores, Lisboa e Algarve, a partir de um kit desenvolvido pelo projeto ROV4ALL e com o apoio da equipa do projeto que é constituída por técnicos e pilotos de ROVs, engenheiros, investigadores em ciências marinhas, educadores marinhos, comunicadores de ciência e professores. O principal objetivo é potenciar aprendizagens sobre as tecnologias de estudo e exploração do oceano, enfatizar as suas potencialidades e, ainda, sensibilizar para a valorização dos recursos marinhos, sua exploração sustentável e conservação. O ROV4ALL é, neste contexto, um projeto que potencia um ensino baseado nas competências STEAM (Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática).

Promotor:



Parceiros:



Colaboração:





ROV4ALL

1. Introdução

O oceano sempre despertou a curiosidade do ser humano, mas apesar dos esforços para o conhecer, ainda reserva muitos mistérios. O mar desafia tanto a presença humana como a própria tecnologia. As elevadas pressões que se fazem sentir à medida que a profundidade aumenta, a impossibilidade de transmissões via rádio, a batimetria irregular, a presença de fortes correntes e ondas, a fraca ou nula visibilidade, são algumas características que condicionam e dificultam o estudo e exploração do oceano. Consequentemente, o seu estudo requer o uso de tecnologias cada vez mais robustas e sofisticadas. Os ROVs (*Remotely Operated Vehicles*) são um dos equipamentos cada vez mais utilizados nas ciências marinhas, bem como em outras áreas ligadas ao mar, e que têm dado um contributo decisivo para o conhecimento do oceano.

Este manual, para além de um enquadramento inicial sobre este tipo de tecnologia, suas características e usos, contém as instruções de montagem dos dois tipos de ROVs educativos apresentados na Figura 1. Estes ROVs foram construídos com materiais relativamente simples, como plástico PVC e componentes elétricos e eletrónicos que fazem parte dos kits ROV4ALL. O tempo de dedicação médio previsto para a construção do ROV básico (Figura 1 A) é de 10 a 12 horas e da versão avançada entre 15 e 20 horas (Figura 1 B). Pretende-se que seja um trabalho de equipa, feito em ambiente escolar, pois é esse o objetivo do projeto ROV4ALL. No entanto, a construção deste tipo de ROVs pode ser adaptada a outros contextos educativos.

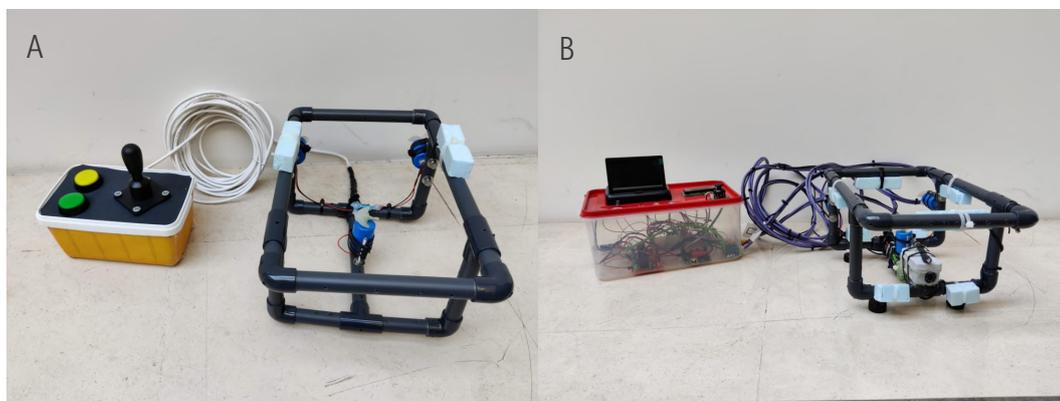


Figura 1 - ROVs construídos com o kit ROV4ALL. A- Versão básica. B- Versão avançada.



ROV4ALL

2. ROVs: O que são e para que servem

ROV são as iniciais do nome inglês Remotely Operated Vehicle e no contexto deste manual, refere-se a um veículo operado remotamente que permite explorar o oceano. Tipicamente, estes veículos são controlados por alguém que está fora de água, normalmente numa embarcação. A comunicação entre o veículo e o operador é feita através de um conjunto de cabos chamado umbilical.

2.1. Breve história da tecnologia dos ROVs

Apesar de ser difícil determinar quem terá criado o primeiro ROV, o ROV “Cutlet”, desenvolvido pela Marinha Inglesa nos anos 50 e utilizado para recuperar torpedos, tem sido indicado como o pioneiro desta tecnologia. Nos anos 60, a Marinha dos EUA também investiu no desenvolvimento de um robô com cabo para recuperar objetos militares a grandes profundidades. Na altura, o veículo foi apelidado de “Veículo de recuperação subaquática controlado por cabo” ou, em inglês, Cable Controlled Underwater Recovery Vehicle (CURV). Criou-se, assim, a capacidade de realizar operações de resgate em alto mar e recuperar objetos a grandes profundidades, como o resgate, em 1966, de uma bomba nuclear perdida no mediterrâneo durante um acidente com um avião B-52.

Nos anos 80 e 90, esta tecnologia inicialmente desenvolvida para fins militares passou a ser usada na indústria petrolífera offshore e na investigação marinha. O desenvolvimento tecnológico dos ROVs teve, entretanto, um grande avanço e atualmente são utilizados em inúmeras tarefas e em diversas áreas, desde a inspeção de estruturas submarinas e plataformas, até à instalação de cabos submarinos. Com o avanço tecnológico impulsionado por empresas petrolíferas, os robôs estão cada vez mais pequenos e são capazes de alcançar maiores profundidades.



Figura 2 – Cutlet da Marinha Real Inglesa © Jerry W. Saveriano, *Innovational Musings*

2.2. Tipos de ROVs e seus usos

Existe uma grande variedade de ROVs. Entre outras características, variam no tamanho, peso, formato, agilidade e potência. Incluem desde veículos de pequeno porte, usados apenas para inspeção e apoio a mergulhadores, até ROVs rebocáveis ou que se deslocam sobre o fundo através de rodas ou lagartas. Os de maiores dimensões, mais pesados e complexos necessitam de equipamentos auxiliares, como guinchos, para os colocar e retirar da água (Figura 3) e são manobrados por pilotos e copilotos. Os pilotos controlam o veículo e os copilotos controlam, por exemplo, a comunicação, os sensores e o umbilical.

A quantidade e complexidade de equipamentos que compõem um ROV é variável. Alguns destes veículos são bastante simples e estão equipados apenas com câmaras de vídeo e luzes. Outros estão equipados com diversos tipos de sensores e com ferramentas capazes de efetuar trabalhos de construção. Com essas ferramentas são capazes de agarrar, cortar e soldar, entre outras funcionalidades. A informação recolhida é ainda disponibilizada em tempo real, o que torna esta tecnologia ainda mais valiosa.

Atualmente, a maior parte dos ROVs existentes são usados na indústria *offshore*. Só depois vem a ciência e outras aplicações como os usos militares e educativos. A utilização de ROVs tem diversas vantagens (Tabela 1), daí o uso generalizado em várias áreas.

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens do uso de ROVs e de mergulhadores.

	ROV	Mergulhador
Vantagens	<ul style="list-style-type: none">• Pode operar continuamente durante vários dias• Navegação por sonar• Pode alcançar profundidades elevadas (até 6000/6500 m)• Apenas se coloca o equipamento em risco	<ul style="list-style-type: none">• Agilidade e sensibilidade no manuseamento• Visão binocular
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none">• Os manipuladores são pouco sensíveis e pouco precisos	<ul style="list-style-type: none">• Vidas humanas em risco• Tempo de trabalho limitado• Profundidade máxima de 40 a 50 m• Necessidade de descompressão

Uso científico

A utilização de ROVs aumenta a nossa capacidade de estudar o oceano. Permite-nos observar e recolher, por exemplo, amostras biológicas, geológicas e até arqueológicas que de outra forma não conseguiríamos obter. Por isso, são amplamente utilizados pela comunidade científica. Os ROVs usados em ciência tendem a ser equipados com potentes sistemas de iluminação e com câmaras com

excelente qualidade. Incluem também vários tipos de sensores, como magnetômetros, sonares, amostradores de água e sensores para medirem parâmetros como a temperatura, a condutividade ou a turbidez da água, entre outros. Estão também equipados com caixas de amostras, amostrador por sucção e manipuladores robóticos que são usados por exemplo, para cortar, serrar, puxar ou empurrar (Figura 4).

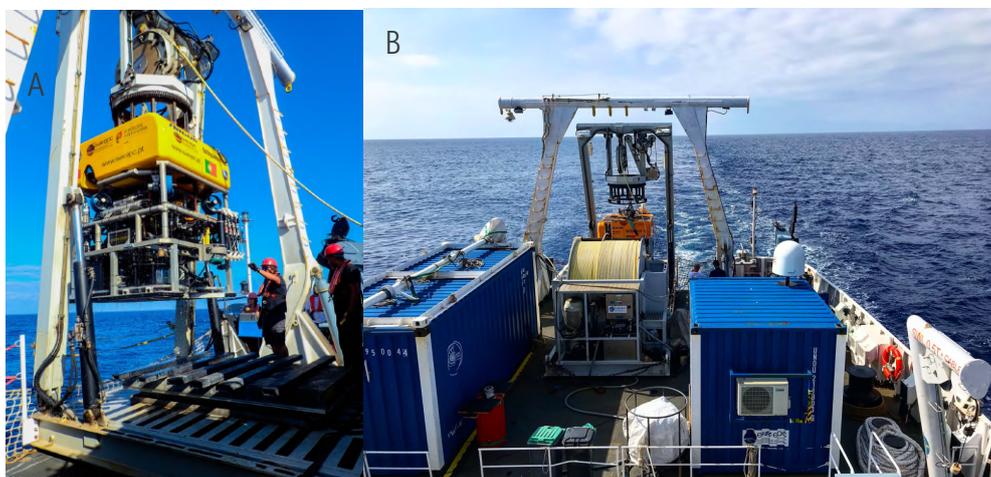


Figura 3. Operações com o ROV Luso (ROV português). A - ROV a ser colocado na água com ajuda de um guindaste (© Sonia Gueroun). B - São visíveis os contentores de apoio às operações com o ROV Luso e o guindaste que permite a sua colocação na água e a subsequente recuperação (© Jesus Reis).

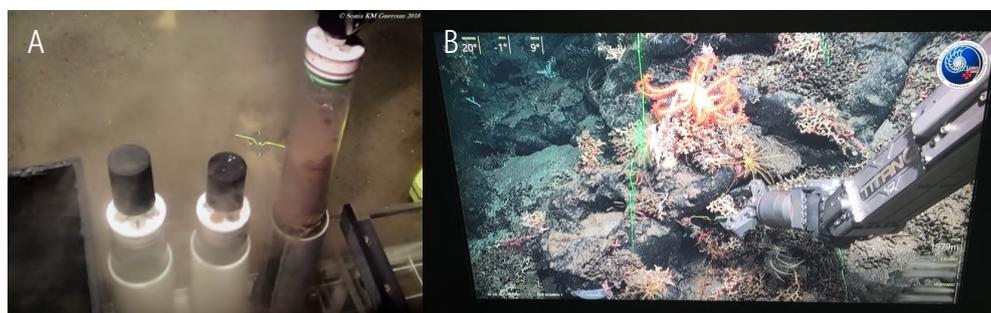


Figura 4. Amostragens no fundo marinho realizadas com o ROV Luso durante a Campanha Oceanográfica OOM 2018, na ilha da Madeira. A - Recolha de amostras de sedimento do fundo marinho com recurso a um "corer" (© Sonia Gueroun). B - Recolha de amostras de corais com recurso ao braço robótico do ROV Luso (© Rui Caldeira).

Operações militares

Desde longa data que os ROVs têm sido utilizados por forças militares para localizar e recuperar minas no leito marinho (por exemplo, a Marinha dos Estados Unidos da América usa um ROV apelidado de "Veículo de Neutralização de Minas AN/SLQ-48 para esse fim). Atualmente as forças militares também recorrem a estes veículos para observar e inspecionar locais antes de enviar mergulhadores.

Segurança portuária

A segurança nos portos e marinas é de extrema importância e os ROVs têm desempenhado um papel importante neste setor. A monitorização e manutenção de estruturas portuárias submersas tem sido feita com o auxílio deste tipo de tecnologia. De igual modo, os ROVs têm sido usados para localizar objetos na água que possam colocar em perigo as embarcações durante as deslocações e manobras.

Resgate e salvamento

Por vezes, ocorrem afogamentos em águas que apresentam alguma perigosidade para os mergulhadores e nesses casos são usados ROVs para procurar as vítimas. Quando o corpo é localizado, os mergulhadores podem seguir o umbilical do ROV e encontram e recuperam o corpo com mais facilidade.

Segurança e combate ao contrabando

Os ROVs também são usados para inspecionar visualmente os cascos das embarcações em ações de fiscalização, porque por vezes são escondidos produtos contrabandeados nessas zonas dos barcos.

Atividades industriais

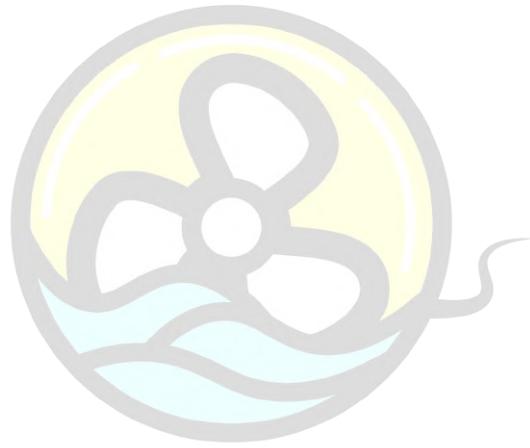
Algumas atividades de construção, manutenção, inspeção e reparação de estruturas submersas (ex. gasodutos e oleodutos), também são feitas com recurso a ROVs. A colocação, inspeção e reparação de cabos submarinos é outra tarefa que estes equipamentos desempenham.

Exemplos de ROVs

A figura seguinte mostra, a título exemplificativo, alguns modelos de ROVs.



Figura 5. Modelos de ROVs.



ROV4ALL

3. Princípios básicos sobre ROVs

3.1. Componentes

Apesar da variabilidade que os ROVs podem apresentar, quer em tamanho quer na sua constituição, todos têm componentes comuns. É importante salientar que os materiais que constituem este tipo de veículos têm de ser à prova de água, corrosão e resistentes ao aumento da pressão que se faz sentir com a profundidade.

Alguns componentes que constituem os ROVs estão sumariados na Figura 6 e na Tabela 2 estão algumas características e funcionalidades dos componentes.



Figura 6. Principais constituintes dos ROVs.

Tabela 2 - Funções dos componentes dos ROVs

Componente	Função
Umbilical	Permite a comunicação bidirecional entre o veículo e o operador e garante o fornecimento de energia.
Propulsores (motores e hélices)	Garantem a deslocação do veículo na água.
Chassi ou armação	Estrutura do veículo que suporta todos os outros componentes. O material deve ser resistente e simultaneamente leve. Alguns exemplos de materiais usados são compósitos de plástico, acrílico, PVC e alumínio.
Auxiliares de navegação	Câmaras, luzes e sonares, entre outros, que fornecem informação ao operador sobre a localização do ROV e sobre as ações que está a desenvolver.
Lastro	Material denso que permite ajustar a flutuabilidade do ROV.

3.2. Funcionamento

A propulsão dos ROVs é garantida pela existência de motores (Figura 7), aos quais estão acopladas hélices. Normalmente, os ROVs têm três ou mais motores. Os motores têm como função transformar energia elétrica em energia mecânica.



Figura 7. Motores dos kits ROV4ALL.

O movimento dos motores dos ROVs contruídos com os kits apresentados neste manual é controlado pela existência de comutadores (Figura 8), que permitem ou impedem a passagem da corrente elétrica. Quando o comutador não está pressionado (posição normal) não há passagem da corrente, pois o circuito conecta diretamente o terminal comum (COM) ao terminal normalmente fechado (NF), não passando pelo terminal normalmente aberto (NA) (Figura 9). Ao pressionar o comutador estabelece-se a ligação entre o terminal comutador e o terminal NA, permitindo deste modo a passagem da corrente.

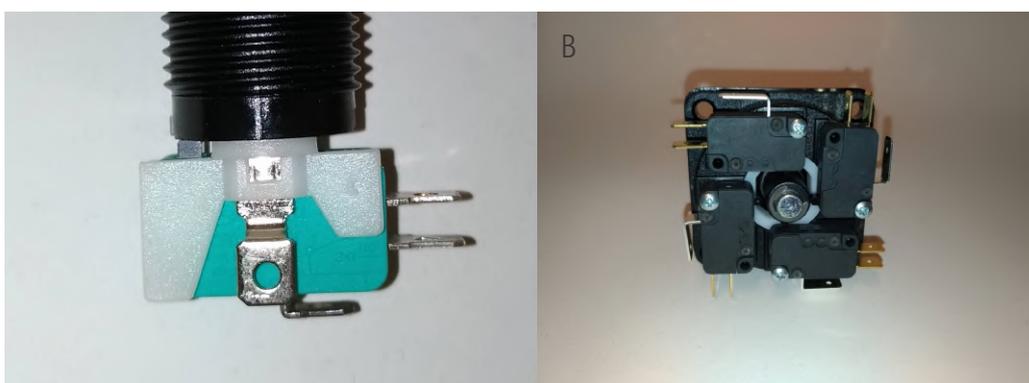


Figura 8. Elementos comutadores dos botões (A) e do joystick (B).

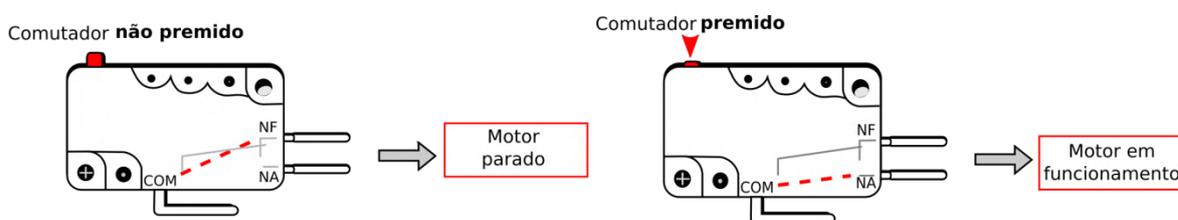


Figura 9. Esquema de funcionamento de um comutador. Comutador aberto e comutador fechado. COM - Terminal comum, NA - Terminal normalmente aberto, NF - Terminal normalmente fechado. Retirado de Costa 2017.

O sentido de rotação dos motores varia de acordo com o tipo de motor. Os motores do kit ROV4ALL são de corrente contínua e são de dois tipos: CW (abreviatura inglesa para a expressão sentido dos ponteiros do relógio ou sentido horário – *clockwise*) e CCW (*counterclockwise* - *sentido contrário dos ponteiros do relógio*).

Apesar dos motores serem CW ou CCW, podemos alterar o seu sentido de rotação se mudarmos a polaridade das suas ligações. Por exemplo, se tivermos um motor CW ligado com o seu polo positivo ligado ao polo positivo da fonte de alimentação e o polo negativo ligado ao polo negativo, o motor girará no sentido horário. Se trocarmos a polaridade, isto é, se ligarmos o polo positivo do motor ao polo negativo da fonte de alimentação e o negativo ao positivo, o motor passará a girar no sentido anti-horário. O mesmo se verifica no caso de o motor ser CCW, mas no sentido oposto.

Acopladas aos motores estão as hélices. Estes componentes são responsáveis por transformar a potência do motor em força que movimenta os veículos, pela deslocação da água em seu redor. No

caso do veículo ROV4ALL, é o movimento coordenado de três hélices, com três pás cada uma, que permite o movimento do veículo nas várias direções.

Conjugando os princípios atrás descritos, podemos referir que: se os motores aos quais estão acopladas as hélices rodarem em sentido contrário aos ponteiros do relógio (sentido anti-horário), empurrarão a água para cima (no caso do motor localizado verticalmente), ou para trás (no caso dos motores localizados horizontalmente), fazendo o veículo movimentar-se, respetivamente, para baixo ou para a frente. Se girarem no sentido horário, acontecerá o oposto.

Os ROVs são controlados à distância através de sistemas de controlo a que chamaremos consola de comando. Na Figura 10 estão alguns exemplos de consolas de ROVs educativos. No caso do ROV4ALL - versão básica, a consola tem dois tipos de comandos: um *joystick* e dois botões (Figura 14). O *joystick* permite realizar o controlo horizontal do veículo e os botões servem para comandar os movimentos verticais (dirigir o veículo para o fundo ou trazê-lo para a superfície). Através de um cabo designado umbilical, as instruções fornecidas pelo operador na consola de controlo são transmitidas ao veículo.

No caso do ROV4ALL - versão avançada, a consola de controlo do veículo é composta não só pelo joystick e pelos botões de subida e descida, mas tem também um botão de reiniciar, um potenciômetro (para controlar a potência dos motores), um ecrã da câmara de filmar e um ecrã do Arduino que mostra os parâmetros que estão a ser medidos pelos sensores do ROV, a potência e direção do movimento dos motores (Figura 10 C).

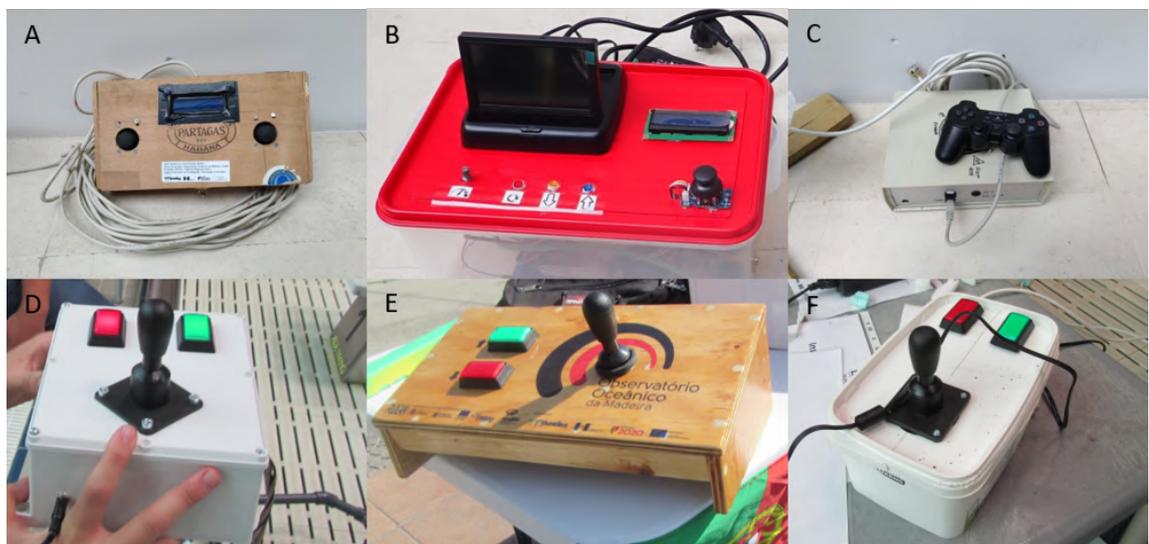


Figura 10. Exemplos de consolas de comando de ROVs educativos.

3.3. Flutuabilidade

Para o bom do desempenho do ROV é importante considerar a sua flutuabilidade. Esta grandeza física exprime a tendência que um corpo imerso num líquido tem para flutuar e depende sobretudo da densidade dos corpos. Segundo o Princípio de Arquimedes: “*Todo o corpo mergulhado num fluido*

(líquido ou gás) em repouso fica sujeito a uma força vertical de baixo para cima, cuja intensidade é igual ao valor do peso do fluido deslocado pelo corpo”. Esta força que faz os corpos flutuarem denomina-se impulsão (Figura 11).

Quando um corpo está totalmente imerso num líquido, podem ocorrer três situações de flutuabilidade:

- *Flutuabilidade neutra* - o corpo permanece parado no ponto em que foi colocado. Nesta situação, a intensidade da força de impulsão é igual à intensidade da força peso.
- *Flutuabilidade negativa* - a intensidade da força de impulsão é menor que a intensidade da força peso. Neste caso, o corpo entra em processo de submersão, ou seja, afunda.
- *Flutuabilidade positiva* - quando a intensidade da força de impulsão é maior do que a intensidade da força peso. Nesta situação, o corpo flutua.

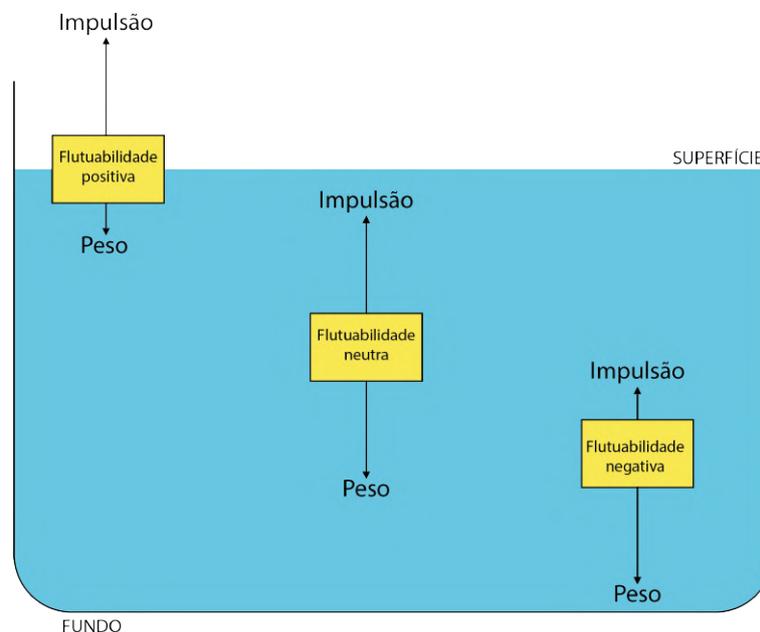
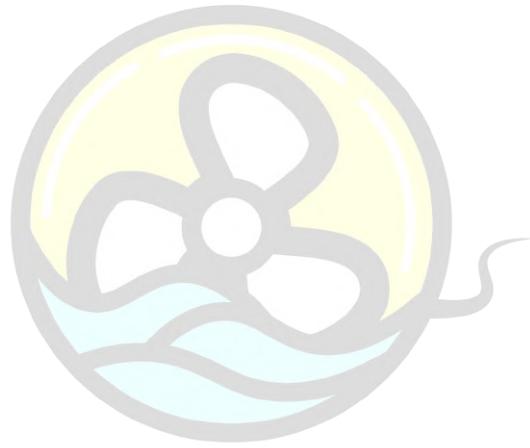


Figura 11 - Flutuabilidade dos corpos em líquidos, segundo o Princípio de Arquimedes.

O controlo da flutuabilidade dos ROVs é feito com base na alteração da sua densidade. Isso consegue-se através da colocação de materiais mais ou menos densos na sua estrutura. Se adicionarmos materiais mais densos do que a água (o chamado lastro) aumentamos o peso do ROV fazendo-o afundar (flutuabilidade negativa). A escolha de uma flutuabilidade positiva ou negativa para um ROV depende do tipo de trabalho para o qual é concebido: quando se pretende que o ROV efetue trabalhos junto ao fundo marinho, torna-se a sua flutuabilidade negativa adicionando, normalmente, chumbo. Pelo contrário, quando queremos que o ROV tenha flutuabilidade positiva, o ajuste é feito através da colocação de placas de espuma sintática, para aumentar a impulsão. Esta espuma é um material muito usado nestes veículos por ser pouco denso, flexível e ter a capacidade de suportar deformações.



ROV4ALL

KIT ROV4ALL

Versão Básica

A versão básica do kit ROV4ALL destina-se principalmente a alunos que tenham curiosidade e interesse em montar um pequeno robô submarino e que ainda não dominam a eletrónica nem a programação, mas que já têm alguns conhecimentos de eletricidade. Sendo composto por três motores, três hélices, dois botões, um joystick, um conector e uma fonte de alimentação, este kit fornece o básico para a sua movimentação dentro de água e deixa ao critério e criatividade dos alunos a criação de uma estrutura (chassi) que suporte estes componentes. Com a montagem deste kit, os alunos irão adquirir noções básicas de física e eletricidade.



ROV4ALL

4. Procedimentos de montagem - versão básica

Na Figura 12 está representado um ROV educativo construído com a versão básica do kit ROV4ALL.



Figura 12. ROV construído com o kit ROV4ALL - versão básica.

4.1. Materiais necessários

Para a construção da versão do ROV proposta neste capítulo, são necessários diversos materiais e ferramentas. Para além dos componentes fornecidos no kit (Figura 13), é ainda necessário adquirir mais alguns materiais. A lista completa do material necessário à construção é apresentada de seguida.



Figura 13. Componentes que integram o kit ROV4ALL - versão básica.

Componentes elétricos

- 1 fonte de alimentação de 12 V e 7 A *
- 1 ficha DC macho 5.5/2.1/10 mm com parafusos *
- 1 joystick *
- 2 botões de pressão *
- 10 m de cabo de rede blindado *
- 24 fios elétricos (1-1,5 mm de diâmetro e 30 cm comprimento) ^Ø
- 24 conectores *fast-on* fêmea ^Ø
- 2 barras de junção adequadas aos fios que vão utilizar (ver esquema da Figura 24, para ter noção dos tamanhos) ^Ø
- 1 ficha RJ45 fêmea blindada ^Ø
- 1 ficha RJ45 macho blindada ^Ø

Estrutura (chassi)

- 8 uniões de PVC de 90° #
- 6 uniões de PVC de formato T #
- 1 tubo de PVC de 18 cm #
- 4 tubos de PVC de 20 cm #
- 4 tubos de PVC 5 cm ^Ø
- 4 tubos de PVC 8 cm #
- 4 tubos de PVC 14 cm #

Nota: O tubo aconselhado (e respetivos acessórios) é de PVC, com 20 mm de diâmetro, e que se fixam usando cola. Em alternativa, poderão ser utilizados tubos e acessórios com rosca.

Fixação dos motores

- 6 parafusos em inox M6 – 80 mm #
- 12 anilhas de aba larga em inox M6 #
- 12 porcas em inox M6 # (para melhor fixação, o ideal será 6 das porcas serem autoblocantes)

Isolamentos e ligações

- Abraçadeiras #
- Fita isoladora #
- Cola quente ou silicone #
- Manga retrátil de 3 tamanhos (3,5 mm, 5 mm e 13 mm) #
- Solda #

Flutuabilidade

- Polistireno expandido ou cortiça #
- Abraçadeiras #

Ferramentas

- Ferro de soldar #
- Alicates #
- Alicates de cravar terminais *fast-on* #
- X-ato #
- Berbequim #
- Pistola de cola quente ou de silicone #
- Soprador de ar quente #

* Equipamento fornecido no kit (Figura 13) # Equipamento que a escola deverá ter ou adquirir

4.2. Etapas de construção

4.2.1. Construção da consola

A consola de controlo do ROV pode ser contruída em vários materiais e pode ter várias dimensões, desde que permita a montagem de todo o equipamento necessário. Recomenda-se uma consola com, pelo menos, as seguintes dimensões:

- 30 cm de comprimento
- 20 cm de largura
- 10 cm de altura

Uma forma rápida de criar uma consola é utilizar uma caixa de plástico (por exemplo, um recipiente de alimentos). Pode utilizar-se cola quente ou parafusos para fixar os componentes no interior da caixa. As ligações devem ser efetuadas de acordo com o esquema de ligação apresentado na Figura 24. A disposição do equipamento na consola também pode ser modificada de acordo com o que for mais conveniente para os utilizadores, mas o joystick tem de ter uma orientação romboidal (Figura 14).

A consola também pode ser feita em madeira ou num outro material não condutor de eletricidade. Seja qual for o material escolhido será necessário fazer furos na parte superior para conseguir instalar quer o joystick quer os botões.



Figura 14. Consola ROV4ALL onde são visíveis o joystick, à direita (em posição romboidal), e à esquerda os botões de subida e de descida.

4.2.2. Construção do chassi

O chassi do ROV deve ser leve, mas capaz de suportar todos os componentes que o constituem. Os materiais mais versáteis para construir os ROVs educativos são os tubos de plástico PVC.

O chassi é totalmente personalizável, podendo ser construído com um design diferente do que é apresentado neste documento. Pode, inclusivamente, ser feito com outro tipo de materiais, desde que esse modelo cumpra os requisitos de funcionalidade. Antes de iniciar a construção do chassi é importante fazer um esboço esquemático para ter noção do comprimento dos tubos e do número de cotovelos e uniões “T” necessárias.

O procedimento de construção do modelo aqui apresentado (Figura 15) é o seguinte:

1. Cortar os tubos PVC com as dimensões indicadas na Figura 16;
2. Encaixar e colar, com cola própria para PVC, as respetivas uniões de acordo com a Figura 17;
3. Fazer vários furos por toda o chassi do ROV para permitir a entrada de água.

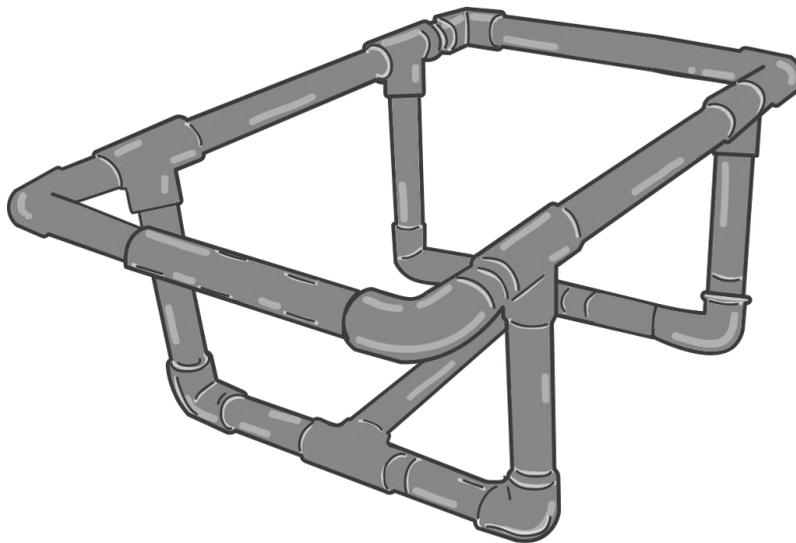
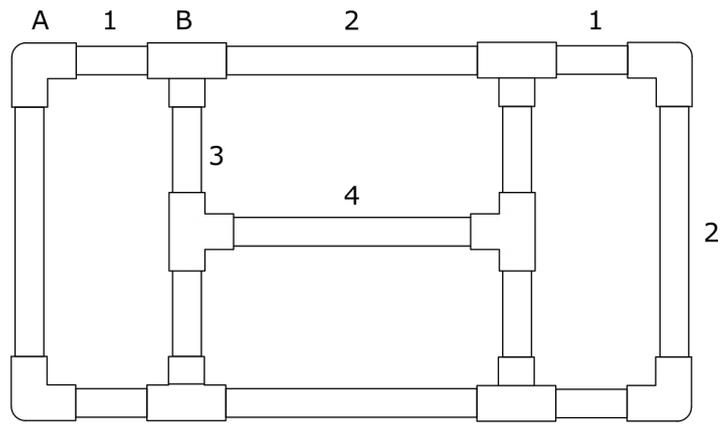
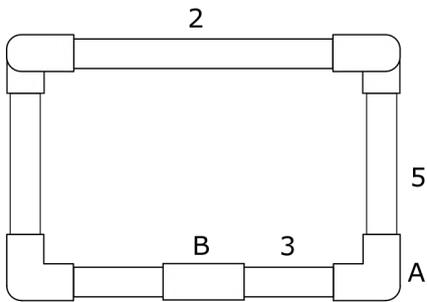


Figura 15. Ilustração do chassi do ROV proposto neste manual.

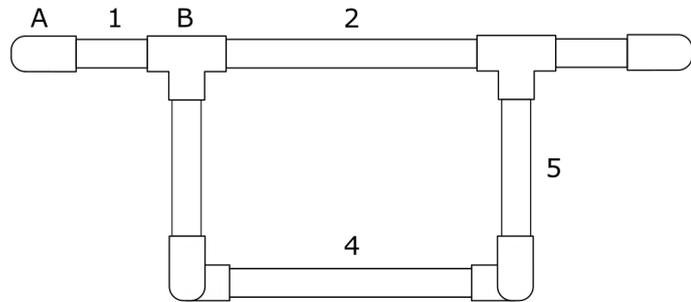
- 8 uniões PVC 90° (A)
- 6 uniões PVC T (B)
- 1 tubo de 18 cm (4)
- 4 tubos de 5 cm (1)
- 4 tubos de 20 cm (2)
- 4 tubos de 8 cm (3)
- 4 tubos de 14 cm (5)



Vista de topo



Vista frontal



Vista lateral

Figura 16. Esquema do chassi do modelo de ROV descrito neste manual.

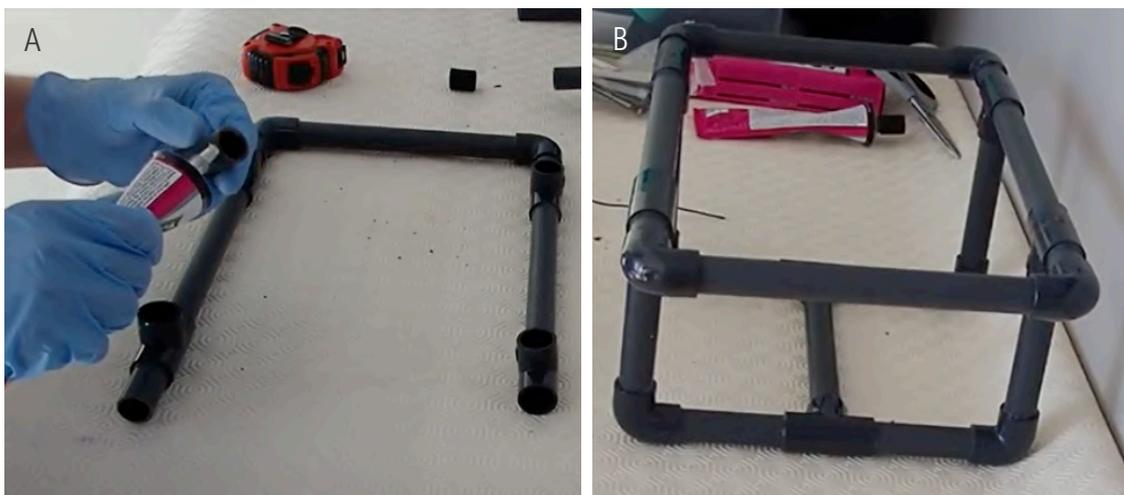


Figura 17. Processo de encaixe e colagem (A) da estrutura do ROV proposto neste manual (B).

4.2.3. Montagem dos motores no chassi

Os sistemas de propulsão dos ROVs são compostos por motores aos quais estão acopladas hélices. É o movimento das hélices que faz o ROV deslocar-se na água. Os motores usados na construção do ROV aqui proposto são de corrente contínua, estão isolados e no seu eixo têm uma hélice de 3 pás (Figura 18). Como os motores podem ter sentidos de rotação opostos - CW¹ ou CCW² - é importante realizar um teste para verificar esse movimento em cada um dos motores. Esta informação será bastante útil durante a realização das ligações dos motores, pelo que se recomenda efetuar este teste antes de iniciar a montagem do ROV e é descrito de seguida.



Figura 18. Motores com as respetivas hélices.

Verificação do sentido de rotação dos motores (e das hélices)

1. Retirar a hélice do eixo, anotando o lado que está virado para o motor;
2. Colar com fita-cola uma tira de papel ao eixo (Figura 19);
3. Ligar cuidadosamente o terminal vermelho do motor à saída positiva (+) do conector da fonte de alimentação (fornecido) e o terminal preto à saída negativa (-) (Figura 19);
4. Segurar firmemente o motor antes de ligar a fonte de alimentação ao conector, pois o motor vai girar à velocidade máxima;

¹ Abreviatura inglesa para a expressão sentido dos ponteiros do relógio ou sentido horário (*clockwise*).

² Abreviatura inglesa para a expressão sentido contrário aos ponteiros do relógio ou sentido anti-horário (*counterclockwise*).

5. Verificar para que lado o papel roda com o eixo do motor virado para o observador. Se rodar para o lado direito - sentido dos ponteiros do relógio - o motor é CW; se rodar no sentido contrário aos ponteiros do relógio, o motor é CCW. Marcar os motores como CW ou CCW;
6. Encaixar as hélices e confirmar que as pás da hélice não tocam no motor, ou seja, que giram livremente. Se estiverem a tocar no motor puxe-as, vire-as e volte a encaixar para ficarem de acordo com o anotado no ponto 1.

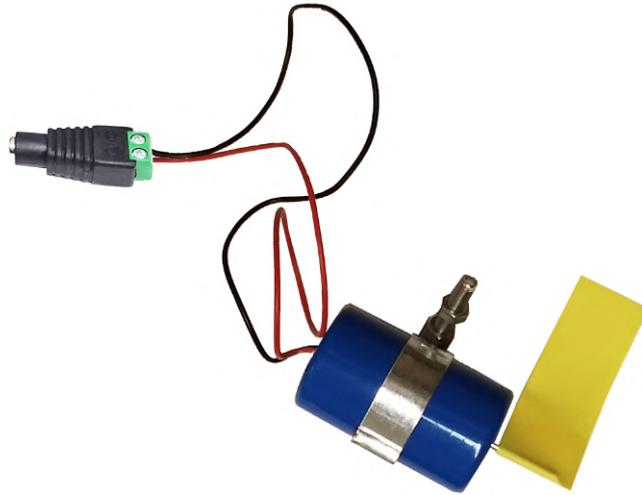


Figura 19 - Motor com fita de papel no eixo para identificar o sentido de rotação e ligado ao conector.

Fixação dos motores no chassi

Para montar os motores é necessário furar a estrutura que compõe o chassi. Sugere-se a utilização de um berbequim para esse efeito. São também necessários parafusos, anilhas, porcas e abraçadeiras, conforme previamente indicado na lista de material.

Dois dos motores devem ser fixados na horizontal, na zona traseira do ROV, um em cada lado, e o terceiro deve ser fixado verticalmente, na zona central do ROV (Figura 20). Os motores horizontais vão propulsionar o veículo para a frente ou para trás, enquanto o motor vertical permitirá que o veículo efetue movimentos verticais (para cima ou para baixo).

Proceder do seguinte modo:

1. Fazer dois furos em cada tubo vertical com uma distância entre eles que permita encaixar os parafusos que serão usados para prender os motores como se pode observar na Figura 21;
2. Colocar uma porca e uma anilha em cada parafuso e inseri-los nos furos. Colocar mais uma anilha e uma porca (preferencialmente autoblocante) e enroscar até fixar os parafusos ao chassi;

3. Fixar os motores entre os parafusos com abraçadeiras, orientando as hélices para a traseira. Para facilitar os passos seguintes, instale o motor CW no lado direito do veículo e o CCW no lado esquerdo (visto da perspetiva traseira), tal como na Figura 20.

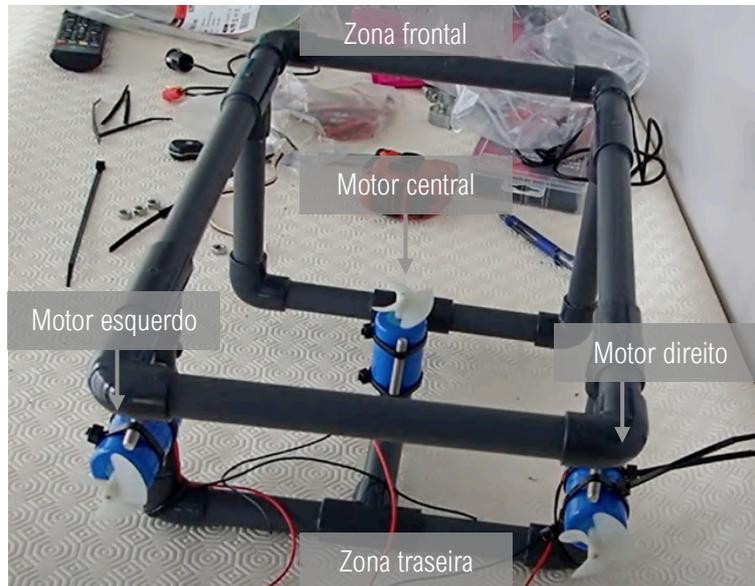


Figura 20 - Chassi do ROV com os 3 motores instalados.



Figura 21 - Processo de fixação dos motores ao chassi do ROV.

4.2.4. Preparação dos fios elétricos

Todos os fios que forem usados para as ligações elétricas têm de ser previamente preparados. Isto significa que têm de ser descarnados em cerca de 1 cm (com um descarnador ou, na sua falta, com um alicate ou tesoura) e no caso de serem fios multifilamento, devem ser também estanhados como se indica de seguida.

1. Aplicar calor com o ferro de soldar sobre os fios de cobre e deixar 3 a 4 segundos para que o cobre adquira a temperatura adequada;
2. Acrescentar a solda de estanho sobre o fio e tocar com o ferro de soldar para que derreta sobre o fio. As soldaduras brilhantes e côncavas indicam uma união bem efetuada enquanto as que se apresentam com a forma de bolhas e são opacas indicam uma má soldadura.

4.2.5. Ligações elétricas dos motores ao cabo umbilical

Os motores devem ser ligados ao cabo de rede (umbilical) da forma que se descreve de seguida (é preciso verificar previamente se os motores são CW ou CCW, de acordo com a explicação descrita em 4.2.3).

- Motor **traseiro direito CCW**:
 - Fio azul do umbilical com o fio vermelho do motor;
 - Fio azul e branco do umbilical com o fio preto do motor.
- Motor **traseiro direito CW**:
 - Fio azul e branco do umbilical com o fio vermelho do motor;
 - Fio azul do umbilical com o fio preto do motor.
- Motor **traseiro esquerdo CCW**:
 - Fio verde do umbilical com o fio vermelho do motor;
 - Fio verde e branco do umbilical com o fio preto do motor.
- Motor **traseiro esquerdo CW**:
 - Fio verde e branco do umbilical com o fio vermelho do motor;
 - Fio verde do umbilical com o fio preto do motor.
- No caso de o motor **central** ser **CW**:
 - Umbilical laranja com vermelho do motor;
 - Umbilical laranja e branco com o preto do motor.
- No caso de o motor **central** ser **CCW**:
 - Umbilical laranja e branco com o vermelho do motor;
 - Umbilical laranja com o preto do motor.

4.2.6. União e isolamento dos fios dos motores

1. Inserir as mangas termorretráteis nos fios antes de os soldar (1 manga para revestir cada união de fios; 1 manga para envolver cada par de fios unidos; 1 manga para o conjunto total de fios unidos, neste caso, 8 fios, dois de cada motor e 2 que não são ligados a nada) (Figura 22 e Figura 23);
2. Aplicar calor com o ferro de soldar sobre os fios a unir e deixar 3 a 4 segundos para que o metal adquira a temperatura adequada;
3. Acrescentar a solda sobre os fios sobrepostos e tocar com o ferro de soldar para que derreta sobre a união e deixar arrefecer;
4. Aplicar cola quente ou silicone sobre as uniões dos fios e, logo de seguida, sem deixar secar e com cuidado para não se queimar, puxar a manga para cima da soldadura e aplicar ar quente para retrain a manga à volta da ligação. No total, são utilizadas 13 mangas (as mais pequenas para as uniões entre fios, as médias para uniões de pares de fios e a maior para o conjunto dos 8 fios, já isolados, com o umbilical).

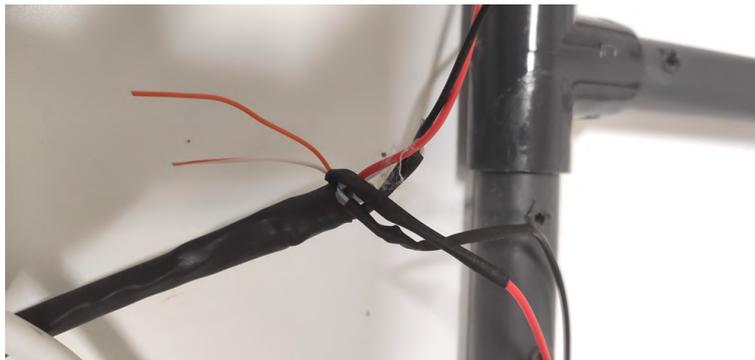


Figura 22. Uniões de fios isolados com manga termorretrátil.

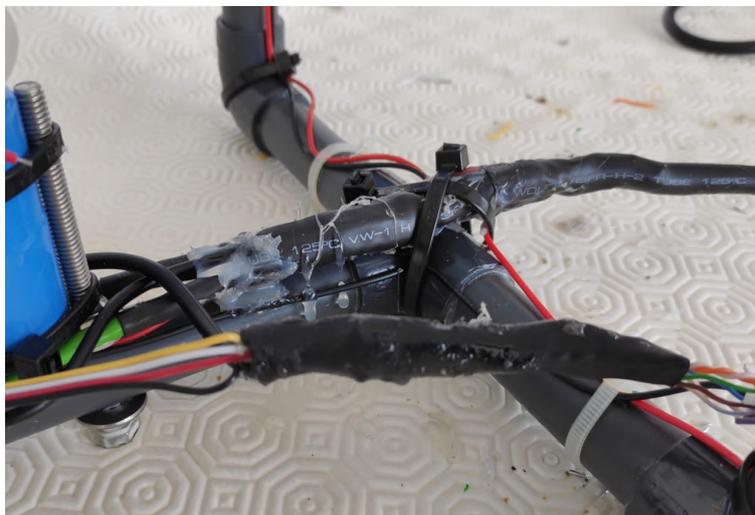


Figura 23. Ligações completamente isoladas com mangas termorretráteis.

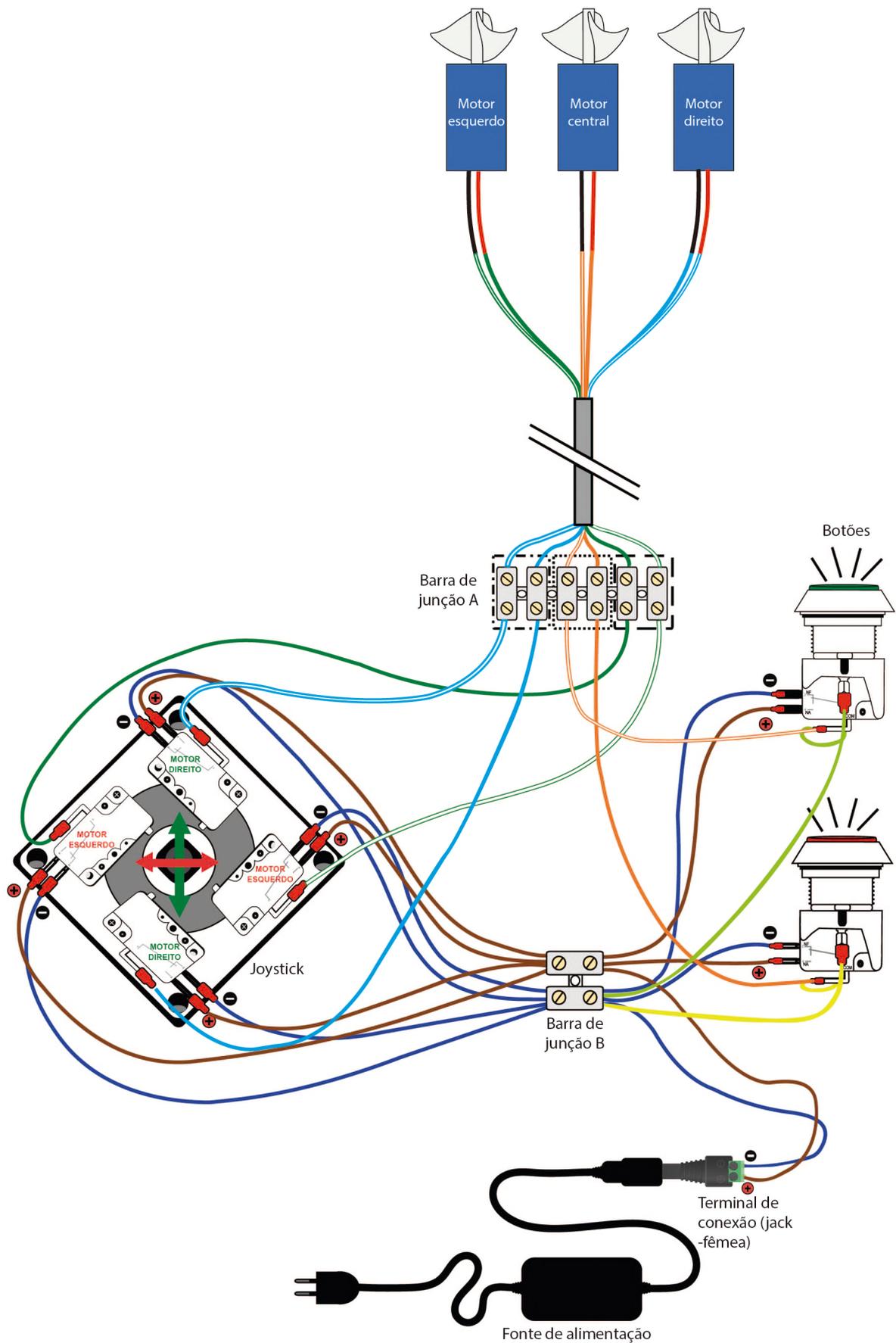


Figura 24. Esquema ilustrativo das ligações elétricas que devem ser efetuadas no entre os vários componentes do ROV básico. Adaptado de Costa 2017.

4.2.7. Instalação dos componentes elétricos da consola

Nos esquemas ilustrados apresentados neste manual utilizaram-se as seguintes combinações de cores de fios elétricos:

- 7 fios elétricos de cor castanha
- 7 fios elétricos de cor azul escuro
- 1 fios elétricos de cor verde escuro
- 1 fios elétricos de cor verde escuro e branco
- 1 fios elétricos de cor azul claro
- 1 fios elétricos de cor azul claro e branco
- 1 fios elétricos de cor laranja
- 1 fios elétricos de cor laranja e branco
- 2 fios elétricos de cor verde clara (1 deverá ser mais pequeno, por ex. com 10 cm)
- 2 fios elétricos de cor amarela (1 deverá ser mais pequeno, por ex. com 10 cm)

Caso utilize fios de outras cores, adeque-os para ficarem de acordo com o esquema apresentado na Figura 24. Todos os passos seguintes se referem ao que está apresentado no referido esquema.

1. Cravar com um alicate os conectores *fast-on* fêmea numa das extremidades de 22 dos 24 fios elétrico indicados na listagem de material. Devem ser cravados (apertados) usando, preferencialmente, um alicate próprio para esse efeito. Os conectores *fast-on* facilitam as conexões e evitam falhas no circuito elétrico. É de salientar que uma das extremidades de cada um dos cabos de 10 cm (verde claro e amarelo) é cravada ao conector *fast-on* juntamente com o fio de saída que vai do comutador para o motor;

NOTA: Se por algum motivo não for possível adquirir fios elétricos (de maior diâmetro), poderão ser usados os fios diretamente do cabo umbilical (cabo de rede). Neste caso, os conectores *fast-on* devem ser soldados aos fios para garantir que não se soltam, uma vez que são muito finos para este tipo de conectores. **Em nenhuma situação deverá soldar fios diretamente aos conectores dos botões e do joystick.**
2. Encaixar os conectores *fast-on*, previamente cravados, nas linguetas dos comutadores do joystick e dos botões;
3. Ligar a extremidade dos fios correspondentes às saídas dos botões e a extremidade dos cabos do joystick à barra de junção B (Figura 24);
4. Ligar cada um dos 6 fios provenientes dos motores à barra de junção A (Figura 24);

5. Ligar a barra de junção que reúne todos os fios vindo do joystick e botões ao terminal de conexão jack-fêmea. Ter em atenção as polaridades do conector: o fio azul deve ligar ao polo negativo e o castanho ao positivo do conector da fonte de alimentação.

Nesta fase, o ROV estará concluído e faltam apenas os testes de funcionamento e flutuabilidade que se explicam na etapa seguinte. É importante que todas as ligações estejam bem isoladas antes de colocar o ROV na água.

*Nota: Caso se pretenda construir uma consola que seja separável do veículo, poderá ser usado um conector RJ45 fêmea na consola e um conector RJ45 macho no umbilical, ou qualquer outro par de conectores (macho e fêmea) que permita ligar no mínimo seis fios. Se utilizar conectores RJ45 deverá cravar todos os 8 fios nos conectores, mesmo os não utilizados e deverá ser respeitada a ligação conforme a norma T-568A ou T-568B, quer no conector fêmea quer no macho (Figura 25).

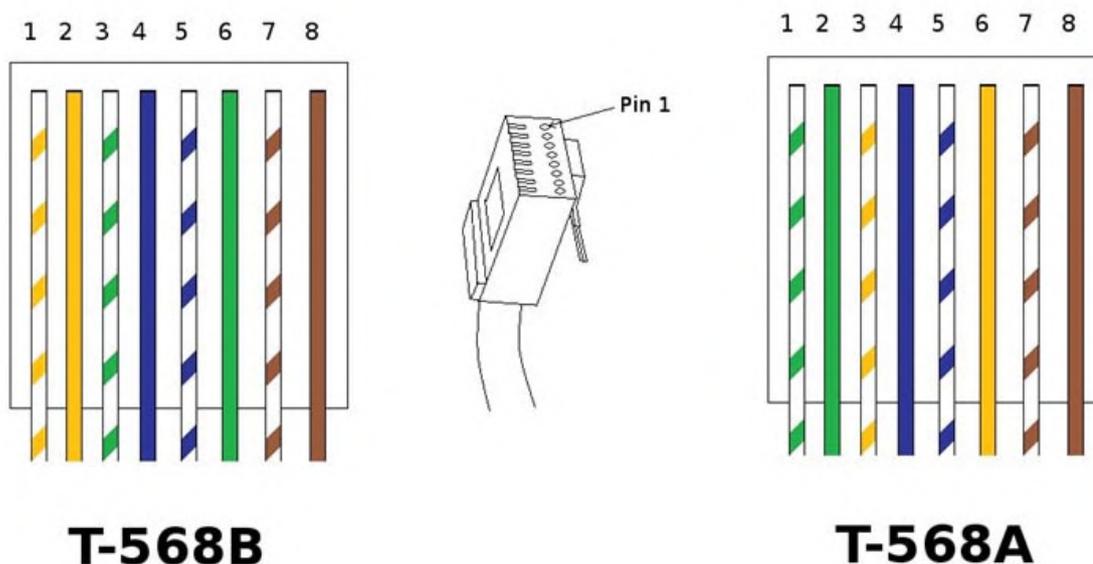


Figura 25. Esquema ilustrativo da ligação dos fios no conector, de acordo com a norma T-568A e T-568B. Fonte: <http://www.comnen.com/>

4.3. Testes de flutuabilidade e funcionamento

Para o correto funcionamento do ROV na água é necessário que o veículo tenha flutuabilidade aproximadamente neutra, isto é, que não tenha tendência nem a flutuar nem a afundar, devendo permanecer um pouco abaixo da superfície da água. Para além disso, o ROVs deverá estar equilibrado, ou seja, manter-se na horizontal sem descair para nenhum lado. Essa flutuabilidade e equilíbrio necessários ao bom funcionamento do ROV são conseguidos através da colocação de pontos de flutuação que podem ser

pedaços de polistireno expandido, cortiça ou outro material de densidade baixa, e que podem ser presos com abraçadeiras, e de lastro (algum tipo de material denso, por exemplo, chumbos de pesca). Geralmente, a necessidade de flutuação costuma estar na metade traseira do ROV devido ao peso dos motores nesta zona. Deverá ter-se em atenção que o material utilizado não absorva água, garantindo assim que o ROV se mantém estável e com a mesma flutuabilidade mesmo depois de muito tempo dentro de água.

Os testes deverão ser feitos num tanque ou numa piscina de forma a garantir que consegue manobrar o ROV para confirmar e ajustar a sua flutuabilidade e operacionalidade. O ROV deverá estar próximo da superfície, mas sempre submerso. Para atingir a flutuabilidade e equilíbrio necessários deverá ser acrescentado ou retirado material flutuante e/ou lastro.

Antes de adicionar material flutuante, é importante garantir que não existe ar dentro do chassi do ROV. Esse ar deverá sair pelos furos feitos aquando da construção a estrutura em PVC. A entrada de água nos tubos pode ser facilitada submergindo energeticamente o ROV até o chassi fique totalmente preenchido de água.

Depois de garantir a flutuabilidade e equilíbrio do ROV, deverão ser testados os botões (que acionam o motor central) e o *joystick* (que aciona os motores traseiros). Se tudo funcionar devidamente, o ROV está finalizado!



ROV4ALL

KIT ROV4ALL

Versão avançada

O kit avançado rov4all destina-se a alunos que já tendo noções básicas de eletrônica, eletricidade e programação pretendam aplicar ou aprofundar os seus conhecimentos num projeto diferente do habitual. Este kit educativo é composto por diversos componentes comandados através de uma placa Arduino (ex. sensor de temperatura, motores, botões, joystick, exceto a câmara de filmar que é independente). Com este kit os alunos irão construir e programar um robô submarino, que simula algumas das operações básicas de controlo de um ROV real.



ROV4ALL

5. Procedimentos de montagem - versão avançada

Na Figura 26 está representado o ROV educativo construído com o kit ROV4ALL - versão avançada. Difere da versão básica porque tem câmara, ecrãs, sensor de temperatura e iluminação. O seu controlo é feito através de uma consola que contém um Arduino.



Figura 26. ROV construído com o kit ROV4ALL - versão avançada.

5.1. Materiais necessários

Para a construção do ROV4ALL avançado aqui proposto, são necessários os materiais e as ferramentas que se indicam de seguida. Os componentes que são fornecidos no kit podem ser observados na Figura 27.



Figura 27. Componentes que integram o kit ROV4LL - versão avançada.

Componentes elétricos e eletrónicos

- 1 fonte de alimentação de 12V e 7^a *
- 1 ficha DC macho 5.5/2.1/10 mm com parafusos *
- 3 motores isolados *
- 1 câmara de estacionamento com cabo de vídeo *
- 1 monitor LCD *

- 1 sensor de temperatura DS18B20 *
- 1 placa arduino compatível *
- 1 *breadboard* de 400 contactos *
- 1 potenciómetro 10 Kr *
- 16 cabos macho-macho (são fornecidos 65) *
- 20 cabos macho-fêmea (são fornecidos 40) *
- 2 resistências de 470 R *
- 2 LEDs de 12 V *
- 1 ecrã com I2C 16 x 2 *
- 2 controladores L298N *
- 1 módulo grove – botão luminoso amarelo *
- 1 módulo grove – botão luminoso azul *
- 1 módulo grove – botão luminoso vermelho *
- 1 módulo grove – joystick de polegar *
- 2 cabos de rede blindados de 10 m cada *
- 1 caixa com cerca de 30 x 20 x 15 cm (pode ser de plástico, madeira ou outro material não condutor de eletricidade)⁰

Componentes necessários que não vêm no kit

- Saquetas pequenas de sílica-gel ou 1 tampão feminino
- 2 conectores RJ45 fêmea blindados (opcional)
- 2 conectores RJ45 macho blindados (opcional)

* *Equipamento fornecido no kit*

⁰ *Equipamento que a escola deverá ter ou adquirir*

O restante material necessário (para a construção do chassi, isolamento, ligações, fixação dos motores, flutuabilidade e ferramentas) é o mesmo que foi indicado para a versão básica (ver secção 4.1).

5.2. Caracterização de alguns componentes

5.2.1. Arduino

As placas Arduino são utilizadas para o desenvolvimento de pequenos projetos eletrônicos. Estas placas usam microprocessadores e controladores e estão equipadas com conjuntos de pinos de entrada/saída digital e analógica, que podem ser conectados a placas de expansão ou placas de ensaio e a outros circuitos. Possuem uma interface *Universal Serial Bus* (USB) utilizada para enviar a programação feita no computador para o respectivo microcontrolador. A placa UNO é uma das mais utilizadas e é baseada no microcontrolador ATMEGA328P. Na Figura 28 é mostrado o Arduino Uno original, mas no kit ROV4ALL é fornecida uma placa compatível que utiliza o mesmo microcontrolador.

Características do Arduino Uno

- 20 pinos de entrada/saída digitais, com resistores de *pull-up* embutidos, sendo 6 saídas analógicas de 8 bits (PWM) e 6 entradas analógicas de 10 bits
- Relógio de cristal de quartzo de 16 MHz
- Botão *reset*
- Porta USB
- Conector DC de 2,1 mm (tensão de entrada 6-12 V)
- Tensão de operação: 5V
- Corrente de saída do pino: 40 mA
- Memória Flash de 32 KB e SRAM de 2 KB
- Comunicação de barramento SPI e Barramento I2C
- Três temporizadores/contadores e interrupções

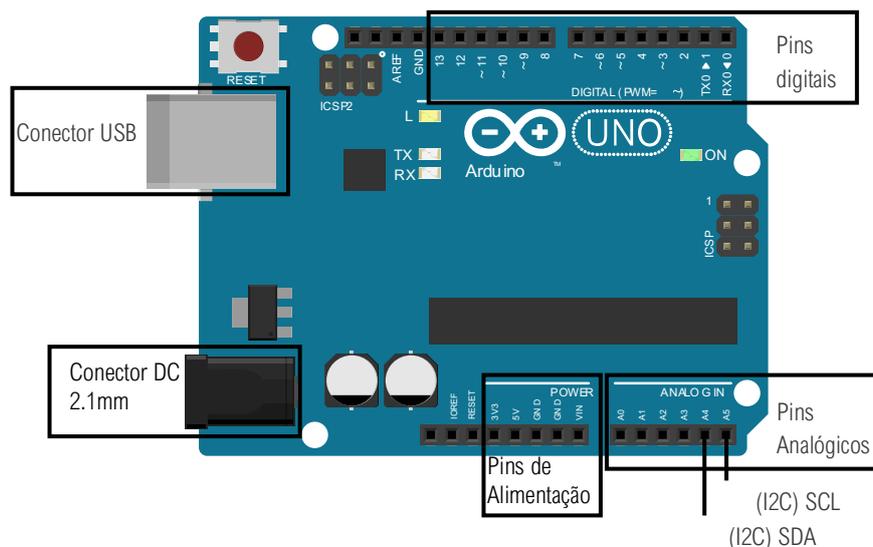


Figura 28. Identificação dos componentes da placa Arduino Uno.

A programação da placa Arduino é feita com as linguagens de programação C e C++ recorrendo ao software Arduino *Integrated Development Environment (IDE)* (Figura 29), que é uma aplicação compatível com os sistemas operativos Windows, macOS e Linux. Este software pode ser descarregado em <https://www.arduino.cc/en/main/software>

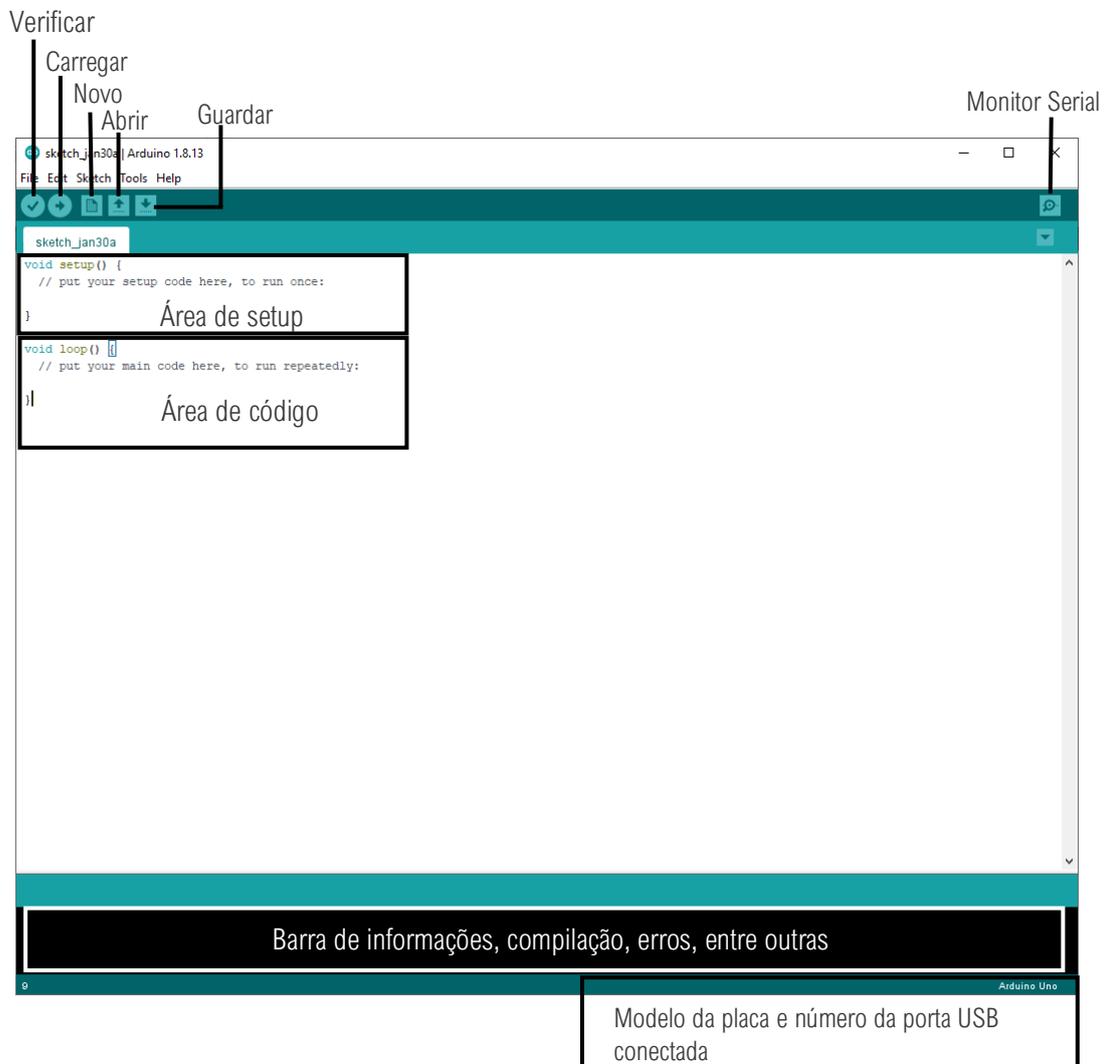


Figura 29. Arduino IDE. Fonte: <https://www.arduino.cc/en/main/software>.

Em alguns casos, é necessário selecionar manualmente a placa no IDE antes de iniciar a comunicação com a mesma. Para isso, deverá ser selecionada a opção *Tools* seguida de *Port* e, finalmente, a opção “*Arduino/Genuino Uno*”, como na Figura 30.

O código para o Arduino funcionar com todos os componentes descritos neste manual está no fim deste documento e também pode ser descarregado em <https://oom.arditi.pt/rov4all>.

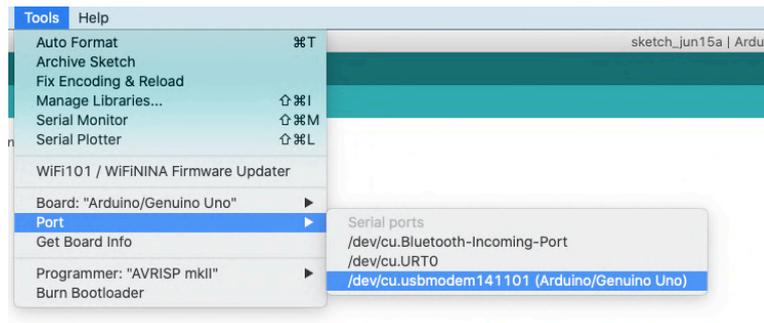


Figura 30. Selecionar porta do Arduino.

5.2.2. Joystick

O joystick fornecido no kit ROV4ALL é um Grove - Thumb Joystick (Figura 31), semelhante ao joystick analógico presente na PlayStation 2. Este joystick permite o controlo dos motores traseiros do ROV, incluindo a sua velocidade de rotação. No entanto, neste kit é fornecido um controlador de velocidade (potenciômetro) independente do joystick.



Figura 31. Grove - Thumb Joystick.

Os eixos X e Y do joystick são dois potenciômetros de aproximadamente 10 k que controlam o movimento 2D, gerando sinais analógicos. O joystick também funciona como botão (função que não é usada neste modelo de ROV). O módulo quando está em funcionamento devolve dois valores correspondentes à deslocação nos X e Y.

O joystick deverá ser montado na mesma orientação que está indicada na Figura 31 (com o conector para a esquerda) e deverá ser ligada a saída X à porta A0 do Arduino e a saída Y à porta A1. O respetivo GND (*GrouND*) e VCC (*Voltage Common Collector*) devem ser ligados seguindo o esquema de ligação indicado na Figura 50).

A saída VRX envia os valores do movimento no eixo do X e a saída VRy envia os valores do movimento do eixo do Y para o Arduino. Para a ligação deste componente deve consultar a secção que explica o procedimento de ligação com conector Grove (secção 5.3.9). Aquando da programação, caso deseje adaptar o código que fornecemos às suas necessidades, deverá utilizar como referência os valores dos eixos presentes na Figura 32. Deverá ainda utilizar um intervalo de valores para a posição neutra, para evitar que sejam acionados acidentalmente os motores quando o joystick está imóvel.

Mais informações poderão ser consultadas na página do fabricante, no seguinte link: http://wiki.seeedstudio.com/Grove-Thumb_Joystick/.

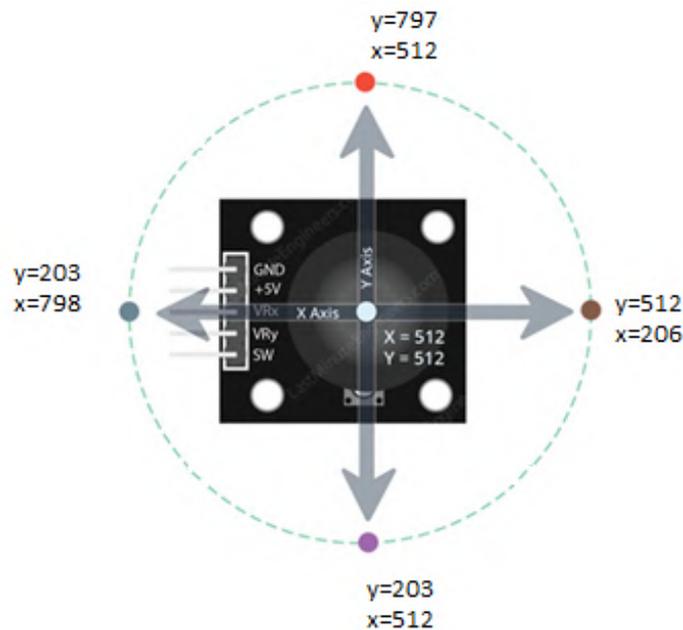


Figura 32. Valores de saída para cada eixo.

5.2.3. Botões Luminosos

Os botões Grove fornecidos incluem um LED embutido (Figura 33) que pode ou não ser ligado. Dois dos botões (amarelo e azul) são utilizados para controlar o motor central (subir e descer) e o terceiro (vermelho) servirá para reiniciar o Arduino, caso este deixe de responder.

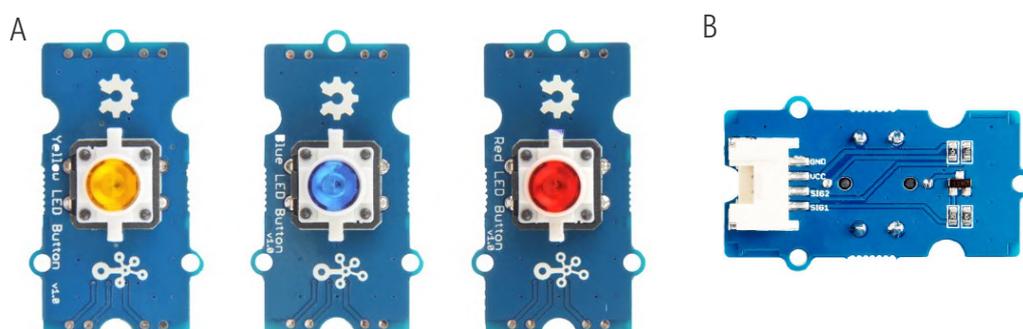


Figura 33. Botões luminosos (A) e conector traseiro (B).

Os terminais SIG1 dos conectores de cada botão são utilizados para ligar ou desligar os respetivos LEDs e os terminais SIG2 são utilizados para indicar se o botão foi pressionado. Na entrada GND deve ser ligado o GND e na entrada VCC deve ser ligado o VCC ou 5V. Para a ligação destes componentes deve consultar a secção 5.3.9.

Mais informações poderão ser consultadas na página do fabricante, no seguinte link: https://wiki.seeedstudio.com/Grove-LED_Button/.

5.2.4. Sensor de temperatura

O sensor de temperatura fornecido no kit ROV4ALL é o DS18B20. Este sensor é resistente à água e vem com um adaptador Velleman VMA324 (Figura 34). Este sensor é composto por 3 fios: o vermelho é o VCC, o preto é o GND e o amarelo é o de sinal. O sensor mede temperaturas entre -10 °C e 125 °C. Para obter mais informações sobre este sensor basta pesquisar por “DS18B20” em qualquer motor de busca.



Figura 34. Sensor de temperatura DS18B20 com adaptador Velleman VMA324.

5.2.5. Breadboard

A placa de ligação representada na Figura 35 é conhecida como *breadboard*. No kit é fornecida uma placa de 400 contactos que é suficiente para as ligações necessárias. Estas placas têm a particularidade de a zona de alimentação ter os barramentos ligados de forma horizontal e na zona de trabalho de forma vertical. Isto significa que os conectores de cada uma das linhas horizontais possuem o mesmo sinal, assim como os conectores de cada uma das linhas verticais (A-E e F-J).

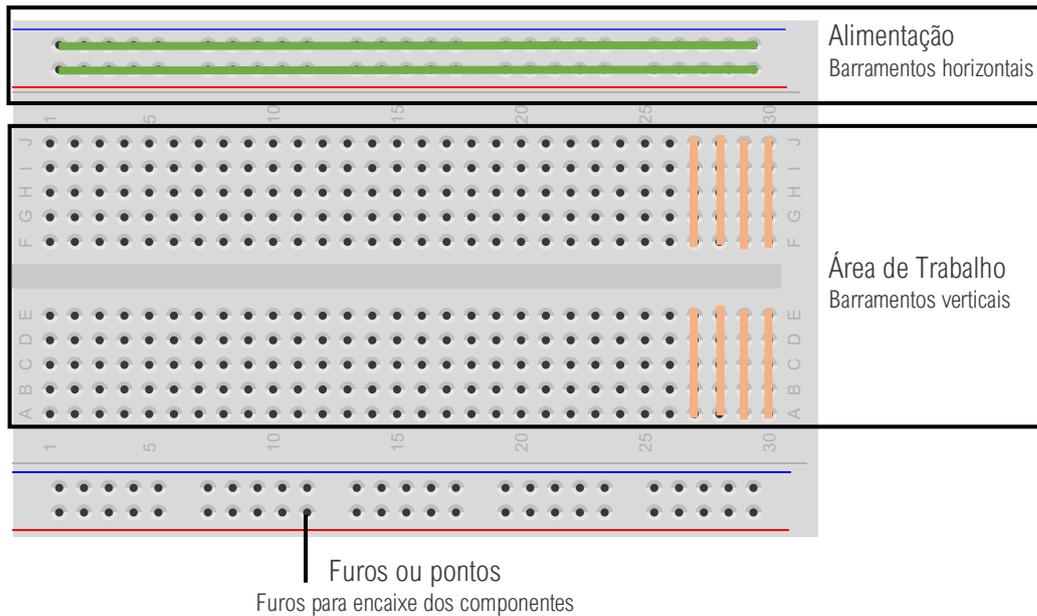


Figura 35 – Breadboard.

5.2.6. Potenciômetro

O potenciômetro fornecido é um potenciômetro linear com veio de carvão de 10kr (Figura 36) que é utilizado para controlar a velocidade de rotação dos motores. A este potenciômetro são ligados 3 cabos, o de VCC, GND e sinal.



Figura 36 – Potenciômetro.

5.2.7. Display LCD

O display LCD fornecido no kit contém um adaptador I2C (Figura 37). O I2C permite o funcionamento do ecrã utilizando apenas 4 fios: VCC, GND, SDA e SCL. O ecrã é composto por 2 linhas de 16 colunas de caracteres, com luz de fundo azul.

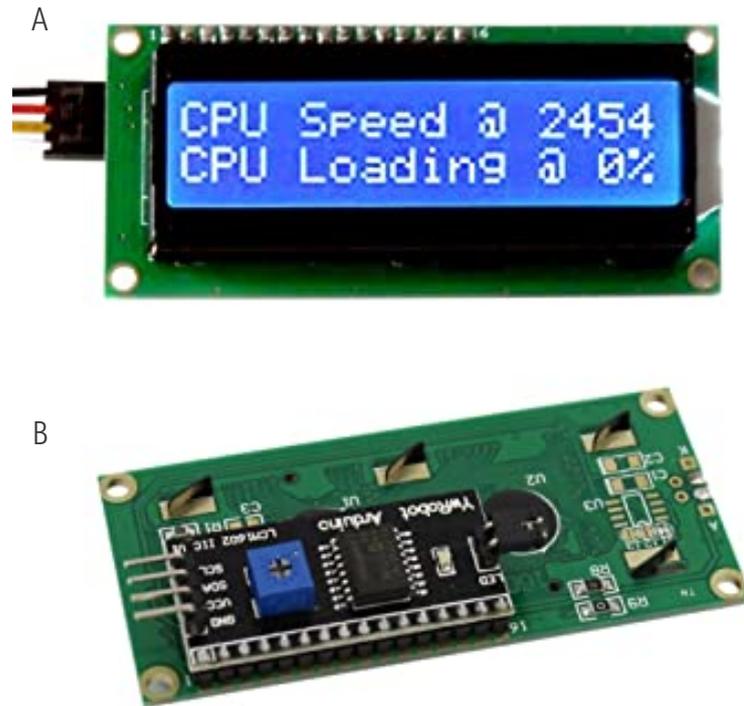


Figura 37. Display LDC de 16 x 2 caracteres (A) e conector I2C (B).

5.2.8. Motores

Os motores fornecidos com o kit são isolados, incluem hélices de 3 pás (Figura 18) e podem ser CW ou CCW, o que pode alterar as ligações. Neste caso é importante realizar um teste de modo a verificar o tipo de motor (ver secção 4.2.3)

5.2.9. Controlador

O controlador L298N é utilizado para controlar quais os motores que devem ser ativados e a que velocidade devem rodar. Cada controlador permite ligar até dois motores, pelo que são necessários dois controladores para ligar os 3 motores do ROV4ALL. Ao controlador é ligada a fonte de alimentação (de 12 V) através de dois fios. São ligados também 6 fios provenientes do Arduino, 3 para cada motor. O controlador tem ainda 4 conexões de saída, 2 para cada motor (Figura 38).

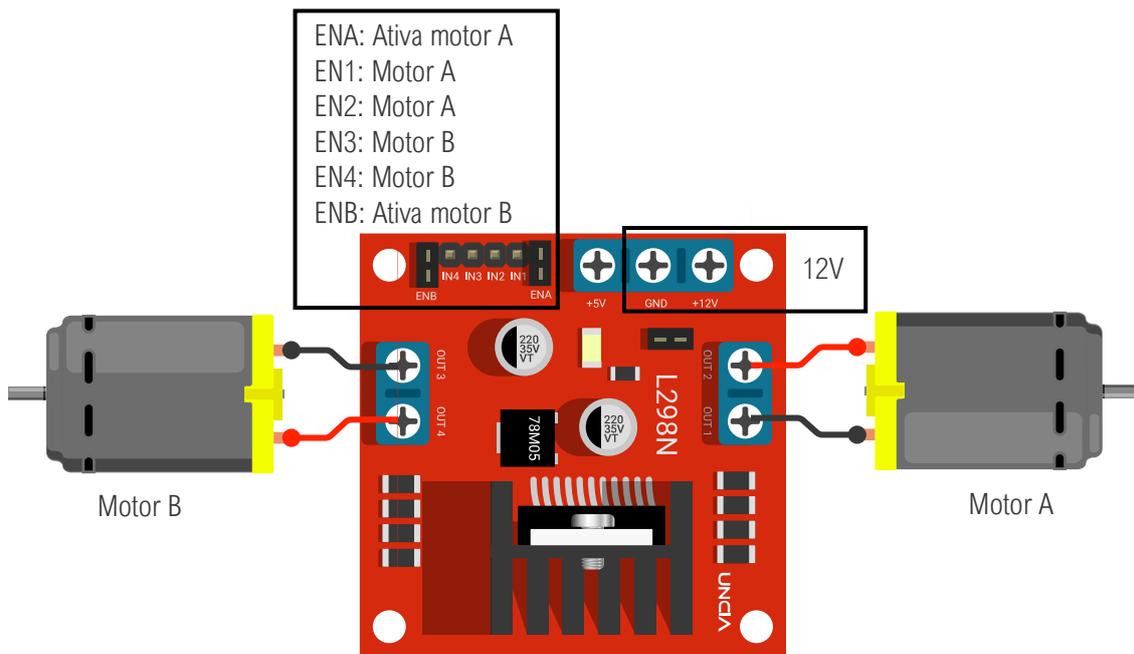


Figura 38. Controlador L298N.

5.2.10. Monitor LCD rebatível e câmara de filmar

No kit é fornecido um sistema de vídeo que não tem ligação com a parte eletrónica (Arduino e respetivos módulos), ou seja, funciona de forma independente. No entanto, a alimentação de 12 V é partilhada com os motores. Este sistema é composto por uma câmara, um monitor LCD rebatível e um cabo (Figura 39) que deverá ser preso, por exemplo com abraçadeiras, ao umbilical do ROV. O monitor deverá ser instalado na consola enquanto que a câmara e respetivas ligações deverão ser isoladas na caixa estanque fornecida no kit e deve ser fixada ao chassi do ROV.



Figura 39. Monitor (A), câmara (B) e cabos de imagem e alimentação (C).

5.3. Etapas de construção

5.3.1. Construção da consola

A consola de controlo pode ser contruída em qualquer material e tamanho, desde que permita a montagem de todo o equipamento e que seja de um material não condutor (por exemplo, plástico ou madeira). Recomenda-se uma consola com, pelo menos, as seguintes dimensões:

- 30 cm de comprimento
- 20 cm de largura
- 15 cm de altura

Uma forma rápida de criar uma consola é utilizar uma caixa de plástico, por exemplo, um recipiente de alimentos. Pode utilizar-se cola quente para fixar os componentes na caixa.

Na parte superior da consola deverão ser feitos furos adequados à instalação dos botões e restantes componentes do ROV, como é visível na Figura 40. A disposição dos componentes na consola (botões, joystick, ecrãs e potenciómetro) pode ser modificada, mas deverá ter em atenção que o botão de reset deve ficar distante dos restantes botões que controlam os motores para evitar um *reset* acidental do Arduino.



Figura 40. Exemplo de consola construída para o kit ROV4ALL - versão avançada, onde é visível o joystick, os botões de subir e descer, de reiniciar o sistema, o potenciómetro, o mostrador do sensor de temperatura e o monitor da câmara de filmar.

De forma a facilitar o transporte do ROV e respetiva consola, preservando as ligações, poderão ser utilizados conectores RJ45 fêmea na consola e RJ45 macho nos cabos, com os apresentados na Figura 41. **Caso opte por este tipo de conector, deverá identificar de forma clara qual o cabo de 5 V e qual o cabo de 12 V (Figura 43) para não trocar os cabos.**

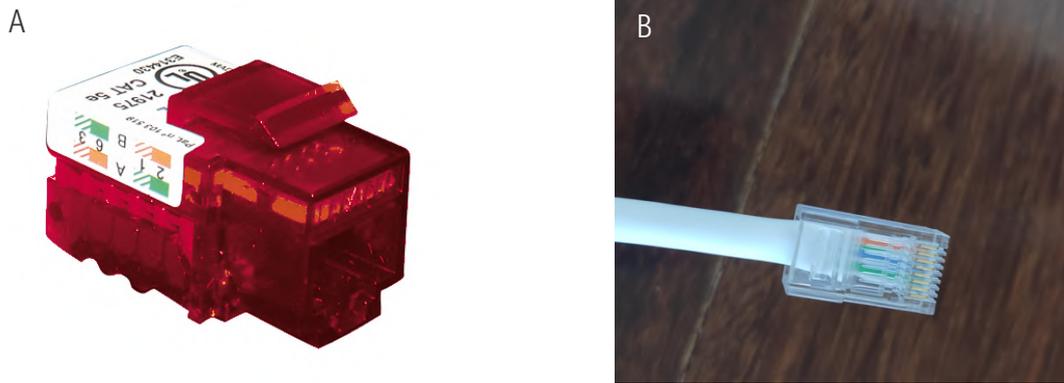


Figura 41 - Conector RJ45 fêmea (A) e conector RJ45 macho (B).

Em alternativa, poderá ser utilizada uma ou duas barras de junção (Figura 42), ligando diretamente o umbilical à consola. Com esta barra continua a ser importante ter em atenção que cabos são de 12V e quais são 5 V. De forma a evitar problemas, é recomendado utilizar duas barras em separado: uma barra para as ligações de 12 V e outra para as ligações de 5 V.



Figura 42. Barra de junção.

Deve ser dada especial atenção à localização do conector de alimentação e aos conectores de comunicação com o veículo (fichas RJ45 fêmea onde se liga o umbilical). Idealmente estes conectores devem situar-se na parte inferior da consola. Olhando de frente para a consola, a conexão com a fonte de alimentação deve situar-se na parte traseira esquerda e as conexões do umbilical e ligação do monitor retrátil da câmara na zona lateral direita (Figura 43). Recomenda-se ainda a realização de um furo na parte frontal da caixa que permita ligar o Arduino ao computador para o caso de ser necessário realizar alguma atualização, evitando assim ter de abrir a caixa para realizar a conexão.

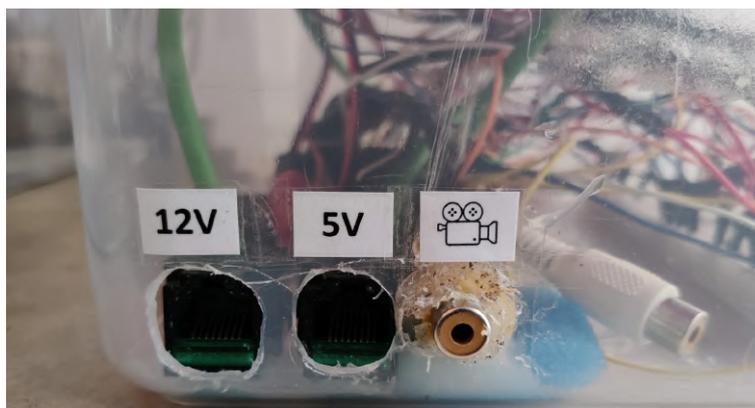


Figura 43. Identificação das conexões de 5 V e 12 V para a ligação dos cabos que compõem o umbilical. No lado direito também é visível o conector da câmara de filmar.

5.3.2. Construção do chassi

O chassi proposto para a versão avançada é igual ao que foi indicado para a versão básica, pelo que deverão ser seguidos os passos de construção indicados na secção 4.2.2.

5.3.3. Montagem dos motores no chassi

A montagem dos motores no chassi deve ser feita seguindo o mesmo procedimento descrito para a versão básica na secção 4.2.3.

5.3.4. Instalação da câmara na caixa estanque

Apesar da câmara ser à prova de salpicos não é à prova de água. Por isso, deverá ser isolada utilizando a caixa estanque fornecida. Antes de instalar a câmara na caixa estanque, deve ser realizado um teste para verificar a orientação da imagem. Para tal, deve-se ligar a câmara ao respetivo ecrã e à fonte de alimentação, utilizando o conector fornecido. Deve-se rodar a câmara até a imagem no ecrã ficar direita e assinalar a orientação correta.

1. Furar, ao centro, um dos lados mais pequenos da caixa estanque com a broca fornecida com a câmara, para ficar com a dimensão correta (Figura 44);
2. Efetuar um furo de dimensão mais reduzida do lado contrário ao da câmara que será utilizado para a passagem dos fios, como representado na Figura 45 B;
3. Abrir a caixa e passar os fios da câmara pela abertura maior. Puxá-los cuidadosamente até a câmara ficar à face da caixa;



Figura 44. Furo na caixa estanque para instalação da câmara.

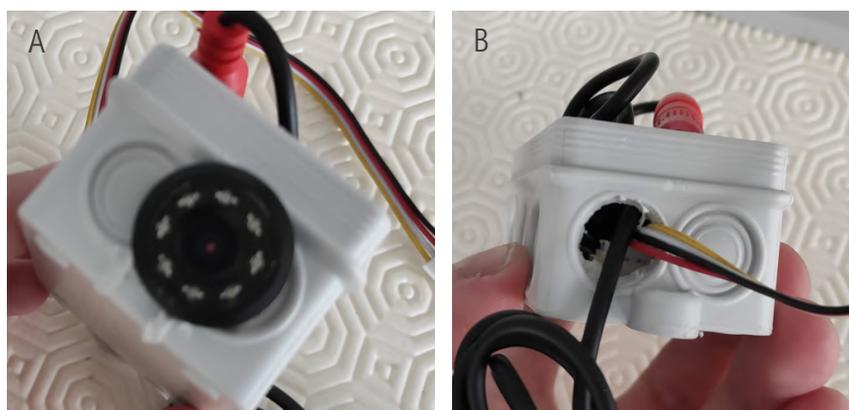


Figura 45. Caixa estanque com a câmara de filmar (A) e respetivas ligações (B).

4. Ligar o conector vermelho (de alimentação) e amarelo (de imagem) da câmara aos respetivos cabos e passar as extremidades pelo furo mais pequeno da caixa estanque. Ou seja, as conexões devem ficar dentro da caixa estanque e os restantes cabos fora. O fio vermelho do conector amarelo não tem qualquer função, mas deve ficar igualmente isolado dentro da caixa. Ter em atenção para não dobrar ou partir os cabos ao colocar dentro da caixa, dado que o espaço é pequeno;
5. Isolar a saída dos fios e o furo da câmara utilizando cola quente ou silicone, como na Figura 46, e deixar secar. Puxar ligeiramente a câmara para fora, para colocar cola quente ou silicone à volta da abertura e voltar a encaixar, garantido que fica bem isolada a toda a volta e que não irá passar água para o interior da caixa por nenhuma das aberturas (câmara e conexões). Neste passo é importante que a marcação da orientação da câmara fique para cima;



Figura 46. Isolamento da câmara de filmar na caixa estanque.

6. Colocar material absorvente no interior da caixa estanque para prevenir alguma infiltração durante a utilização. Podem utilizar-se saquetas de sílica-gel pequenas ou um tampão feminino;
7. Encaixar a tampa da caixa estanque e vedar com cola quente ou silicone para garantir que não há infiltrações quando o ROV estiver na água. Deixar secar bem.

5.3.5. Fixação da caixa estanque no chassi

Para esta etapa, a caixa estanque já deverá estar com a câmara montada e devidamente isolada. A mesma deve ser montada na parte frontal e central da estrutura, com a câmara virada para a frente do ROV, como na Figura 47.

1. Colar a caixa ao chassi utilizando cola de PVC;
2. Prender a caixa ao chassi com abraçadeiras, de forma a que fique bem segura.



Figura 47. Fixação da caixa estanque no chassi.

5.3.6. Montagem do sensor de temperatura

O sensor de temperatura pode ser colocado em qualquer zona do chassi do ROV, desde que não interfira com o funcionamento dos motores. O sensor pode ser fixado na estrutura utilizando abraçadeiras e deve prestar-se atenção ao isolamento da ligação. Neste caso o sensor foi colocado na parte frontal da estrutura (Figura 48).



Figura 48. Sensor de temperatura, já instalado no chassi.

5.3.7. Montagem da iluminação LED

Os LED fornecidos (de cor branca) são compostos por dois pins: o pin mais comprido corresponde ao polo positivo e o mais curto ao negativo (Figura 49). Deverá ser soldada uma resistência do seguinte modo:

1. Soldar a resistência ao pin positivo (o mais comprido) do LED;
2. Isolar a ligação da resistência ao LED, aplicando um pouco de cola quente ou silicone e depois isolar tudo com manga termorretrátil, usando o soprador de ar quente.



Figura 49. Pinos positivos e negativos do LED (A) e LED com a resistência soldada e isolada (B).

5.3.8. Ligações da consola, chassi e umbilical

No kit avançado ROV4ALL são fornecidos dois cabos de rede que têm a função de ser o umbilical do ROV. Ter em atenção que devem ser mantidas separadas as ligações 12 V e 5 V, ou seja, um cabo deve ser utilizado para motores, câmara e LEDs (o de 12 V) e o outro cabo deve ser utilizado para o sensor de temperatura (5 V). No esquema apresentado na Figura 50 a linha a vermelho representa a alimentação de 5 V e a linha amarela representa a de 12 V. Esta última deve ser usada apenas nas placas controladoras dos

motores, na câmara, no ecrã e nos LEDs. A linha a preto representa o GND (0 V) que deve ser ligado a todos os componentes.

Todas as ligações que são efetuadas no chassi do ROV devem ser muito bem isoladas, pois estarão em contacto permanente com a água. Para isso, depois de soldar os fios deve ser aplicada cola quente ou silicone e finalmente uma manga termorretrátil (Figura 51). Os procedimentos detalhados são o que se indicam de seguida.

1. Marcar um dos cabos como sendo 12 V e o outro como sendo 5 V e inserir em cada um uma manga termorretrátil (com cerca de 15 a 20 cm e com diâmetro adequado ao cabo);
2. Verificar se e identificar os três motores como CW ou CCW, conforme descrito na secção 4.2.3.;
3. Ligar os fios do motor ao cabo umbilical marcado como 12 V, da seguinte forma:

No caso de o motor traseiro direito ser CCW:

- Fio azul do umbilical com o vermelho do motor;
- Fio azul e branco do umbilical com o preto do motor.

No caso de o motor traseiro direito ser CW:

- Fio azul e branco do umbilical com o vermelho do motor;
- Fio azul do umbilical com o preto do motor.

No caso de o motor traseiro esquerdo ser CCW:

- Fio verde do umbilical com o vermelho do motor.
- Fio verde e branco do umbilical com o preto do motor.

No caso de o motor traseiro esquerdo ser CW:

- Fio verde e branco do umbilical com o vermelho do motor;
- Fio verde do umbilical com o preto do motor.

No caso de o motor central ser CW:

- Fio laranja do umbilical com o vermelho do motor;
- Fio laranja e branco do umbilical com o preto do motor.

No caso de o motor central ser CCW:

- Fio laranja e branco do umbilical com o vermelho do motor;
- Fio laranja do umbilical com o preto do motor.

4. Ligar os fios da câmara de filmar ao cabo umbilical de 12 V, da seguinte forma:
 - Fio castanho do umbilical com o vermelho da câmara;
 - Fio castanho e branco do umbilical com o preto da câmara.

5. Usar 4 fios (2 para cada LED) retirados de uma porção de cabo de rede (cabo cortado do umbilical fornecido ou outro que tenham de outros projetos) com tamanho suficiente para conectar o local de instalação de cada um dos LEDs à caixa estanque (entre 20 e 30 cm);
6. Soldar e isolar com cola quente ou silicone e com manga termorretrátil os fios aos LEDs (previamente soldados à resistência e isolados de acordo com o descrito na seção 5.3.7) cortados anteriormente, tomando nota qual a cor do fio ligado soldado a cada terminar;
7. Fixar os LEDs nos locais desejados (sugere-se a fixação na frente do ROV um em cada lado do chassi, num sítio em que fiquem protegidos) e prender cada par de fios à estrutura com abraçadeiras;
8. Soldar e isolar com cola quente ou silicone e manga termorretrátil os fios provenientes dos LEDs e da câmara da seguinte forma:
 - Fios positivos dos LEDs e da câmara ao mesmo fio castanho do umbilical
 - Fios negativos dos LEDs e da câmara ao mesmo fio castanho e branco do umbilical
9. Ligar o sensor de temperatura ao cabo umbilical marcado como 5V, da seguinte forma:
 - Fio vermelho do sensor ligado ao fio laranja do umbilical
 - Fio preto do sensor ligado ao fio laranja e branco do umbilical
 - Fio amarelo do sensor ao fio verde do umbilical
10. Colocar cola quente ou silicone sobre as ligações efetuadas ao umbilical, rapidamente puxar a manga termorretrátil inserida aquando da marcação dos cabos e aplicar calor para que fique justa aos cabos, tornando a ligação mais segura e protegida (Figura 51). **Atenção que deve colocar as mangas antes de soldar os fios, conforme previamente indicado.**

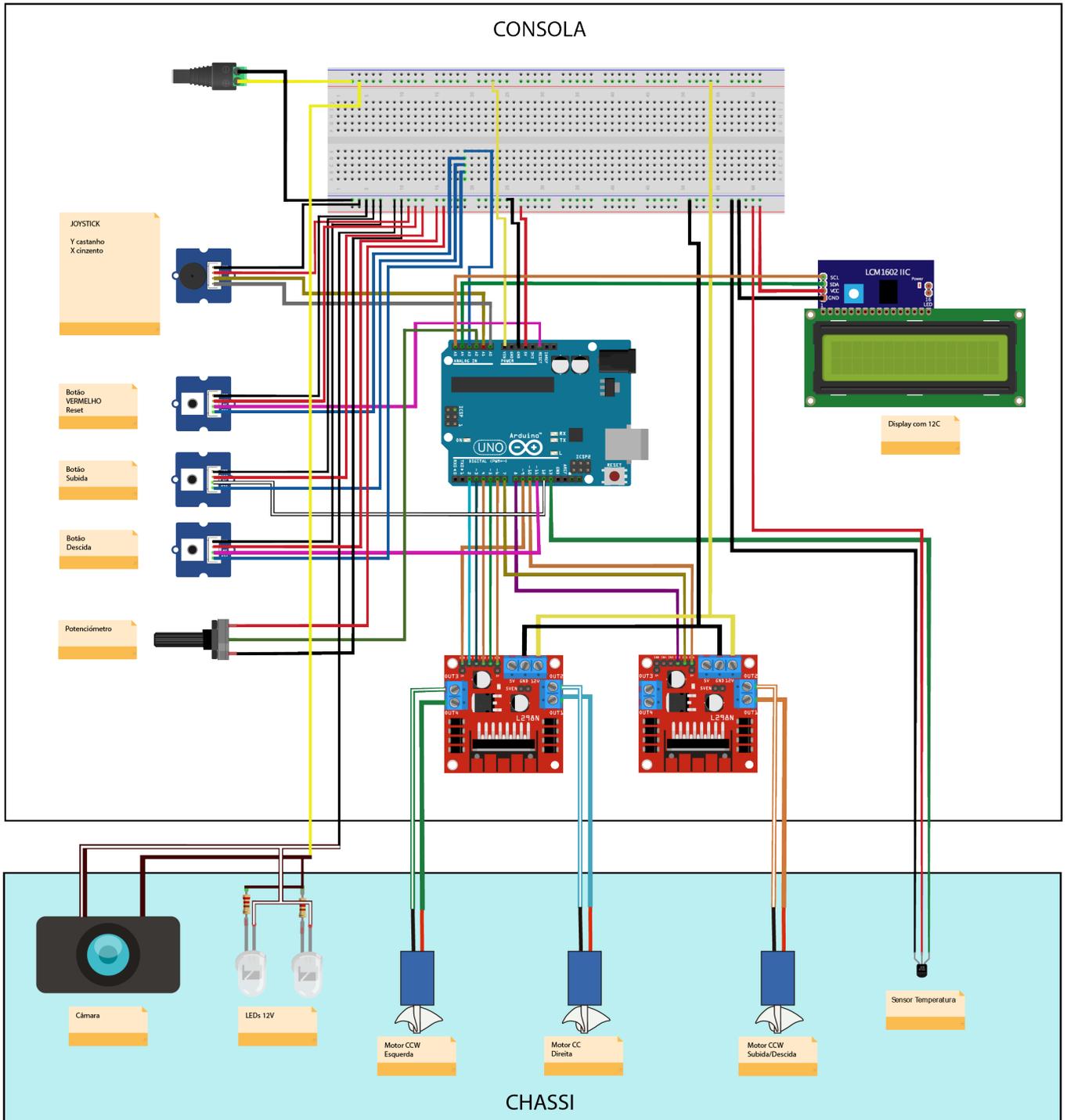


Figura 50. Esquema elétrico do modelo de ROV4ALL - versão avançada.

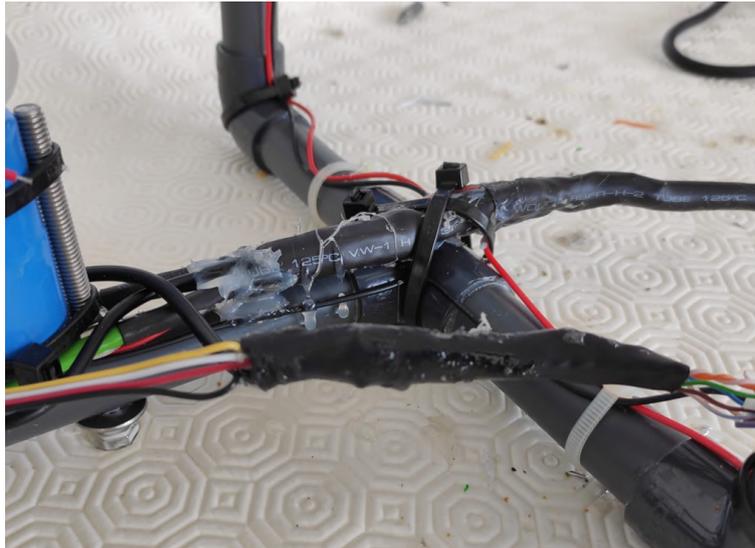


Figura 51. Ligação isolada com manga termorretrátil e silicone.

5.3.9. Ligações com os conectores *grove*

Ao longo desta secção será explicado como deve proceder no caso dos componentes da Grove pois estes utilizam um conector específico sendo o mesmo composto por 4 fios: o fio preto é utilizado para a ligação GND (0 V), o fio vermelho para a ligação VCC (5 V) e os restantes fios para ligações entre o módulo e o Arduino. Dependendo do módulo, os cabos de ligação terão funcionalidades diferentes que devem ser consultadas na secção do respetivo módulo. Se os conectores dos componentes fornecidos forem brancos de um lado e pretos com conectores individuais do outro (Figura 52) não necessita de seguir o procedimento indicado de seguida, bastando usar os cabos de ligação fornecidos com o kit que encaixam diretamente no conector Grove.

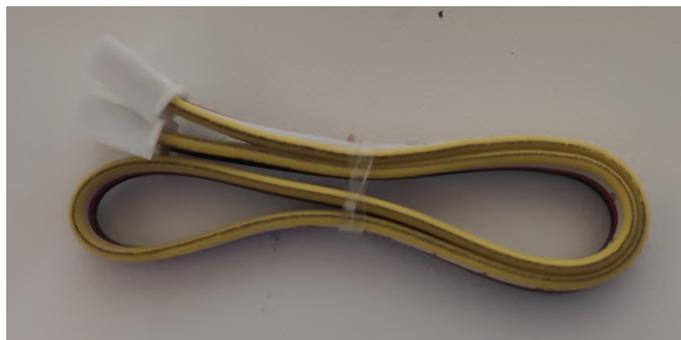


Figura 52. Conectores Grove

Caso os conectores dos componentes Grove fornecidos sejam brancos em ambas as extremidades (Figura 52), proceder do seguinte modo:

1. Cortar uma das pontas dos conectores Grove;
2. Descarnar, unir e soldar cada um dos fios do conector a um fio macho-macho para conectar ao Arduino;
3. Utilizar uma manga termorretrátil para isolar e proteger a ligação (Figura 53).



Figura 53. Conexões isoladas.

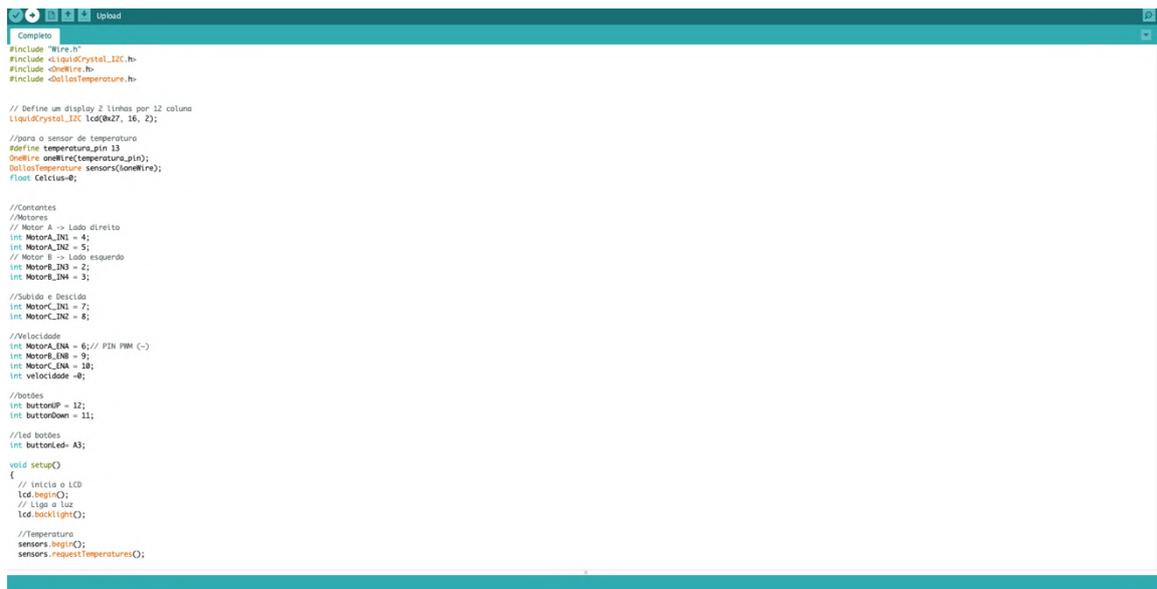
Deverá ser tido em atenção que à medida que se forem adicionando os diversos componentes à consola (Arduino, controladores dos motores, *breadboard*, ...), depois de ligados devem ser fixados, separados entre si, para evitar que ao movimentar a consola os componentes toquem uns nos outros e façam curto-circuito ou se movam de sítio.

Todas as ligações e conexões devem ser devidamente realizadas para não ficarem frouxas e desligarem. Depois de finalizada a consola, a quantidade de fios no interior dificulta perceber quais as ligações que não estão bem feitas para as refazer.

Quanto aos componentes de controlo que ficam no topo (ecrãs, botões, potenciómetro e joystick), devem ser devidamente identificados e podem ser colados com cola quente ou silicone ou aparafusados.

5.4. Programação

Assim que as ligações estiverem feitas o código pode ser complicado para o Arduino. Para isso, o ficheiro com o nome “codigo.ino” deverá ser aberto no Arduino IDE (Figura 54), deve importar as bibliotecas enviadas junto com o código através do menu do arduino IDE (Sketch->Include Library->Add .zip library) e por fim deverá clicar-se no botão enviar. O código é enviado em segundos e se tudo correr bem, o ROV fica a funcionar. Querendo, os ficheiros fornecidos podem ser explorados e alterados conforme o interesse.



```
Completado
#include "Wire.h"
#include <LiquidCrystal_L2C.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

// Define um display 2 linhas por 12 colunas
LiquidCrystal_L2C lcd(0x27, 16, 2);

//Para o sensor de temperatura
#define temperatura_pin 13
OneWire oneWire(temperatura_pin);
DallasTemperature sensors(oneWire);
float Celcius=0;

//Contantes
//Motores
// Motor A -> Lado direito
int MotorA_IN1 = 4;
int MotorA_IN2 = 5;
// Motor B -> Lado esquerdo
int MotorB_IN1 = 2;
int MotorB_IN2 = 3;

//Subida e Descida
int MotorC_IN1 = 7;
int MotorC_IN2 = 8;

//Velocidade
int MotorA_ENA = 6; // PIN PWM (-)
int MotorB_ENB = 9;
int MotorC_ENA = 10;
int velocidade = 0;

//botões
int buttonUp = 12;
int buttonDown = 11;

//Led botões
int buttonLed = A3;

void setup()
{
  // Inicia o LCD
  lcd.begin();
  // Liga o luz
  lcd.backlight();

  //Temperatura
  sensors.begin();
  sensors.requestTemperature();
}
```

Figura 54. Arduino IDE.

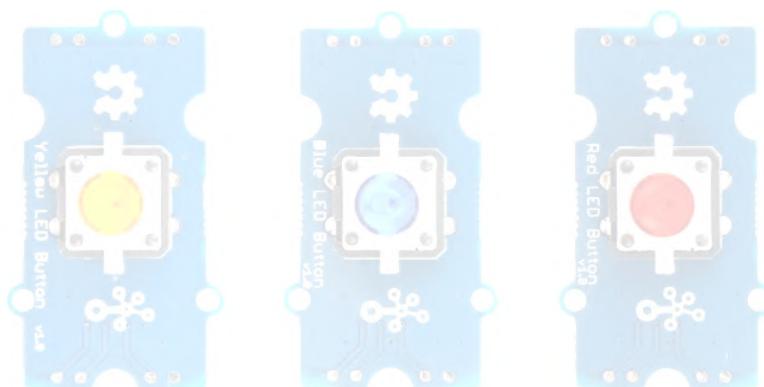
5.5. Testes de fluabilidade e funcionamento

Os testes de fluabilidade e funcionamento do ROV devem ser feitos de modo semelhante ao descrito para a versão simples (ver secção 4.3).

Deverá ser também verificado se todos os componentes estão a funcionar corretamente, nomeadamente, se o display apresenta a temperatura e a rotação dos motores, se os LEDs dos botões comandam devidamente o motor central. Deverá também ser testado o joystick e o correto funcionamento dos motores traseiros, em conjunto com o potenciómetro. Caso os motores não rodem, verificar se o potenciómetro está numa posição intermédia antes de verificar as restantes ligações, pois se o potenciómetro estiver no mínimo os motores não funcionam. Se tudo funcionar como esperado, o ROV está finalizado.

6. Considerações finais

Espera-se que todo o processo de construção do ROV4ALL e atividade conexas tenham repercussões significativas nos alunos e professores envolvidos. A ação dos professores será imprescindível para levar a bom termo este projeto. Serão eles os principais agentes de transmissão e contextualização da importância do estudo do oceano com recurso à tecnologia. Tal como os ROVs nos dão a possibilidade de explorar o oceano profundo, permitindo descobrir novas espécies e novos ecossistemas, assim esperamos que o projeto ROV4LL possibilite a descoberta de novos conhecimentos e o desenvolvimento de novas competências, ou o reforço das já existentes, em várias áreas, tais como, físico-química, biologia, eletricidade, eletrónica, computação e robótica.





ROV4ALL

7. Bibliografia

- Costa, S. (2018). *Robótica submarina educativa – Manual de construção de um pequeno ROV*. Funchal: Observatório Oceânico da Madeira. ISBN: 978-989-54106-0-6
- Plataforma Oceânica de Canarias (2014). *Taller de robótica submarina - Manual de construcción de un ROV*. Gran Canaria: PLOCAN. ISBN: 978-84-695-8341-8
- Robaina, S, Rodríguez, C, Quevedo, E., Vega, D., Juanes, I. & Cufí, X. (2016). *Manual de Implementação de Arduino e Scratch para o control de ROVs*. Gran Canaria: PLOCAN. ISBN: 978-84-608-6554-4
- ROV Program – Team Manual Underwater Robotics for High School Students*. (2010). Eastern Edge Robotics
- Tahir, A. M. & Iqbal, J. (2014). Underwater robotic vehicles: latest development trends and potential challenges. *Scientific International* 26(3), 1111-1117

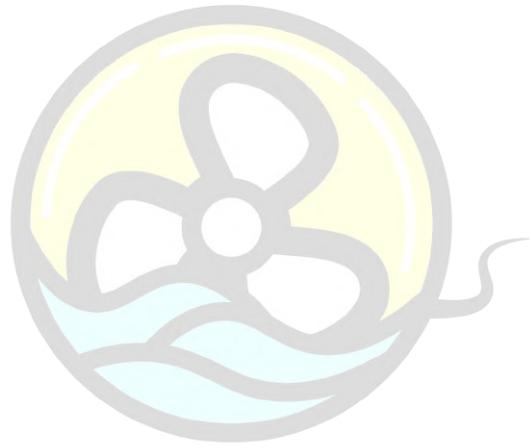
Sites

- AN/SLQ-48 - Mine Neutralization Equipment. Disponível em <https://fas.org/man/dod-101/sys/ship/weaps/an-sdq-48.htm>. Consultado em janeiro de 2021).
- Arduino Uno Rev3 | Arduino Official Store. Disponível em <https://store.arduino.cc/arduino-uno-rev3>. Consultado em janeiro de 2021.
- Arduino Uno For Beginners - Projects, Programming and Parts (Tutorial). Disponível em <https://www.makerspaces.com/arduino-uno-tutorial-beginners/>. Consultado em janeiro de 2021.
- Estrutura de Missão para a Extensão da Plataforma continental. Disponível em <http://www.emepc.pt/>. Consultado em janeiro de 2021.
- Hydro International. Disponível em <https://www.hydro-international.com/content/article/trends-and-new-technology-in-the-rov-industry>. Consultado em janeiro de 2021.
- Lerus Training (ROV: Classification, tasks and tolls). Disponível em <http://www.lerus-training.com/blog/offshore-operations/rov-classifications>. Consultado em janeiro de 2021.
- NOAA - Ocean Exploration and Research. Disponível em <https://oceanexplorer.noaa.gov/facts/rov.html>. Consultado em janeiro de 2021.
- Remotely operated underwater vehicle | Military Wiki | Fandom. Disponível em https://military.wikia.org/wiki/Remotely_operated_underwater_vehicle. Consultado em janeiro de 2021.



ROV4ALL

ANEXOS



ROV4ALL

ANEXO – Código-fonte para o Arduino

As bibliotecas necessárias para o correto funcionamento do ROV estão disponíveis no seguinte link <https://oom.arditi.pt/rov4all/Apoio/arduino.zip>. O código-fonte é apresentado de seguida.

```
#include "Wire.h"
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

// Define um display 2 linhas por 12 colunas
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);

//para o sensor de temperatura
#define temperatura_pin 13
OneWire oneWire(temperatura_pin);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
float Celsius=0;

//Constantes
//Motores
// Motor A -> Lado direito
int MotorA_IN1 = 4;
int MotorA_IN2 = 5;
// Motor B -> Lado esquerdo
int MotorB_IN3 = 2;
int MotorB_IN4 = 3;

//Subida e Descida
int MotorC_IN1 = 7;
int MotorC_IN2 = 8;

//Velocidade
int MotorA_ENA = 6;// PIN PWM (~)
int MotorB_ENB = 9;
int MotorC_ENA = 10;
int velocidade =0;

//botões
int buttonUP = 12;
int buttonDown = 11;

//led botões
int buttonLed= A3;

void setup()
{
  // serial para a consola (testes)
  Serial.begin(38400);
  delay(1000);

  // inicia o LCD
  lcd.begin();
  // Liga a luz
  lcd.backlight();

  //Temperatura
  sensors.begin();
  delay(1000);

  //Mensagem de inicio
  lcd.print("a iniciar");

  // Inicia o I2C
  Wire.begin();

  //Motores
  pinMode(MotorA_IN1, OUTPUT); //Motor A
  pinMode(MotorA_IN2, OUTPUT); //Motor A
```

```

pinMode(MotorB_IN3, OUTPUT); //Motor B
pinMode(MotorB_IN4, OUTPUT); //Motor B
pinMode(MotorC_IN1, OUTPUT); //Motor Subida / Descida
pinMode(MotorC_IN2, OUTPUT); //Motor Subida / Descida
pinMode(MotorA_ENA, OUTPUT); //Velocidade do motor
pinMode(MotorB_ENB, OUTPUT); //Velocidade do motor
pinMode(MotorC_ENA, OUTPUT); //Velocidade do motor

//Botão
pinMode(buttonUP, INPUT);
pinMode(buttonDown, INPUT);
pinMode(buttonLed, OUTPUT);

sensors.requestTemperatures();

}

void loop()
{
//Liga o led dos botões
digitalWrite(buttonLed,HIGH);

Temperatura();

//Chama a função dos motores traseiros
ControloMotoresTraseirosPotenciometro(analogRead(A1), analogRead(A0));

//Chama a função do motor central
ControloMotorCentralPotenciometro(digitalRead(buttonUP),digitalRead(buttonDown));

//Delay para obter dados
delay(50);
}

void ControloMotorCentralPotenciometro (int estadoSubida, int estadoDescida)
{
//Le o potenciometro
velocidade = analogRead(A2);
//Converte para as unidades do motor (0-255)
velocidade = velocidade*0.23;
analogWrite(MotorC_ENA,velocidade);// injeta a velocidade no motor

//Converte para as unidades do motor (0-255)
velocidade = velocidade*0.23;
if (estadoSubida == LOW) { //botão clicado
digitalWrite(MotorC_IN1, HIGH);
digitalWrite(MotorC_IN2, LOW);

lcd.setCursor(0,0); //Posiciona para escrever
lcd.print("      "); //escreve
lcd.setCursor(0,0); //Posiciona para escrever
lcd.print("Subir"); //escreve

}
if (estadoDescida == LOW) { //botão clicado
digitalWrite(MotorC_IN1, LOW);
digitalWrite(MotorC_IN2, HIGH);

lcd.setCursor(0,0); //Posiciona para escrever
lcd.print("      "); //escreve
lcd.setCursor(0,0); //Posiciona para escrever
lcd.print("Descer"); //escreve
}

if (estadoSubida != LOW && estadoDescida != LOW){ //nenhum clicado, motor desligado
digitalWrite(MotorC_IN1, LOW);
digitalWrite(MotorC_IN2, LOW);
lcd.setCursor(0,0); //Posiciona para escrever
lcd.print("      "); //escreve
lcd.setCursor(0,0); //Posiciona para escrever
lcd.print("Neutro"); //escreve
}
}

```

```

}
}

void ControlMotoresTraseirosPotenciometro(int eixoX, int eixoY)
{
  lcd.setCursor(12,1); //Posiciona para escrever
  lcd.print(" "); //limpa
  //Le o potenciometro
  velocidade = analogRead(A2);
  //Converte para as unidades do motor (0-255)
  velocidade = velocidade*0.23;
  analogWrite(MotorA_ENA,velocidade);// injecta a velocidade no motor
  analogWrite(MotorB_ENB,velocidade);

  int VelocidadePerc = map(velocidade, 0, 255, 0, 100); //Velocidade em percentagem
  if(VelocidadePerc>85){
    VelocidadePerc=100;
  }
  //Apenas cosmetico
  if(VelocidadePerc == 100){
    lcd.setCursor(12,1); //Posiciona para escrever
  }
  else if (VelocidadePerc > 10){
    lcd.setCursor(13,1); //Posiciona para escrever
  }
  else if (VelocidadePerc < 10){
    lcd.setCursor(14,1); //Posiciona para escrever
  }
  lcd.print(VelocidadePerc); //Imprima velocidade percentagem
  lcd.setCursor(15,1); //Posiciona para escrever
  lcd.print("%"); //Imprima velocidade percentagem

  if ((eixoX > 460 && eixoX < 564) && (eixoY > 460 && eixoY < 564)) // neutro
  {
    digitalWrite(MotorA_IN1, LOW);
    digitalWrite(MotorA_IN2, LOW);
    digitalWrite(MotorB_IN3, LOW);
    digitalWrite(MotorB_IN4, LOW);

    lcd.setCursor(0,1); //Posiciona para escrever
    lcd.print(" "); //escreve
    lcd.setCursor(0,1); //Posiciona para escrever
    lcd.print("Neutro"); //escreve

  }
  else
  {
    //Trás
    if (eixoY < 460 && (eixoX > 460 && eixoX < 564))
    {
      //Activa os motores
      digitalWrite(MotorA_IN1, HIGH);
      digitalWrite(MotorA_IN2, LOW);
      digitalWrite(MotorB_IN3, LOW);
      digitalWrite(MotorB_IN4, HIGH);

      lcd.setCursor(0,1); //Posiciona para escrever
      lcd.print(" "); //escreve
      lcd.setCursor(0,1); //Posiciona para escrever
      lcd.print("Recuar "); //escreve
    }
    //Frente
    else if (eixoY > 564 && (eixoX > 400 && eixoX < 600))
    {
      digitalWrite(MotorA_IN1, HIGH);
      digitalWrite(MotorA_IN2, LOW);
      digitalWrite(MotorB_IN3, HIGH);
      digitalWrite(MotorB_IN4, LOW);
      lcd.setCursor(0,1); //Posiciona para escrever
      lcd.print(" "); //escreve
      lcd.setCursor(0,1); //Posiciona para escrever
    }
  }
}

```

```

    lcd.print("Avancar  "); //escreve
}

//Esquerda Frente
else if (eixoX < 400 && eixoY > 512)
{
    digitalWrite(MotorA_IN1, LOW);
    digitalWrite(MotorA_IN2, HIGH);
    digitalWrite(MotorB_IN3, LOW);
    digitalWrite(MotorB_IN4, LOW);
    lcd.setCursor(0,1); //Posiciona para escrever
    lcd.print("  "); //escreve
    lcd.setCursor(0,1); //Posiciona para escrever
    lcd.print("Avancar / es"); //escreve
}

//Direita Frente
else if (eixoX > 564 && eixoY > 512)
{
    digitalWrite(MotorA_IN1, LOW);
    digitalWrite(MotorA_IN2, LOW);
    digitalWrite(MotorB_IN3, HIGH);
    digitalWrite(MotorB_IN4, LOW);
    lcd.setCursor(0,1); //Posiciona para escrever
    lcd.print("  "); //escreve
    lcd.setCursor(0,1); //Posiciona para escrever
    lcd.print("Avancar / dr"); //escreve
}

//Esquerda Trás
else if (eixoX < 400 && eixoY < 512)
{
    digitalWrite(MotorA_IN1, HIGH);
    digitalWrite(MotorA_IN2, LOW);
    digitalWrite(MotorB_IN3, LOW);
    digitalWrite(MotorB_IN4, LOW);
    lcd.setCursor(0,1); //Posiciona para escrever
    lcd.print("  "); //escreve
    lcd.setCursor(0,1); //Posiciona para escrever
    lcd.print("Recuar / es "); //escreve
}

//Direita Trás
else if (eixoX > 564 && eixoY < 512)
{
    digitalWrite(MotorA_IN1, LOW);
    digitalWrite(MotorA_IN2, LOW);
    digitalWrite(MotorB_IN3, LOW);
    digitalWrite(MotorB_IN4, HIGH);
    lcd.setCursor(0,1); //Posiciona para escrever
    lcd.print("  "); //escreve
    lcd.setCursor(0,1); //Posiciona para escrever
    lcd.print("Recuar / dr "); //escreve
}

}
}

void Temperatura()
{
    sensors.requestTemperatures();
    Celsius=sensors.getTempCByIndex(0);
    if(Celsius != -127) //pode aparecer -127 quando os motores estão a trabalhar a alta velocidade
    {
        lcd.setCursor(11,0); //Posiciona para escrever
        Serial.println(Celsius);
        lcd.print(Celsius);
        lcd.setCursor(15,0);
        lcd.print("C");
    }
}

```



ROV4ALL

