

**Alunos:** Alex Alves Nunes Pereira; Gabriel da Silva Amparo; Hugo Koiti Ianae de Souza;

**Orientador:** Danilo Hernani Perico (dperico@fei.edu.br)



## DIMENSIONAMENTO E GERENCIAMENTO DE BATERIAS ELÉTRICAS COM PAINEL SOLAR PARA ROBÔ HUSKY A200

### RESUMO

Este projeto consiste no dimensionamento de dois packs de baterias de íons de lítio, aliados a um painel fotovoltaico monocristalino com o desenvolvimento e a construção de um circuito eletrônico para monitorar e gerenciar todo o conjunto elétrico que alimenta um robô móvel de ambiente externo. O robô usado em questão será o modelo Husky A200 UGV, tendo o projeto o principal intuito de garantir mais autonomia ao robô, fazendo com que ele se desloque com menor frequência à base de carregamento das baterias. São apresentadas também as principais fontes de energia utilizadas em robótica móvel, como baterias e células fotovoltaicas, além de aspectos relacionados ao gerenciamento de baterias, como o controle de carga e des-cargas prolongamento da vida útil das baterias. Veremos alguns estudos de caso e exemplos práticos de aplicação dessas tecnologias na robótica móvel, tais como desafios e soluções propostas para garantir a eficiência energética dos sistemas. Por fim, são apresentadas perspectivas e tendências futuras relacionadas a geração de energia e gerenciamento de baterias em robótica móvel em ambiente externo, com destaque para avanços tecnológicos recentes e possibilidades de aplicação dessas tecnologias em robôs moveis autônomos.

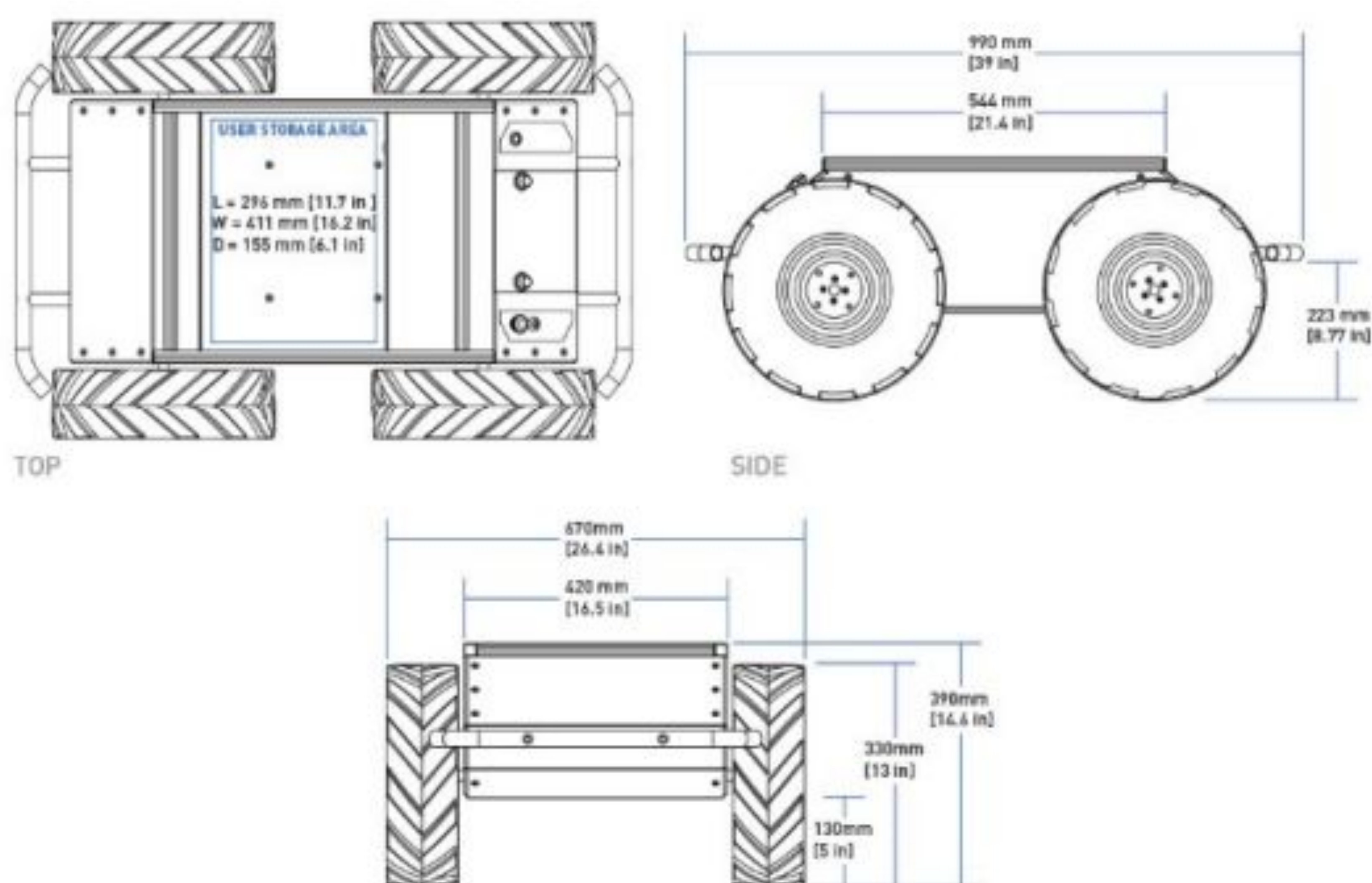


Fonte: Autores

### OBJETIVOS

Projetar e construir um circuito eletrônico que possa monitorar e gerenciar um conjunto de baterias elétricas que trabalham em paralelo a um painel solar, aumentando significativamente a autonomia do robô Husky A200 UGV.

### DIMENSÕES DO ROBÔ HUSKY



Fonte: Clearpath Robotics

O sistema de baterias, painel solar e circuito de comutação e gerenciamento, deve ser projetado levando em consideração as dimensões externas e internas do robô Husky A200 UGV, que são 990 mm de comprimento, 670 mm de largura e 390 mm de altura. É essencial garantir que o sistema de circuito e baterias seja dimensionado para se encaixar adequadamente no espaço interno de (300x185x150)mm disponível no robô. Em relação ao peso total do sistema de baterias, incluindo as duas baterias Li-ion Sanyo 18650 24v 20A com painel solar e circuito, não excedeu a capacidade de carga útil do robô, que é de 75 kg. Mesmo sendo um robô de áreas externas, construído para resistir aos mais diversos campos, é importante considerar o peso adicional do sistema ao realizar o transporte e a operação do robô.

**Alunos:** Alex Alves Nunes Pereira; Gabriel da Silva Amparo; Hugo Koiti Ianae de Souza;

**Orientador:** Danilo Hernani Perico (dperico@fei.edu.br)

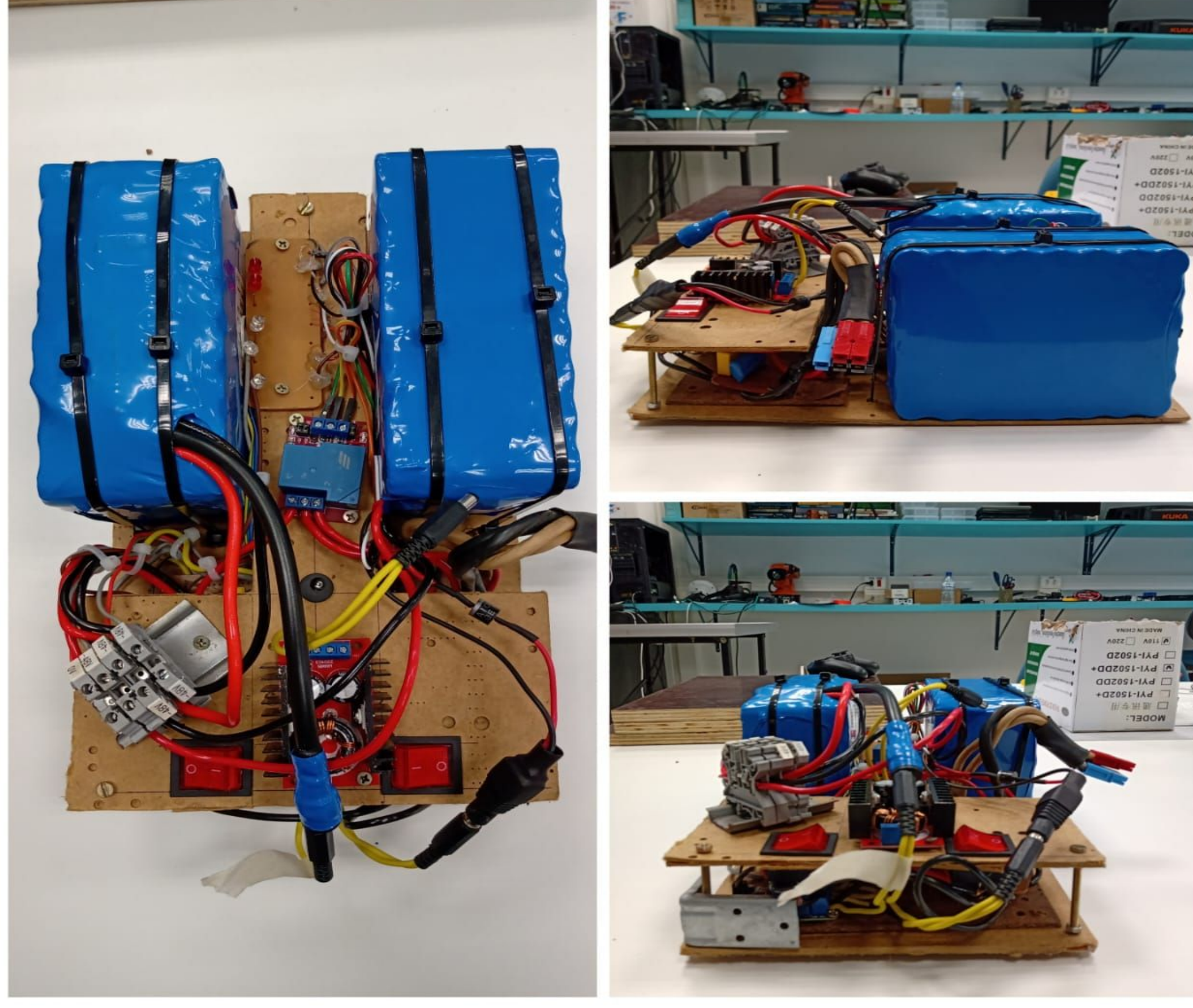


## PAINEL SOLAR

Após analisar os artigos selecionados e pesquisar as opções de painéis solares disponíveis no mercado, foi escolhido um módulo fotovoltaico monocristalino da marca Kyocera. Os principais critérios considerados para essa decisão foram o preço, eficiência, durabilidade e tamanho. O painel fotovoltaico selecionado possui uma potência de 42 Watts, tensão de circuito aberto de 19,7v e corrente de circuito aberto de 2,89A, com uma eficiência aproximada de 12,33% e é composto por 32 células de silício monocristalino. Como mencionado anteriormente, o painel solar monocristalino possui algumas vantagens, entre elas está uma melhor performance em dias mais quentes, condições que frequentemente o Husky A200 vai enfrentar. Ao considerar as dimensões externas do robô Husky, que são de 990x670 mm (L x C), adotamos essas medidas como um limite para a escolha do painel solar. O painel escolhido possui dimensões de 680x505mm (LxC), atendendo perfeitamente aos critérios mencionados anteriormente.



Fonte: Autores



Fonte: Autores

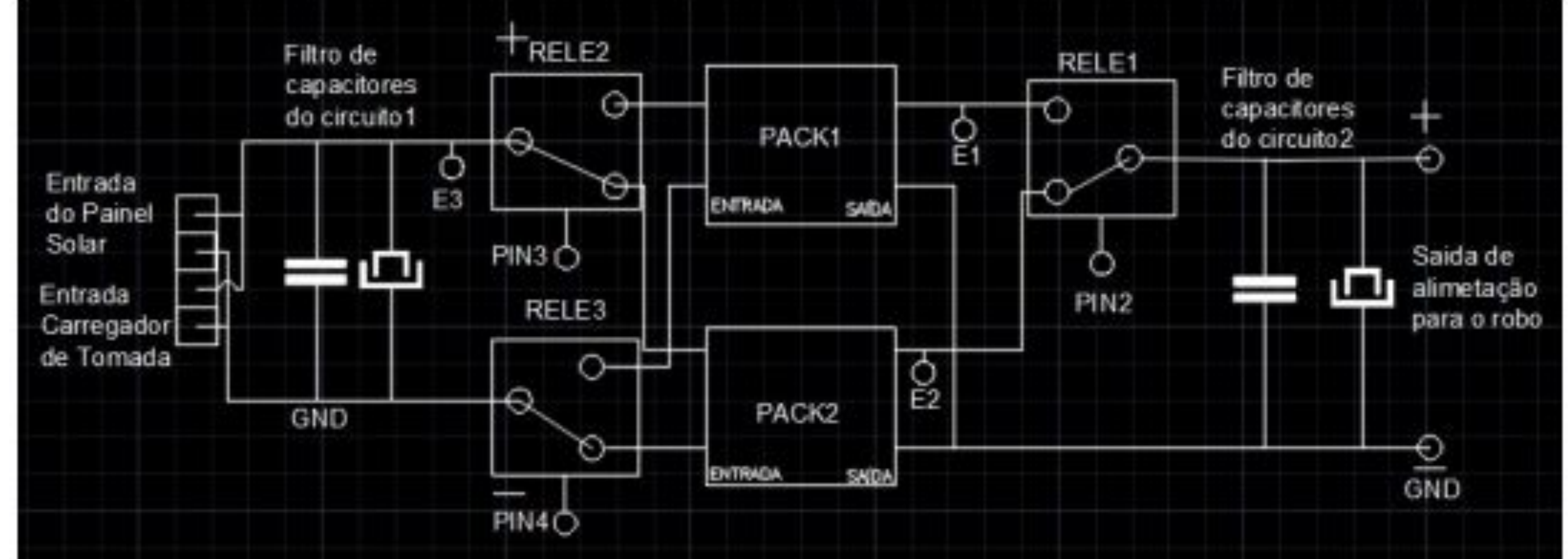
## PACKS DE BATERIA

A potência requerida pelo robô Husky A200 UGV pode variar conforme as configurações e os equipamentos adicionais instalados. No modelo utilizado em nosso projeto, incluímos o pacote de monitoramento fornecido pela Clearpath Robotics, composto por um sensor Lidar e uma câmera. No entanto, optamos por remover esses componentes do robô, uma vez que não estavam sendo utilizados. Considerando que o robô opera com uma tensão nominal de 24V e uma corrente nominal de 20A, o sistema de baterias foi escolhido de forma a não ultrapassar esses valores, visando evitar qualquer interferência ou danos nos componentes eletrônicos do robô. Selecionamos dois packs de baterias do modelo Sanyo 18650 24V 20A com BMS integrado para monitorar as baterias de maneira adequada, desde o momento do carregamento até o pleno funcionamento do robô Husky. O BMS embutido nos packs é responsável por monitorar automaticamente as baterias, operando de forma independente e sem a necessidade de comunicação com o microcontrolador.

## CIRCUITO DE CHAVEAMENTO E MONITORAMENTO

Para aumentar a autonomia do robô Husky A200 UGV, dois novos packs de baterias foram adicionados, cada um fornecendo 24 volts e 20 amperes, valores nominais para o funcionamento do robô. Um circuito de comutação e gerenciamento de baterias foi desenvolvido em conjunto com um painel solar para evitar interferências, superaquecimento e falhas nos componentes eletrônicos. Um Arduino UNO foi utilizado para automatizar o sistema de comutação, gerenciando relés, sensores e LEDs com a linguagem de programação C++. Os testes foram divididos em três fases: Teste inicial: Ativação e desativação de módulos relés com sucesso. Desenvolvimento de circuito para retirar oscilações das baterias, incluindo filtros de capacitores para carregamento e eliminação de oscilações para alimentar o robô. Unificação das partes para criar um sistema completo, capaz de comutar entre os packs de baterias de íons de lítio e o painel solar, com atenção especial para resistência a correntes altas e prevenção de flutuações nos componentes.

O circuito de comutação foi detalhado em dois diagramas, mostrando a divisão do circuito e a pinagem dos componentes, facilitando a construção da estrutura para todo o sistema. Foram realizados testes com fontes ajustáveis, simulação de packs de baterias e cargas reais, como um motor de 300W, ajustando os componentes conforme necessário para resistir a correntes e potências mais elevadas.



Fonte: Autores

**Alunos:** Alex Alves Nunes Pereira; Gabriel da Silva Amparo; Hugo Koiti Ianae de Souza;

**Orientador:** Danilo Hernani Perico (dperico@fei.edu.br)



## EXPERIMENTOS E RESULTADOS

O desenvolvimento do sistema de energia para o robô Husky A200 UGV passou por diversas etapas de teste e otimização. Inicialmente, ajustes estruturais foram necessários para estabilizar a montagem do painel solar, incluindo a adição de treliças laterais para garantir a estabilidade em diferentes terrenos. Após a verificação da estrutura e coleta de dados de tensão do painel solar, o hardware foi transferido para uma estrutura em MDF e montado no robô para testes práticos. Durante esses testes, foram identificadas falhas de interferência e flutuações no sistema, atribuídas à alimentação do regulador de tensão e do Arduino pelo pack de baterias. Para resolver esse problema, um diodo foi adicionado à entrada do regulador de tensão e ajustes foram feitos na configuração do hardware. A estrutura foi redesenhada para acomodar os packs de baterias e os componentes do circuito de forma mais acessível. Os testes de autonomia revelaram diferenças em relação às especificações fornecidas pelo fabricante. O pack 1 proporcionou uma autonomia de 4 horas, testado em diversas condições de terreno. Foi observada uma queda de tensão ao longo do tempo de operação, resultante da alimentação contínua do circuito pelo pack 1, mesmo quando o pack 2 estava em repouso.

Os valores de tensão para acionar a comutação entre os packs foram ajustados, e o programa foi modificado para garantir a transição no momento correto. Após os ajustes, o sistema passou a realizar a comutação automaticamente entre os packs de baterias. Os testes com o painel solar mostraram uma redução de descarga de 0,1v nos packs, principalmente em condições ideais de irradiação solar. No entanto, em condições nubladas, não foram observadas diferenças significativas na autonomia. Com todos os ajustes e testes realizados, a autonomia do robô Husky A200 UGV aumentou para um mínimo de 8 horas, podendo exceder esse valor em condições ideais de irradiação solar. O uso do painel solar conseguiu reduzir a descarga das baterias, proporcionando um aumento de até 30 minutos na autonomia, considerando uma jornada de 3 horas com irradiação solar de 1000W/m<sup>2</sup>.

Horário	Temperatura(°C)	Pack	Tensão (v)	Comentário
09:10	31	Pack1	24,3	Primeira hora de trabalho consumiu
09:40	31	Pack1	23,2	1,2V.
10:10	31	Pack1	23,1	
10:30	31	Pack1	23,1	Segunda hora de trabalho consumiu
11:00	31	Pack1	22,6	0,8v.
11:30	31	Pack1	22,3	
11:40	31	Pack1	22,3	Terceira hora de trabalho consumiu
12:10	31	Pack1	21,9	0,8v
12:40	35	Pack1	21,5	
13:00	35	Pack1	21,5	Quarta hora de trabalho consumiu
13:30	35	Pack1	21,0	0,7v
14:00	35	Pack1	20,8	

Fonte: Autores

Horário	Temperatura(°C)	Pack	Tensão (v)	Comentário
10:30	31	Pack1	24,3	Segunda hora de trabalho consumiu
11:00	33	Pack1	23,3	1,1v.
11:30	33	Pack1	23,2	
12:00	33	Pack1	23,2	Terceira hora de trabalho consumiu
12:30	33	Pack1	22,8	0,7v
13:00	33	Pack1	22,5	
13:10	33	Pack1	22,5	Quarta hora de trabalho consumiu
13:40	33	Pack1	22,1	0,8v
14:10	23	Pack1	21,7	

Fonte: Autores

## CONCLUSÃO

Neste trabalho foi desenvolvido um circuito eletrônico composto por um Arduino UNO, módulos relés, sensores de tensão e leds, responsáveis por gerenciar um conjunto de dois packs de baterias elétricas do tipo íons de lítio. Tendo em vista os resultados apresentados a partir da tabela 7 e os devidos ajustes feitos na programação, observou-se que o circuito apresentou um desempenho satisfatório no gerenciamento e comutação das baterias elétricas, considerando até mesmo os valores obtidos sem o auxílio do painel solar monocristalino. Nota-se ainda que a dinâmica de funcionamento do circuito não interfere no funcionamento do robô Husky. O sistema de comutação automático possui uma resposta rápida de ativação, fazendo com que o robô trabalhe de forma constante e sem pausas, enquanto que os filtros capacitivos retiram as tensões de pico, permitindo uma alimentação estável para o pleno funcionamento do robô. Por meio da utilização do painel solar em dias ensolarados, com boa incidência solar, verificou-se uma melhora na eficiência dos packs de bateria, devido a uma diminuição da descarga elétrica, resultando no aumento de autonomia.



Fonte: Autores