

Arquitetura

Análise do Consumo

Especificação dos Componentes Eletrônicos

Para dimensionar adequadamente o sistema de alimentação, é essencial calcular o consumo de energia dos demais subsistemas, considerando os equipamentos empregados e suas potências operacionais.

Como grande parte desses componentes opera de maneira intermitente, também é crucial avaliar com que frequência cada sistema é acionado.

Os principais componentes necessários para a armadilha e que consomem energia foram listados na tabela abaixo. Os dados técnicos fundamentais para o cálculo da energia necessária para alimentar o sistema foram obtidos dos seus respectivos *datasheets*.

Item	Quantidade	Tensão nominal (V)	Corrente nominal (A)	Potência (W)	Tempo de funcionamento em um dia (horas)	Energia demandada (Wh)
Raspberry PI4	1	5	1,5	7,5	12	90
Ventoinha 50x50x15mm	2	12	0,3	7,2	3	21,6
Sensor temperatura/umidade - DHT11	1	5	0,001	0,005	12	0,06
Microfone – LNMP441	1	3,3	0,0022	0,00726	12	0,08712
Módulo relê 2 vias	1	5	0,02	0,1	12	1,2
Anel LED WS2812B	12*	5	0,02	1,6	12	14,4
Led 5mm	3	3	0,02	0,18	12	2,16
Câmera 5MP	1	5	0,25	1,25	12	15
Total	-	-	4,19	17,44	-	144,51

* *anel contém 12 leds*

Tabela 1: Demanda energética dos componentes

Sistema Isolado com Bateria e Painel Solar

Para o sistema isolado, optou-se pelo uso de bateria, garantindo uma corrente contínua. A alimentação será feita por um painel fotovoltaico, com energia passando antes por um controlador de carga solar.

Essa configuração permite o funcionamento independente de rede elétrica e dispensa o carregamento manual das baterias. Para a conexão com o sistema eletrônico, foram utilizados 2 reguladores de tensão do tipo Step Down responsáveis por reduzir os 12v da bateria para 5V, sendo um destinado à alimentação da Raspberry e outro aos demais componentes. Adicionalmente, utilizou-se um regulador de 12V para 3V, para a ligação dos LEDs.

Diante disso, é necessário conhecer o tempo de operação dos componentes e a energia consumida diariamente, a fim de verificar se a configuração escolhida da bateria é suficiente, mesmo em casos de falha na geração de energia, como em períodos nublados ou sem irradiação solar.

Dimensionamento da Bateria

Para o projeto da armadilha, as baterias selecionadas foram dimensionadas com base na tensão máxima de operação do projeto, que é de 12V. Considerando esse parâmetro, optou-se por *utilizar uma bateria com uma tensão total de 12V e uma capacidade de 18 Ah*, atendendo às necessidades do sistema.

Cálculo da Autonomia

Para calcular o tempo de funcionamento do sistema sendo alimentado pelo conjunto de baterias no período da noite quando não tiver incidência solar, usa-se a seguinte fórmula:

![Cálculo de Autonomia](../assets/calculo_autonomia.png)

Essa equação considera a tensão, a capacidade nominal da bateria e a eficiência do sistema, permitindo validar se a energia acumulada é suficiente para sustentar os dispositivos até a próxima recarga solar.

Sistema de Geração

Como visto, optou-se pela utilização de uma bateria integrada a um sistema de geração **off-grid** com painéis fotovoltaicos, permitindo o funcionamento contínuo do projeto sem a necessidade de recarga manual.

Para isso, é fundamental analisar a incidência solar no local em que a armadilha será utilizada. Considerando a região de Brasília, com as coordenadas - **15.9897621, -48.0445571**, obteve-se que a **irradiação solar média diária** é de **5,25 kWh/m²**.

Todo o projeto opera em **corrente contínua**, o que elimina a necessidade de um microinversor. No entanto, para garantir maior segurança no gerenciamento da geração e do consumo de energia, optou-se pela utilização de um **controlador de carga**. Esse dispositivo regula o fluxo de corrente, evitando, por exemplo, que haja retorno de energia da bateria para o painel durante a noite, quando a tensão da bateria supera a do painel.

Considerando as dimensões do sistema, foi escolhido um **controlador de carga do tipo solar PWM**, projetado para sistemas fotovoltaicos de **12V**, capaz de ajustar a potência mantendo constante o valor da corrente de entrada.

Sistema de Proteção

Para garantir a segurança e a integridade dos componentes do sistema fotovoltaico, foram implementados **dois disjuntores monopolares de 10A** e um **disjuntor bipolar de 25A**, posicionados nos circuitos de entrada e saída do controlador de carga.

Dois disjuntores estão instalados entre o painel solar e o controlador de carga — um no condutor positivo e outro no negativo — com a função de interromper o circuito em caso de sobrecorrente, curtos-circuitos ou para permitir manutenções preventivas. Essa proteção abrange tanto o controlador quanto o painel solar.

Disjuntor 10A (Painel → Controlador)

- Número de polos: 1
- Tensão nominal: 220 V
- Corrente nominal: 10 A
- Frequência nominal: 60 Hz
- Elemento de proteção: termomagnético
- Capacidade máxima de interrupção: 4,5 kA
- Acionamento: Sobrecorrente
- Curva de atuação (disparo): C

Outro disjuntor foi instalado entre a bateria e o controlador, garantindo que qualquer anormalidade, como corrente excessiva durante o carregamento ou falhas internas na bateria, possa ser rapidamente isolada. Essa configuração proporciona **dupla proteção**, permitindo intervenções seguras e evitando danos aos equipamentos ou instabilidade no funcionamento da armadilha.

Disjuntor 25A (Bateria → Controlador)

- Número de polos: 2
- Tensão nominal: 220 V
- Corrente nominal: 25 A
- Frequência nominal: 60 Hz
- Elemento de proteção: termomagnético
- Capacidade máxima de interrupção: 6 kA
- Acionamento: Sobrecorrente
- Curva de atuação (disparo): C

Dimensionamento dos Condutores

O dimensionamento dos condutores foi realizado com base nos seguintes requisitos:

- Norma **ABNT NBR 16690**
- Tensão e corrente do sistema: considerando o gerador fotovoltaico de **45W** e as condições de operação em sistema **off-grid**
- Queda de tensão máxima permitida:
- Até **3%** para circuitos de geração
- Até **5%** para circuitos de carga

1. Cálculo da Corrente do Sistema

Sistema de 12V:

$$**I = P / V = 45W / 12V = 3,75 A**$$

Aplicando uma margem de segurança de 25%:

$$**I_{projeto} = 3,75 A \times 1,25 = 4,69 A**$$

2. Cálculo da Queda de Tensão

Para cabo de 1,5 mm²:

$$\Delta V = 2 \times R \times I \times L \quad \Delta V = 2 \times 0,0121 \Omega/m \times 4,69 A \times 3 m = **0,340 V**$$
$$\% \text{ Queda} = (0,340 V / 12 V) \times 100 = **2,83%**$$

Para cabo de 2,5 mm²:

$$\Delta V = 2 \times 0,00741 \Omega/m \times 4,69 A \times 3 m = **0,209 V**$$
$$\% \text{ Queda} = (0,209 V / 12 V) \times 100 = **1,74%**$$

3. Comparativo de Queda de Tensão

Seção (mm ²)	Queda de Tensão (V)	% Queda	Atende à Norma?
1,5	0,340	2,83%	Sim
2,5	0,209	1,74%	Sim

Concluímos que 3 metros de cabo com seção de **1,5 mm²** já atendem à exigência da **NBR 5410**, que recomenda uma queda de tensão inferior a **3%** para sistemas fotovoltaicos. Mesmo assim, optou-se pela utilização de **cabos de 2,5 mm²** para garantir uma maior margem de segurança, especialmente em casos de expansão futura do sistema ou aumento do comprimento dos condutores.

Lista de Componentes e Orçamento

Energia	Quantidade	Preço Total
Bateria Pioneiro	1	R\$ 339,00
Placa Solar KC45 - 45 W	1	R\$ 110,58
Controlador de Carga PMW	1	R\$ 96,00

Construção

A implementação do projeto foi iniciada com a aquisição dos componentes e testagem de forma individual. Para verificar o funcionamento da proteção contra descarga profunda do controlador de carga, foram realizados testes práticos. Antes da conexão ao controlador, foi realizado um teste com a bateria utilizando um multímetro digital, e constatou-se que ela estava com descarga significativa, pois o instrumento apresentou dificuldade para a leitura do valor de tensão.

Em seguida, conectou-se essa bateria ao controlador de carga, e o visor não ligou, indicando que a tensão estava abaixo do limite mínimo de operação e

que a saída para as cargas estava corretamente bloqueada. Posteriormente, foi utilizada uma bateria levemente carregada, o que permitiu o acionamento do visor e a liberação da saída.

Para confirmar a passagem de energia, conectou-se um conjunto de carga composto por quatro resistores de potência, observando-se seu aquecimento e funcionamento normal. O teste demonstrou que o controlador está operando conforme esperado, com atuação adequada das proteções e liberação da saída em condições seguras.

Em relação ao teste da placa, este foi feito com o uso de um multímetro para verificar se a placa estava gerando energia. Após o teste inicial, constatou-se que a primeira placa não estava gerando, sendo necessário ser substituída. A substituta, por sua vez, apresentou estabilidade na medição, 11 V, e esta então foi acoplada ao sistema e utilizada.

Após a realização dos testes individuais dos componentes, eles foram integrados ao sistema funcionando de maneira adequada. Com isso, foi possível verificar o fornecimento de energia para os reguladores de tensão, obtendo os resultados esperados.

![Medição de Tensão CC da Bateria](../assets/medicao_tensao_cc_bateria.png) **Figura 01***: Teste de medição de tensão CC da bateria.

![Teste de medição de tensão CC do módulo solar](../assets/medicao_tensao_cc_bateria2.png) **Figura 02***: Teste de medição de tensão CC do módulo solar.

![Teste de medição de tensão CC do stepdown](../assets/medicao_tensao_cc_bateria3.png) **Figura 03***: Teste de medição de tensão CC do stepdown.

![Sistema montado em operação](../assets/sistema_montado_operacao.png) **Figura 04***: Sistema montado em operação.

![Sistema montado em operação](../assets/sistema_montado_operacao2.png) **Figura 05***: Sistema montado em operação.

Alternativa com Fonte Conectada à Rede Elétrica

Como alternativa ao sistema isolado com painel fotovoltaico, propõe-se uma configuração utilizando alimentação por **fonte conectada à rede elétrica**.

Nesse arranjo, a fonte converte a tensão alternada da tomada de **220V (AC)** para **12V em corrente contínua (DC)**, compatível com a tensão de operação do sistema.

A saída da fonte de 12V alimenta diretamente a **bateria**, por meio de um **controlador de carga**, que gerencia o carregamento de forma segura, evitando sobrecargas ou descargas profundas. A bateria continua atuando como **reserva de energia**, garantindo o funcionamento do sistema em casos de queda de energia da rede.

Para os sensores e dispositivos eletrônicos que operam com **5V**, mantém-se o uso de um **regulador de tensão Step Down**, que converte a tensão de 12V da bateria para os 5V necessários.

Essa configuração é uma **opção viável para ambientes internos** ou locais onde o acesso à rede elétrica seja possível, oferecendo maior previsibilidade no fornecimento de energia e simplificando o controle do carregamento da bateria.

Diagrama Unifilar

![Diagrama Unifilar do Sistema de Energia](../assets/diagrama_unifilar.png) **Figura 06***: Diagrama unifilar representando a distribuição elétrica do sistema, incluindo painel solar, controlador de carga, bateria e dispositivos consumidores.

Histórico de Versão

Versão	Descrição	Data	Responsável
1.0	Criação do documento	02/05/2025	Emerson Batista Freire e Gabriela Neves Onives Dias
2.0	Atualização do documento	30/05/2025	Emerson Batista Freire e Gabriela Neves Onives Dias
3.0	Atualização do documento	17/07/2025	Emerson Batista Freire e Gabriela Neves Onives Dias

Divisão de Subsistemas

Diagrama Unifilar do Sistema de Energia

O diagrama unifilar representa de forma simplificada as conexões elétricas do sistema de alimentação do DengBuster, facilitando a visualização da estrutura e da distribuição dos componentes energéticos.

Figura 1 – Diagrama Unifilar do Sistema de Energia

Fonte: Autoria própria, 2025

Histórico de Versão

Versão	Descrição	Data	Responsável
1.0	02/05/2025	Criação do documento	Emerson Batista Freire e Gabriela Neves Onives Dias

Requisitos

Introdução

Este documento apresenta os **requisitos funcionais e não funcionais** do subsistema de energia da armadilha inteligente **DengBuster**. Os requisitos foram definidos com base nas necessidades operacionais do sistema, visando garantir fornecimento confiável de energia, autonomia e segurança para o funcionamento do dispositivo, especialmente em ambientes externos e com acesso limitado à rede elétrica.

O foco principal é permitir o funcionamento contínuo da armadilha ao longo do dia, com armazenamento de energia para operação em períodos de baixa luminosidade, além de garantir a integridade dos equipamentos embarcados por meio de um sistema de proteção adequado.

Requisitos Funcionais

Código	Nome	Descrição
RF01	Sistema de alimentação	O sistema deve fornecer potência para a armadilha durante o dia.
RF02	Armazenamento de energia	O sistema deve ser capaz de armazenar energia na bateria durante o período de baixa luminosidade.
RF03	Proteção elétrica	Deve existir um sistema de proteção contra sobrecarga e sobrecorrente para os equipamentos eletrônicos.

Requisitos Não Funcionais

Código	Nome	Descrição
RNF01	Autonomia do sistema	A bateria deve fornecer energia à armadilha por no mínimo 3 horas após o pôr do sol.
RNF02	Desempenho de carregamento	O sistema fotovoltaico deve ser responsável pelo fornecimento da alimentação e carregamento da bateria.
RNF03	Baterias recarregáveis	O sistema deve utilizar baterias recarregáveis.
RNF04	Baixo custo	O projeto da armadilha deve visar baixo custo de produção.
RNF05	Compatidade	O sistema de alimentação deve ser compacto e leve para não prejudicar a estrutura da armadilha.
RNF06	Eficiência energética	Os componentes utilizados devem priorizar o baixo consumo de energia.
RNF07	Segurança e confiabilidade	O sistema deve seguir normas elétricas para evitar falhas e riscos.

Conclusão

Os requisitos apresentados asseguram que o subsistema de energia contribuirá para um funcionamento robusto, eficiente e seguro da armadilha DengBuster, mesmo em condições ambientais adversas. Estes requisitos também orientam decisões técnicas futuras na seleção de componentes, dimensionamento do sistema e estratégias de carregamento.

Histórico de Versão

Versão	Descrição	Data	Responsável
1.0	Criação do documento	02/05/2025	Emerson Batista Freire e Gabriela Neves Onives Dias

Estrutura Analítica do Projeto (EAP)

Introdução

A EAP é uma ferramenta de gerenciamento caracterizada pela hierarquia das etapas do projeto que o divide em partes menores e organizadas, em que cada nível detalha o que deve ser feito. Essa estrutura facilita o planejamento na distribuição de tarefas e responsabilidades, o acompanhamento do progresso e a execução de atividades.

Hierarquia da EAP

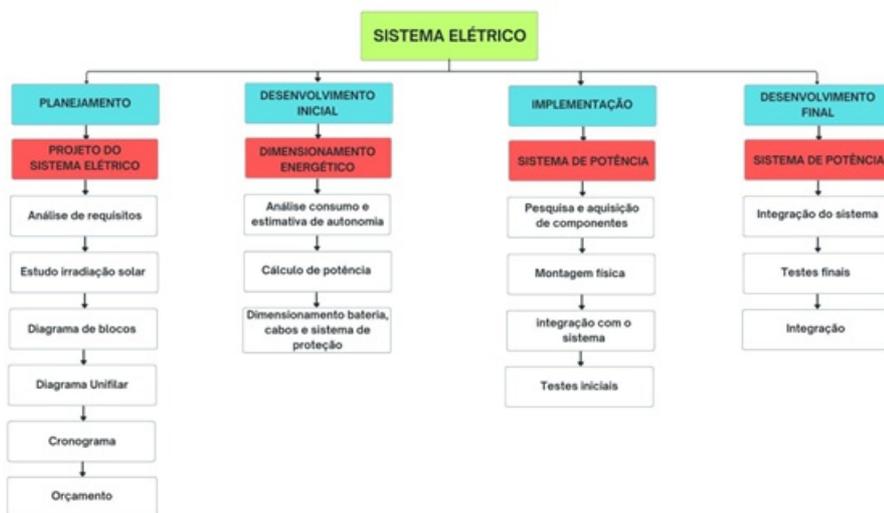
Pode-se considerar a divisão da EAP em três níveis principais para organização das atividades do projeto:

- **1º Nível (Tarefa Principal):** Representa o topo da EAP e define o objetivo geral do projeto.
- **2º Nível (Pacotes de Trabalho):** Agrupamento de atividades relacionadas, facilitando a distribuição de tarefas.
- **3º Nível (Tarefas Detalhadas):** Define tarefas específicas e objetivas em que as pessoas serão alocadas.

Visualização da EAP

A EAP do sistema elétrico do projeto está representada na figura abaixo, em que as células em verde correspondem à tarefa principal, as em azul e vermelho aos pacotes de trabalho, e as em branco descrevem as tarefas.

Figura 1: Diagrama da EAP de Energia



Fonte: Autor, 2025

Conclusão

A execução da EAP é fundamental para o planejamento claro dos recursos, prazos e entregas esperadas para cada fase, servindo como base para o controle do progresso e para a tomada de decisões.

Histórico de Versão

Versão	Descrição	Data	Responsável
1.0	Criação do documento	02/05/2025	Emerson Batista Freire e Gabriela Neves Onives Dias

