



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DA BAHIA - UNEB
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA I
COLEGIADO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL**

**FELIPE DIAS CAVALCANTE DO NASCIMENTO
LUANNA CARDOSO DOS ANJOS**

**RELATÓRIO TÉCNICO – DESENVOLVIMENTO DO ROBÔ OTTO
NINJA HUMANOIDE**

SALVADOR - BAHIA

2025

**FELIPE DIAS CAVALCANTE DO NASCIMENTO
LUANNA CARDOSO DOS ANJOS**

**RELATÓRIO TÉCNICO – DESENVOLVIMENTO DO ROBÔ OTTO
NINJA HUMANOIDE**

Relatório Técnico apresentado como critério de avaliação da disciplina Informática Aplicada a Engenharia do curso de Engenharia de Produção Civil da Universidade do Estado da Bahia - UNEB.

Prof. Orientador: Robson Marinho da Silva

**SALVADOR - BAHIA
2025**

1. INTRODUÇÃO

O presente relatório técnico apresenta o desenvolvimento do Robô Otto DIY Ninja Humanoide, denominado “Bob”, realizado no âmbito da disciplina Informática Aplicada à Engenharia, do curso de Engenharia de Produção Civil da Universidade do Estado da Bahia (UNEB). O projeto teve como objetivo integrar conhecimentos de programação, eletrônica básica, modelagem computacional, impressão 3D e gerenciamento de projetos, por meio da prototipagem de um sistema mecatrônico.

O desenvolvimento iniciou-se com a modelagem do comportamento do robô utilizando Redes de Petri simples e compostas, que possibilitaram o planejamento lógico das ações e a definição da arquitetura de controle do sistema. Em seguida, foram realizadas a definição da lista de materiais, a impressão 3D das peças estruturais e a montagem mecânica e elétrica, etapa que demandou ajustes iterativos e adaptações em função das características dos componentes disponíveis.

Por fim, efetuou-se a programação e integração dos subsistemas, envolvendo o controle dos servomotores, a leitura do sensor ultrassônico e a utilização do display para interação visual. Durante essa fase, desafios técnicos, como a substituição de uma placa controladora defeituosa, contribuíram para o desenvolvimento de competências relacionadas à organização, diagnóstico técnico e resolução de problemas, consolidando os objetivos propostos pela disciplina.

2. MODELAGEM DO ROBÔ UTILIZANDO REDES DE PETRI

A primeira etapa do projeto consistiu no desenvolvimento de uma Rede de Petri simples, que evoluiu para uma Rede de Petri composta (colorida), utilizando os softwares *HPSIM* e *CPN Tools*. Essas modelagens tiveram como finalidade representar, de forma lógica e estruturada, o comportamento e os movimentos principais do robô.

2.1. Rede de Petri Simples

A Rede de Petri simples permitiu mapear:

- Os estados fundamentais do robô (ligado, executando, repouso);
- As transições referentes a movimentos básicos (andar, girar, acenar, mostrar expressões);
- A lógica de alternância entre ações;
- O mecanismo de exclusão mútua (lugar *busy*), garantindo que apenas uma ação fosse executada por vez.

Esta modelagem facilitou a identificação de cenários de teste e a previsão de situações de bloqueio (*deadlock*) e condições de corrida, orientando ajustes posteriores no projeto físico e no código de controle.

2.2. Rede de Petri Composta (Colorida)

A etapa seguinte consistiu na construção de uma Rede de Petri colorida, que representa tokens com informações (cores) como tipo de comando, parâmetros e estados. A modelagem colorida possibilitou:

- Compactar várias situações (ex.: diferentes comandos) em uma mesma estrutura de transição;
- Simular cenários com parâmetros (velocidade, duração, prioridade);
- Verificar lógica de interação entre subsistemas (pernas, rodas, braços, display e sensor de obstáculo).

A modelagem por Redes de Petri, tanto simples quanto colorida, foi relevante para antecipar o comportamento do robô, definindo critérios de sucesso para a implementação e testes.

3. LISTA DE MATERIAIS DO PROJETO

Após a fase de modelagem, elaborou-se a lista de materiais necessária para a montagem do protótipo. A lista incluiu itens eletrônicos, mecânicos e de fixação, bem como as peças a serem impressas em 3D. Entre os componentes principais destacam-se:

- 5 Servomotores de 180°;
- 2 Servomotores de 360°;
- 1 Sensor ultrassônico HC-SR04;
- 1 Tela OLED 0.96" I2C 128x64 (display);
- 1 Placa controladora Shield associada ao Arduino Nano;
- 1 Bateria recarregável de 7,4V;
- Cabos Dupont, conectores e parafusos;
- 2 Capacitores Kettuo 16V;
- Peças estruturais impressas em 3D (lista detalhada na Seção 4).

Ressalta-se que alguns componentes diferiram das especificações originais do projeto Otto DIY, em função da disponibilidade de materiais fornecidos, exigindo adaptações durante o desenvolvimento.

4. IMPRESSÃO 3D DAS PEÇAS ESTRUTURAIS

A estrutura mecânica do robô foi produzida por meio de impressão 3D, processo que demandou diversas iterações até a obtenção de peças com qualidade dimensional e acabamento adequados.

4.1. Peças Impressas

Foram impressas as seguintes peças:

- Tampa preta para cabeça;
- Base da cabeça;
- Espada azul;
- 2 × Ombros;
- 2 × Braços;
- Tornozelo esquerdo;
- Tornozelo direito;
- Base preta;
- 2 × Pés;
- Parte inferior interna;

- Pernas;
- Tampa inicial;
- Tampa ultrassônica para o sensor;
- Faixa azul.

4.2. Processo e ajustes

A impressão das peças durou várias semanas. Algumas peças foram reimpressas devido a falhas de acabamento ou dimensionais. Foi necessário ajustar modelos no software *Autodesk Fusion 360*, entre eles:

- Redimensionamento e reposicionamento da abertura frontal do corpo para acomodar a matriz de LEDs (a matriz adquirida apresentou dimensões diferentes do modelo original);
- Correções de encaixe nas articulações (ombros e tornozelos);
- Inclusão de características estéticas e identificação (nome dos integrantes, nome do orientador, ano e mês), que foram incorporadas ao modelo final.

5. MONTAGEM MECÂNICA E INSTALAÇÃO DOS COMPONENTES

Finalizadas as impressões e os ajustes, procedeu-se à montagem mecânica e à instalação dos atuadores e sensores.

5.1. Instalação de servos

Os servos foram instalados conforme a arquitetura prevista:

- Pernas: em cada perna foi instalado um servo de 180° e um servo de 360°;
- Braços: um servo de 360° por braço;
- Cabeça: um servo de 360° (para movimentação da cabeça) e sensor ultrassônico HC-SR04 montado na tampa frontal;
- Posições físicas dos servos e referências de portas na shield.

5.2. Bateria e alimentação

A bateria utilizada foi do tipo: Bateria recarregável 7,4V, instalada na cavidade do corpo. A alimentação é gerenciada por um capacitor conforme especificações da lista de materiais, garantindo 5V para os servos e 3.3V/5V para a placa controladora conforme necessidade.

5.3. Placa controladora e conexões

O robô utilizou a combinação Shield e Arduino Nano.

5.4. Conexões e Cabeamento

Os componentes foram conectados às portas apropriadas da Shield:

- Servos das pernas
 - Direita → posição: 3
 - Esquerda → posição: 2
- Servos dos pés
 - Direita → posição: 5
 - Esquerda → posição: 4

- Servos dos braços
 - Direita → posição: 7
 - Esquerda → posição: 6
- Servo da cabeça → posição: 10
- Sensor ultrassônico
 - Saída: VCC → Cabo: vermelho → posição: 9V
 - Saída: TRIG → Cabo: preto → posição: 8S
 - Saída: ECHO → Cabo: branco → posição: 9S
 - Saída: GND → Cabo: cinza → posição: 8G
- Display (tela OLED)
 - Saída: GND → Cabo: verde → posição: A4G
 - Saída: VDD → Cabo: amarelo → posição: A4V
 - Saída: SCK → Cabo: salmão → posição: A5S
 - Saída: SDA → Cabo: vermelho → posição: A4S
- Bateria
 - Cabo: vermelho → posição: VIN
 - Cabo: preto → posição: GND
- Capacitor
 - 5/Cabo: azul → posição: 0G
 - Cabo: amarelo → posição: 0V

6. PROGRAMAÇÃO E INTEGRAÇÃO

Com os componentes integrados, iniciou-se a preparação do ambiente de desenvolvimento e a configuração da placa no Arduino IDE. As etapas realizadas até o ponto atual incluem:

- Instalação de bibliotecas para servos, sensor ultrassônico, e para o controlador da matriz;
- Configuração da placa e da porta serial;
- Planejamento da arquitetura de software baseada nas Redes de Petri desenvolvidas.

Nessa etapa, foi identificado que a placa Arduino Nano inicialmente utilizada apresentava indícios de falha, possivelmente decorrente de dano físico no circuito, conforme evidenciado pelo furo observado na placa (Figura 1). Tal condição impossibilitou a comunicação adequada entre o computador e o microcontrolador, inviabilizando o carregamento do firmware e a execução dos testes iniciais.

Figura 1 - Arduino Nano com furo sugerindo placa queimada



Fonte: O autor (2025)

Diante desse diagnóstico, tornou-se necessária a aquisição de um novo Arduino Nano, permitindo a retomada das atividades de programação. Após a substituição da placa, foi possível configurar corretamente o ambiente no Arduino IDE, estabelecer comunicação serial e iniciar a implementação do código responsável pelo controle dos servomotores, leitura do sensor ultrassônico e acionamento do display.

7. GERENCIAMENTO DO PROJETO

O acompanhamento e a organização do projeto foram realizados por meio da ferramenta Trello, utilizada para:

- Criação de cartões de tarefas (impressão 3D, montagem, programação, testes);
- Atribuição de responsabilidades entre os integrantes;
- Registro de progresso e impedimentos;
- Armazenamento de registros de iteração (reimpressões, ajustes de modelo) e fotos das peças.

O uso do Trello permitiu manter rastreabilidade das atividades, priorizar tarefas e documentar decisões durante todo o desenvolvimento.

8. DOCUMENTAÇÃO DO PROJETO

A documentação do projeto foi elaborada de forma contínua ao longo de todas as etapas de desenvolvimento do Robô Otto Ninja Humanoide. Foram produzidos registros técnicos que contemplam a modelagem do sistema por meio de Redes de Petri, a lista de materiais, os arquivos de modelagem e impressão 3D, registros fotográficos do processo de fabricação e montagem, esquemas de ligação elétrica e versões sucessivas do código-fonte desenvolvido.

Além disso, foi criado um repositório no [GitHub](#) com a finalidade de centralizar e preservar todos os arquivos digitais do projeto, incluindo códigos de programação, diagramas, modelos tridimensionais e documentos textuais. Essa prática contribuiu para a organização, rastreabilidade e versionamento das informações, possibilitando maior transparência, reproduzibilidade do projeto e facilidade para futuras melhorias. O uso dessa plataforma também está alinhado às boas práticas de engenharia e desenvolvimento tecnológico, especialmente no que se refere ao trabalho colaborativo e à gestão de versões.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do Robô Otto DIY Ninja Humanoide proporcionou aos integrantes uma experiência prática e integrada, envolvendo conceitos de programação, eletrônica, modelagem computacional, impressão 3D e gerenciamento de projetos. A utilização das Redes de Petri mostrou-se uma ferramenta eficiente para o planejamento lógico do comportamento do robô, auxiliando na organização das ações e na redução de falhas durante a integração entre os subsistemas.

As etapas de impressão 3D e montagem mecânica evidenciaram a importância do processo iterativo de prototipagem, uma vez que ajustes sucessivos foram necessários até alcançar um resultado funcional e esteticamente satisfatório. No âmbito da programação, a identificação e substituição da placa Arduino Nano defeituosa representaram um desafio relevante, reforçando a necessidade de diagnóstico técnico, tomada de decisão e adaptação frente a imprevistos, situações comuns em projetos de engenharia.

De modo geral, os objetivos propostos pela disciplina foram plenamente atingidos, permitindo a consolidação dos conhecimentos teóricos por meio de sua aplicação prática. O projeto demonstrou o potencial do Robô Otto como plataforma educacional para o aprendizado de automação, programação e sistemas mecatrônicos, além de contribuir para o desenvolvimento de competências como trabalho em equipe, organização, planejamento e resolução de problemas.