

Integração Telemétrica e Mapeamento Topográfico com Robótica Quadrúpede

Disciplina de SIG

Professor: Dr. Luiz Cláudio Dalmolin
Alunos: Guilherme Cardoso
Lucas Gabriel Kühl Alves
Vilson Carlos Buba Kühl

Contextualização e o Problema



Navegação Robótica Moderna

A evolução da navegação robótica exige **integração direta com dados geodésicos** para localização espacial e tomada de decisão autônoma em tempo real.



O Desafio de Integração

Sistemas operacionais robóticos modernos (como o ROS 2) **carecem de formatos de mensagens padronizados** para exportação direta de vetores para hardwares e softwares SIG (ex: QGIS).



Mapeamento e Integridade

Há uma necessidade crítica de **mapear áreas de risco com precisão 3D** e desenvolver pipelines de telemetria robustos que impeçam completamente a corrupção de dados.

Objetivos



Objetivo Geral

Desenvolver uma aplicação (middleware) para manipulação e formatação de dados georreferenciados coletados por **robótica quadrúpede**.



Viabilidade de Integração

Provar a viabilidade de integração de **módulos legados** com hardwares robóticos de ponta.



Estruturação de Dados

Estruturar os dados espaciais brutos em **formato tabular vetorial** compatível com ferramentas SIG.

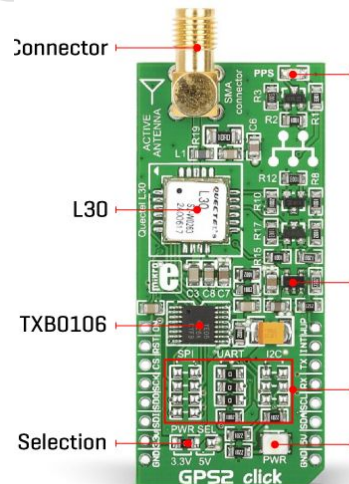
Origem dos Dados

A Arquitetura Física e Rastreamento GNSS/GPS em Tempo Real



Módulo Legado

GPS2 Click
(MikroElektronika)
equipado com o
chip interno
Quectel L30.



Antena Ativa

Cisco
GPS-ACT-ANTM-S
MA
Alta sensibilidade
para ambientes
indoor.



A Ponte Física

Placa
microcontroladora
Arduino Elegoo
UNO R3 atuando
como intermediária.



Computador ou
placa **Jetson Orin**
embarcada
diretamente no
robô Unitree Go2
Edu.



Dados Utilizados

Estrutura e extração de telemetria GNSS



Protocolo

Uso do padrão **NMEA 0183** operando através de um fluxo contínuo de texto ASCII para transmissão instantânea.



Sentença Alvo

Extração focada na sentença **\$GPGGA** (Global Positioning System Fix Data) como a unidade central de telemetria.



Métricas Chave

- Latitude e Longitude.
- **Altitude** (Eixo Z), essencial para a geração de malhas 3D.
- Fixação 3D e contagem estável de satélites.

Destrinchando o NMEA

```
15:23:53.687 -> $GPGSV,3,3,12,23,63,257,,01,49,224,,57,32,008,,04,14,220,*7C
15:23:53.853 -> $GPRMC,182353.000,A,2614.8545,S,04920.8375,W,0.00,309.97,210526,,,A*62
15:23:54.085 -> $GPGGA,182354.000,2614.8545,S,04920.8375,W,1,06,1.9,864.4,M,1.0,M,,0000*60
15:23:54.251 -> $GPGSA,A,3,19,20,15,06,12,11,,,,,,,,,2.8,1.9,2.1*38
15:23:54.384 -> $GPRMC,182354.000,A,2614.8545,S,04920.8375,W,0.00,309.97,210526,,,A*65
15:23:55.080 -> $GPGGA,182355.000,2614.8545,S,04920.8375,W,1,06,1.9,864.4,M,1.0,M,,0000*61
```

Sincronização Temporal

182354.000 indica 18:23:54 UTC, refletindo a hora local exata da medição.

182354.000

Rastreo de Satélites

Valor 06 indica 6 satélites estáveis (acima do mínimo de 4 exigido).

SAT: 06

Coordenadas Locais

2614.8545,S / 04920.8375,W.

2614.85, 04920.83

Dados Topográficos

864.4,M registra altitude compatível com o Planalto Norte.

864.4 M

Qualidade do Sinal

Marcador 1 confirma "Fixação 3D Válida" com confiança total no dado.

FIX: 1

Carimbo de Data

Sentença \$GPRMC assina o pacote com a data da captura: 21/05/26.

210526

Tratamento de Dados: NMEA para CSV

Desafio Cartográfico

SIGs (QGIS) exigem Graus Decimais (DD). NMEA utiliza Graus e Minutos Decimais (DDM).

Implementação C++

TinyGPS++ na BlackBoard realiza a conversão matemática.

Saída Estruturada

Cabeçalho: Latitude, Longitude, Altitude, Satélites, Data, Hora.

NMEA Bruto (DDM)	CSV Final (DD)
\$GPGGA,123519,4807.038,N,01131.000,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M,,*47	Lat: 48.1173, Lon: 11.5166
Sistemas legados e telemetria bruta via serial.	Pronto para QGIS e análise geoespacial direta.

Metodologia e Ferramentas

Arquitetura de Hardware e Segurança de Dados



Acoplamento Frouxo

Abordagem de **Loosely-Coupled** onde o microcontrolador Arduino atua de forma independente.



Arduino como Escudo

A placa intermediária impede a sobrecarga de processamento na **Jetson Orin** embarcada no cão robô.



Trava de Checksum

Garantia de integridade física por meio de soma de verificação hexadecimal para **validação matemática** dos dados.

Metodologia e Ferramentas (Software)

Ambiente de Execução e Manipulação de Dados espaciais



Linguagens

Uso de **Python** para o script principal em execução na Jetson.
Desenvolvimento em **C/C++** para o firmware do Arduino, utilizando a biblioteca **TinyGPS++**.



Middleware

O script **quadrumap_logger.py** monitora ativamente a porta serial **/dev/ttyUSB0**.
Interceptação, particionamento de strings NMEA 0183 e exportação direta em arquivos **.csv**.



Software SIG

Integração com o **QGIS** em ambiente Linux/Ubuntu.
Permite a importação dos dados estruturados para modelagem de trajetórias e posterior visualização espacial final.

Aplicação

sentenças NMEA e georreferenciamento físico no QGIS

```
-26.248004,-49.347373,864.7,5,24/06/2026,19:58:02  
-26.248003,-49.347377,864.8,5,24/06/2026,19:58:03  
-26.248003,-49.347377,864.8,5,24/06/2026,19:58:03  
-26.247999,-49.347381,864.7,5,24/06/2026,19:58:04  
-26.247999,-49.347381,864.7,5,24/06/2026,19:58:04  
-26.247993,-49.347385,864.5,5,24/06/2026,19:58:05  
-26.247993,-49.347385,864.5,5,24/06/2026,19:58:05  
-26.247991,-49.347385,864.4,5,24/06/2026,19:58:06  
-26.247991,-49.347385,864.4,5,24/06/2026,19:58:06  
-26.247989,-49.347385,864.3,5,24/06/2026,19:58:07  
-26.247989,-49.347385,864.3,6,24/06/2026,19:58:07  
-26.247989,-49.347385,864.3,6,24/06/2026,19:58:08  
-26.247989,-49.347385,864.3,6,24/06/2026,19:58:08  
-26.247991,-49.347381,864.3,6,24/06/2026,19:58:09  
-26.247991,-49.347381,864.3,6,24/06/2026,19:58:10  
-26.247997,-49.347373,864.3,6,24/06/2026,19:58:10  
-26.247997,-49.347373,864.3,6,24/06/2026,19:58:10  
-26.247999,-49.347370,864.4,6,24/06/2026,19:58:11  
-26.247999,-49.347370,864.4,6,24/06/2026,19:58:11  
guilherme@guilherme-Aspire-A515-41G:~$ _
```

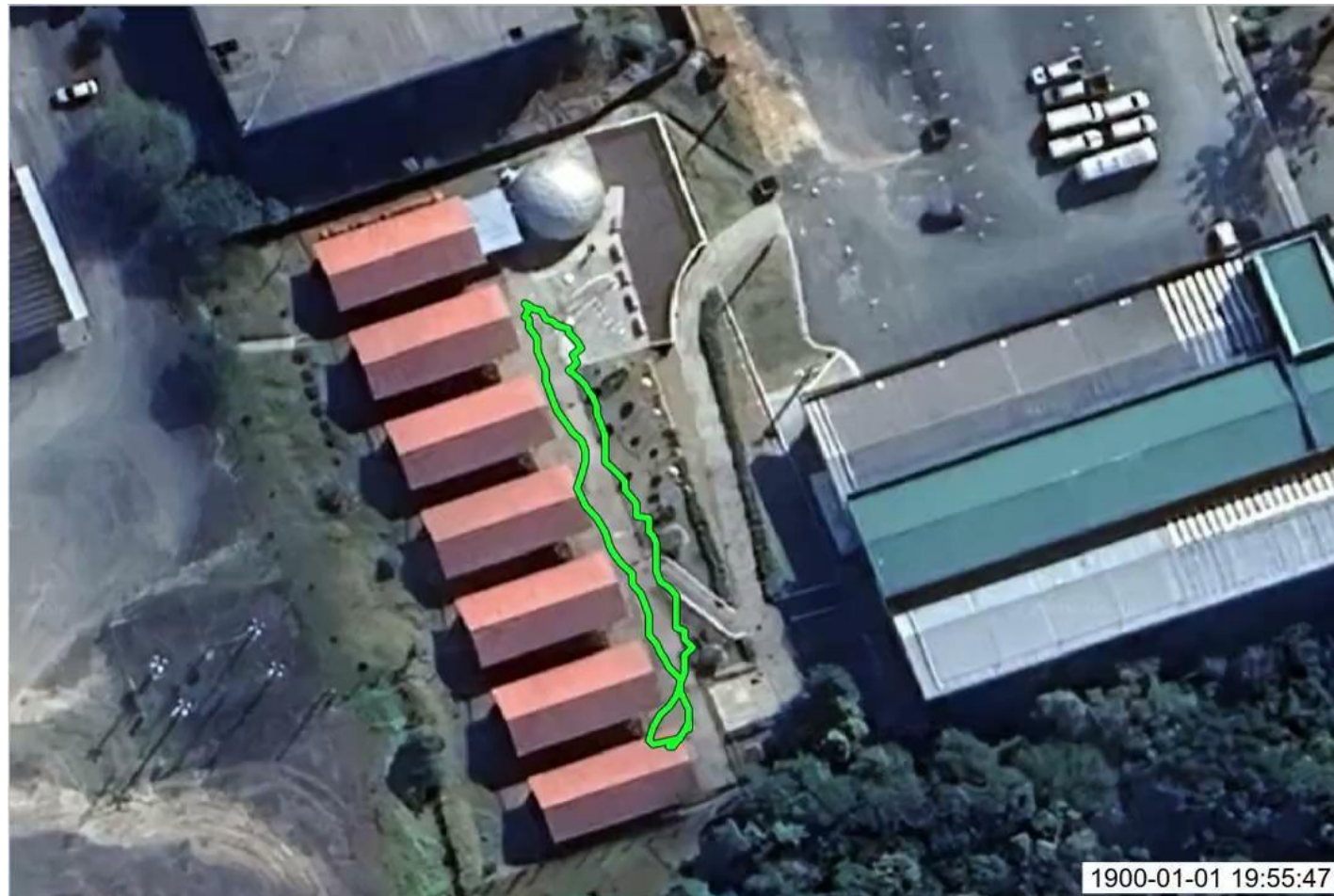
Leitura e Conversão de Sentença
NMEA



Georreferenciamento Físico no
QGIS

Aplicação

sentenças NMEA e georreferenciamento físico no QGIS



Georreferenciamento Físico no
QGIS

Fontes de Apoio e Referências Bibliográficas

Bibliografia Acadêmica e Técnica

- RAYMOND, E. S. *NMEA Revealed*. Documentação técnica do protocolo NMEA 0183. Disponível em: https://gpsd.gitlab.io/gpsd/NMEA.html#_gsa_gps_dop_and_active_satellites
- CARDOSO, G. *Relatórios de Atividades de bolsita (LABIND): Abril a Junho de 2026*. UDESC

Bibliotecas Técnicas e SDKs

- Firmware Arduino TinyGPS++ (Mikal Hart) Disponível em: https://www.pjrc.com/teensy/td_libs_TinyGPS.html
- Especificações e esquemáticos do GPS2 Click (MikroElektronika). Disponível em: <https://download.mikroe.com/documents/add-on-boards/click/gps-2/gps-2-click-manual-v100.pdf>
- SDK de telemetria e documentação da API do Unitree Go2 Edu.



