

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UAST

**Plataforma com ajuste de equilíbrio para
transporte de cargas frágeis utilizando recursos
de um *smartphone***

Discente: Leonardo de Lima Souza

Orientador: Carlos André Batista

Agenda

- **INTRODUÇÃO**

- Objetivos
- Motivação

- **REFERENCIAL TEÓRICO**

- Robótica
- Arduino
- Android OS
- Trabalhos relacionados

- **METODOLOGIA**

- **DESENVOLVIMENTO DO PROJETO**

- Desenvolvimento para Android
- Desenvolvimento para Arduino
- Comunicação entre Android e Arduino
- Desenvolvimento do controle
- Confecção da Plataforma
- Testes, experimentos e resultados

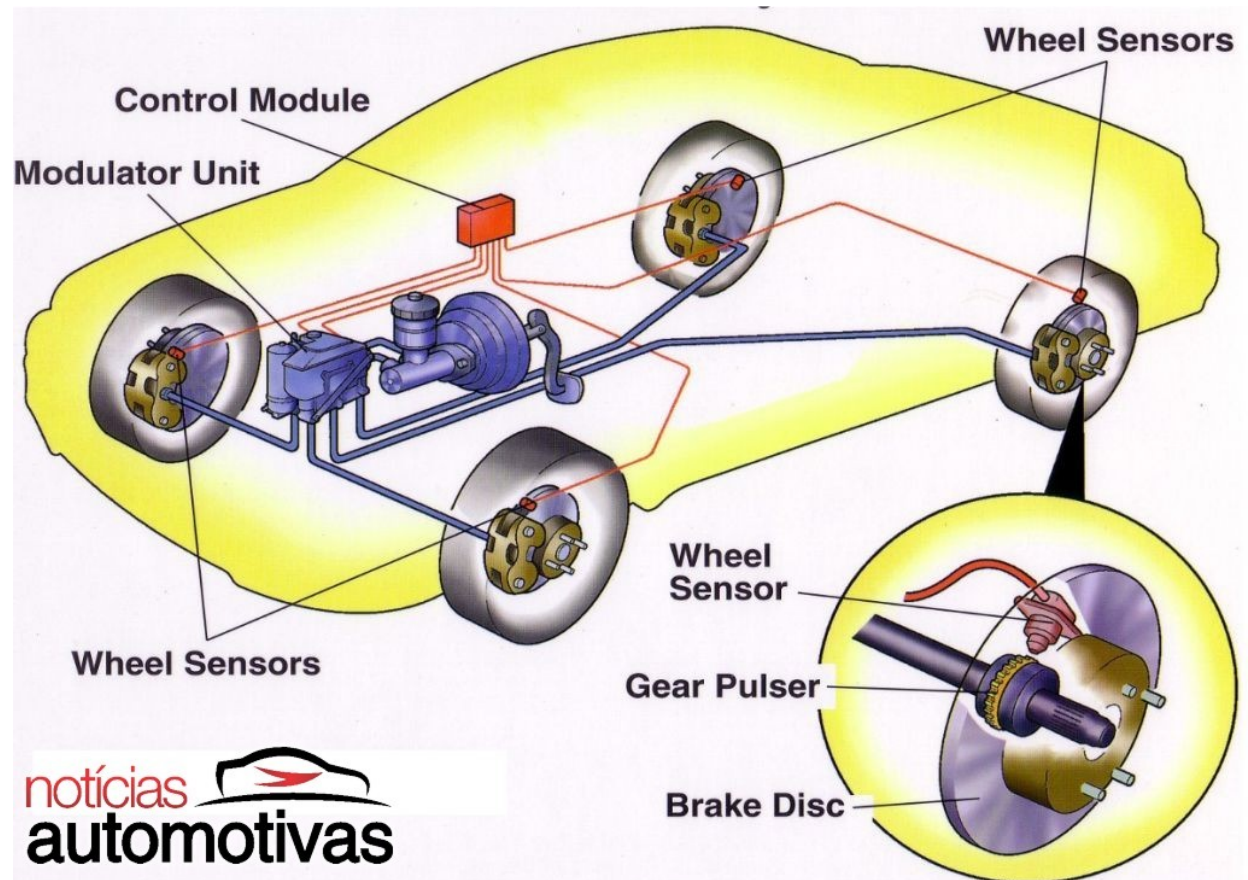
- **CONCLUSÃO**

Introdução

- O transporte de cargas em veículos terrestres está suscetível a **estradas irregulares, motoristas imprudentes e situações adversas** que podem comprometer o estado do material transportado.
- Soluções:
 - Amortecedores hidráulicos e eletrônicos;
 - Controle de freios e de tração;
 - Suspensão inteligente;

Introdução

- Alguns sensores usados em suspensões automotivas



Fonte: <http://www.noticiasautomotivas.com.br/images/img/f/TCS-Sys.jpg> (2013)

Introdução

- **Suspensão inteligente em transportes coletivos**



Fonte: <http://www.noticiasautomotivas.com.br/images/img/f/esp-3.jpg> (2013)

Objetivos

- Geral
 - Este trabalho tem como objetivo geral a criação de um protótipo de plataforma para transporte de cargas frágeis usando equipamentos e tecnologias mais acessíveis, como por exemplo, os sensores de um smartphone, para manter o nivelamento e reduzir desperdícios e/ou danos físicos ao material transportado.

Objetivos

- Específico
 - Desenvolvimento do software Android para leitura de sensores do *smartphone*;
 - Desenvolvimento do software para o Arduino usado no controle da plataforma;
 - Estabelecimento da comunicação entre *smartphone* e Arduino;
 - Criação da plataforma móvel: projeto mecânico e eletroeletrônico;
 - Projeto de comunicação entre o *smartphone* e o dispositivo externo de controle e configuração;
 - Validar o projeto por meio de experimentos.

Motivação

- Dificuldades no transporte de cargas frágeis;
 - Pouca **evolução**;
- Exemplos
 - Transporte de **vidro**;
 - **Pacientes** em ambulâncias;

Motivação



Fonte: brasilcaminhoneiro.com.br

Motivação

- Popularização das plataformas **Android** e **Arduino**;
- Presença de *smartphones* em projetos somente como um **controle remoto**;
- Recursos disponíveis no Android, principalmente o seu **poder de processamento**.

Referencial teórico

- Robótica
 - Segundo o Dicionário Aurélio é o “Ramo do conhecimento, comum à engenharia e à informática, que trata da criação e da programação de robôs.”.
- Robô
 - De acordo com a RIA (*Robotics Industries Association*) “Robô é um manipulador reprogramável e multifuncional projetado para mover materiais, partes, ferramentas ou dispositivos especializados através de movimentos variáveis programados para desempenhar uma variedade de tarefas.”

Referencial teórico

- Robótica
 - Mitologia grega;
 - Início da robótica:
 - Ctesibius (285-222 a. C.: Grécia) → ***clepsidra***;
 - Heron de Alexandria (10-70 d. C.: Grécia) → **1ª máquina de vender bebidas**;
 - Leonardo da Vinci (1452: Itália-1519: França) → **Robô Leonardo**;
 - Jacques de Vaucanson (1709-1782: França) → **robô que tocava flauta**;

Referencial teórico

- Robótica na educação



Kit Alfa
Fonte: AZEVEDO (2010)



Kit LEGO
Fonte: AZEVEDO (2010)

Referencial teórico

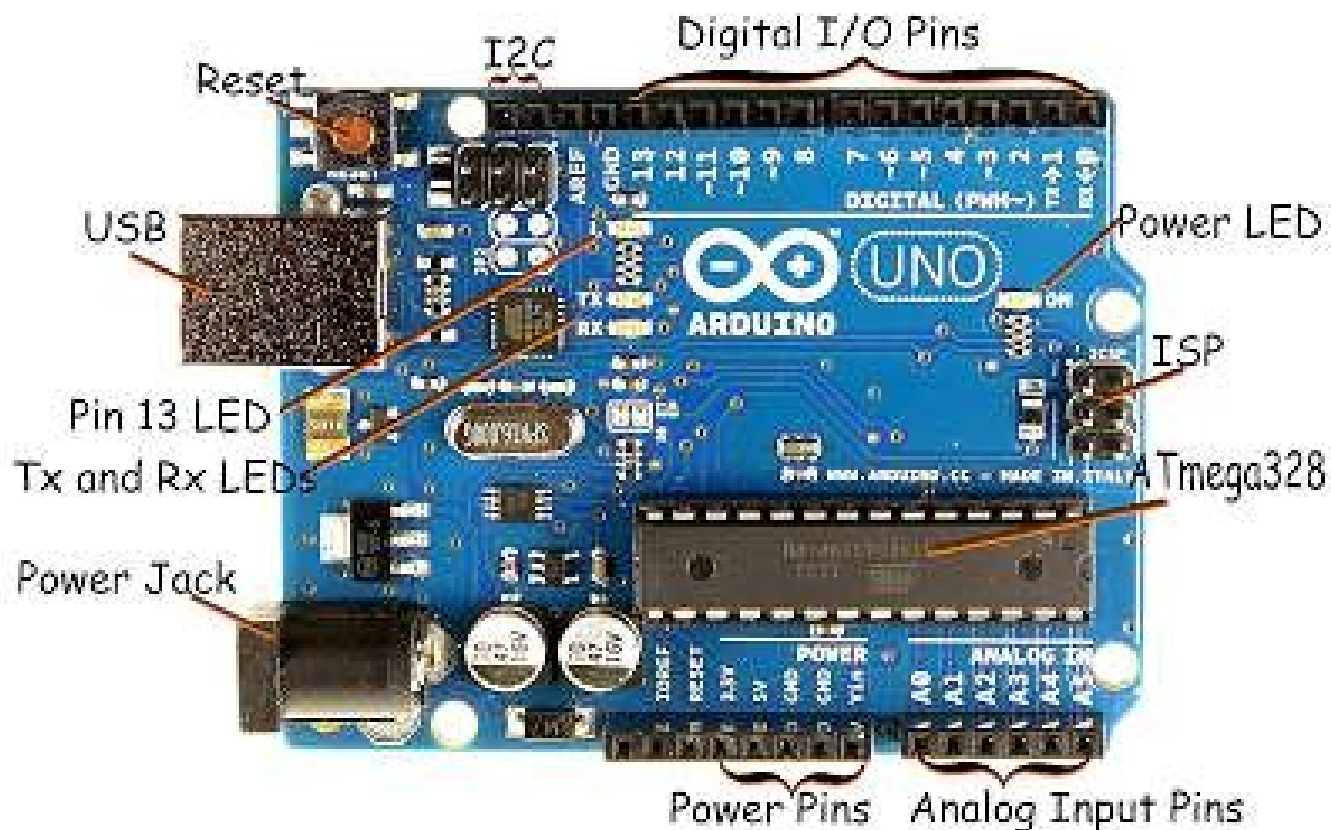
- Arduino
 - Arduino é uma **plataforma de prototipagem eletrônica** de código **aberto** baseada em hardware e software flexíveis e **fáceis de usar**. Aplica-se aos mais diversos tipos de **pessoas** e interesses, como **artistas, designers** ou **qualquer pessoa** interessada em criar objetos ou **ambientes interativos** com facilidade para resolver **problemas** do **cotidiano**. (ARDUINO, 2015).

Referencial teórico

- Arduino
 - Surgiu em 2005, Ivrea, Itália.
 - Foco educacional;
 - Baixo custo;
 - 50 mil unidades vendidas até 2010 (SOARES, 2013);
 - Atmel AVR de 8 bits;
 - Pinos digitais e analógicos E/S;
 - Conexão USB;
 - Entrada de alimentação externa: 6 Volts e máxima de 20 Volts;

Referencial teórico

- Arduino UNO



Referencial teórico

- Android

- Surgiu em 2003, num projeto desenvolvido pela empresa Android, Inc.;
- Em 2005 a Google adquiriu a companhia e continuou o projeto;
- Em 2008 foi lançado o 1º dispositivo Android, o HTC Dream.



Introdução: sensores no Android

Sensor	Tipo	Descrição	Usos
Acelerômetro	HW	Mede a força da aceleração em m/s ² aplicada ao dispositivo em todos os três eixos físicos (x, y e z), incluindo a força da gravidade.	Detecção de movimento (ao chacoalhar, ao bater, etc.).
Termômetro (temperatura ambiente)	HW	Mede a temperatura em graus Celsius.	Monitoramento da temperatura do ambiente.
Gravidade	HW e SW	Mede a força da gravidade em m/s ² aplicada a um dispositivo em todos os eixos físicos.	Detecção de movimento (chacoalho, batida, toque, etc.).
Giroscópio	HW	Analisa a rotação em rad/s em torno de cada um dos 3 eixos.	Detecção da rotação (giro, virada, etc.).
Luz	HW	Detecta e analisa a intensidade da iluminação ambiente em lx.	Adaptar o brilho da tela em função da iluminação local.

Introdução: sensores no Android

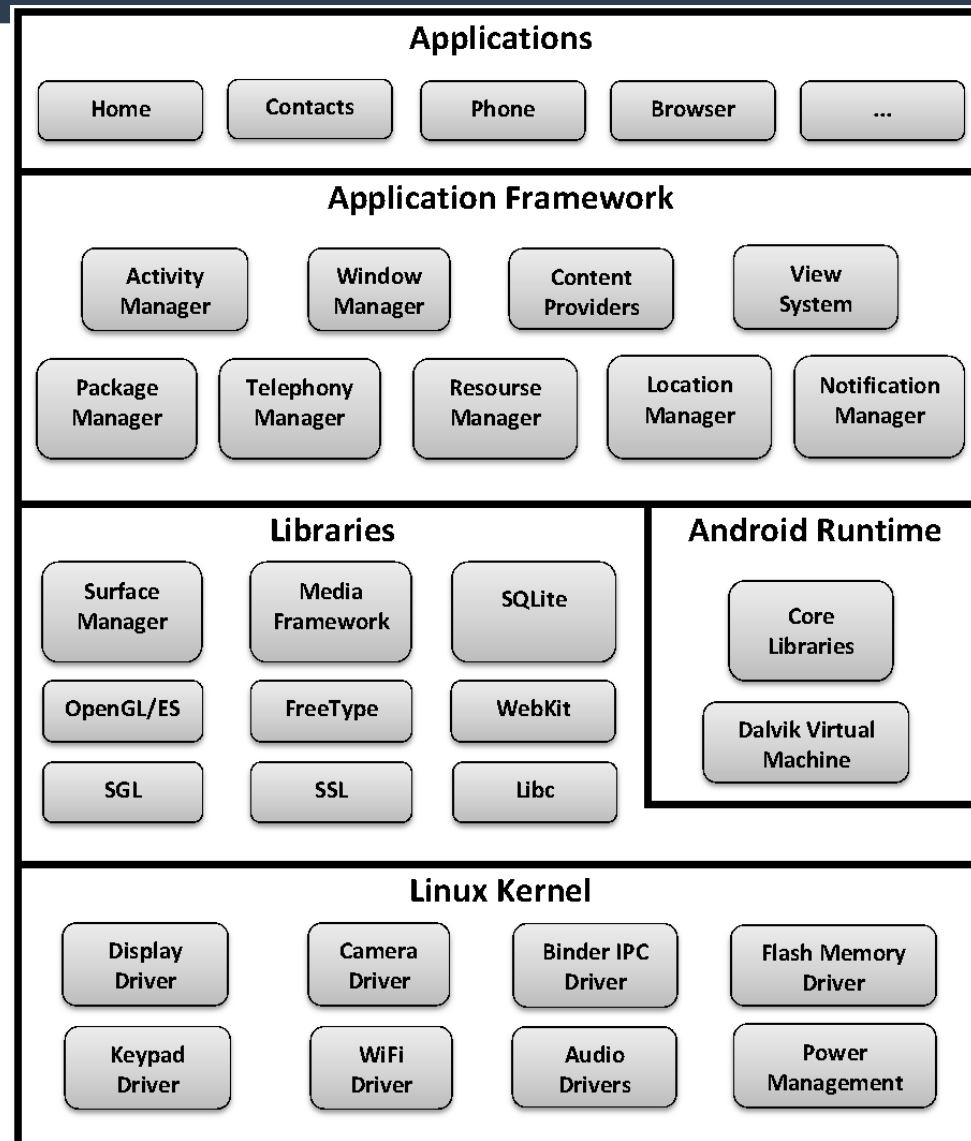
Aceleração linear	HW e SW	Mede a força de aceleração em m/s^2 aplicada ao aparelho em todos os 3 eixos físicos (x, y e z), excluindo a força da gravidade.	Monitoramento da aceleração ao longo de um único eixo.
Campo magnético	HW	Mede os valores do campo magnético ao redor do dispositivo relativo a todos os 3 eixos em T.	Criar uma bússola.
Orientação	SW	Mede a graduação da rotação que o dispositivo faz em torno dos 3 eixos físicos.	Determinar a posição do aparelho.
Pressão	HW	Mede a pressão ambiente do ar em hPa ou mbar.	Monitorar as alterações na pressão atmosférica.

Introdução: sensores no Android

Proximidade	HW	Mede a proximidade em relação a um objeto em cm a partir da tela.	Determinar se o smartphone está próximo ao ouvido/rosto do usuário.
Umidade relativa	HW	Mede a umidade relativa do ambiente em percentuais (%).	Monitorar o ponto de orvalho, absoluto e umidade relativa.
Vetor de rota ^{ção}	SW e HW	Mede a orientação de um dispositivo, providenciando os 3 elementos do seu vetor de rota ^{ção} .	Detec ^{ção} de movimento e de rota ^{ção} .
Temperatura	HW	Mede a temperatura do dispositivo em graus Celsius. Este sensor varia entre os diversos dispositivos Android.	Monitorar temperaturas.

Fonte: adaptado de Praciano (2015).

Referencial teórico



Arquitetura do Android

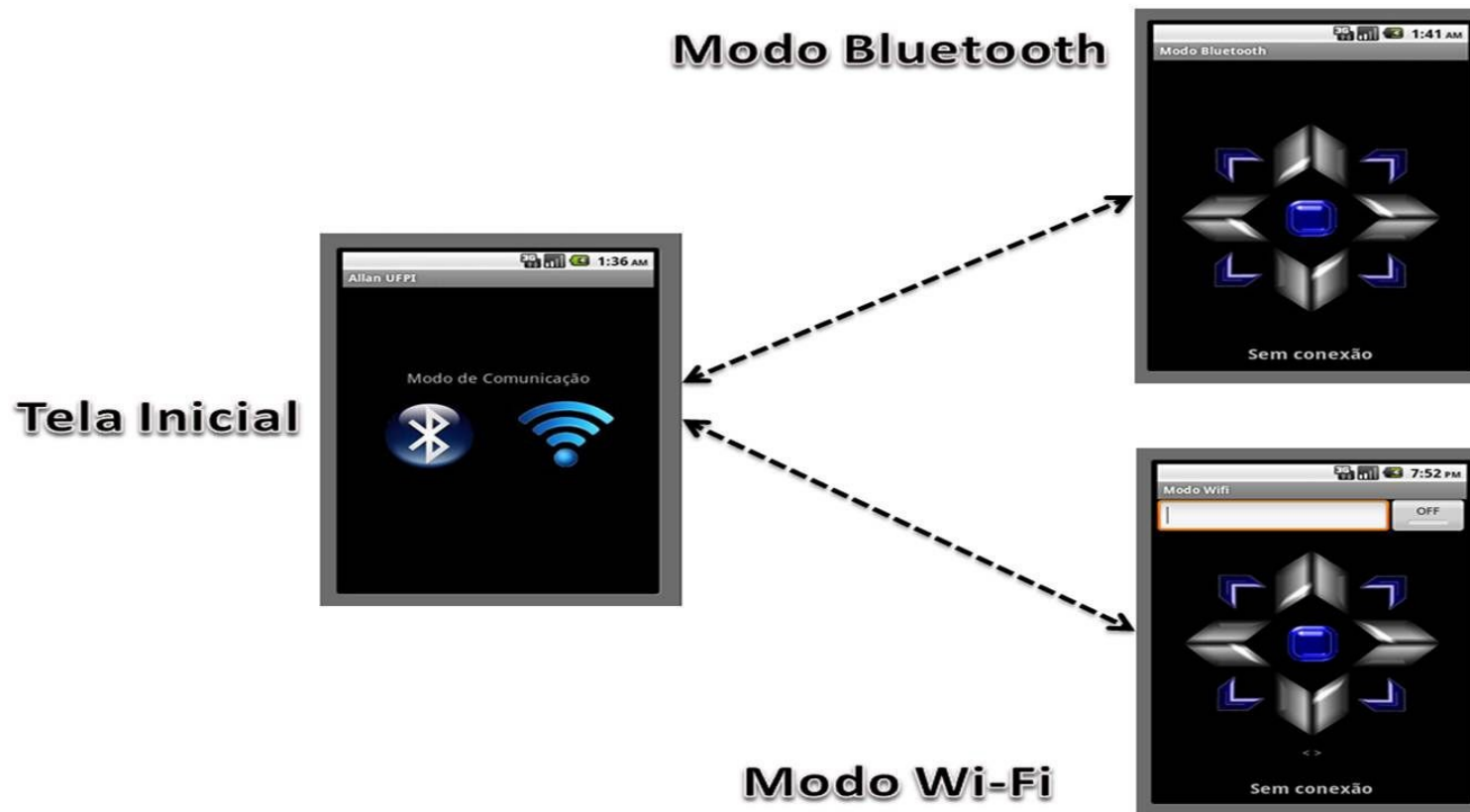
Fonte: adaptado de <http://developer.android.com/images/system-architecture.jpg>

Trabalhos relacionados

- **Título:** Aplicativo em Android para controle de unidades robóticas móveis com Arduino
- **Instituição:** Universidade Federal Do Piauí
- **Autor:** Allan Jheyson Ramos Gonçalves
- **Objetivo:** Desenvolver um sistema capaz de manipular um robô que utiliza a plataforma Arduino, através de sinais digitais emitidos pelas interfaces de comunicação *bluetooth* e *wi-fi* de um *smartphone* com sistema operacional Android.

Trabalhos relacionados

- **Funcionamento**



Fonte: Gonçalves (2013)

Trabalhos relacionados

- **Testes**

- **Bluetooth:** Hardware *bluetooth* ligado ao Arduino que oferece uma comunicação de até 100 m segundo o fabricante, porém, em testes realizados em ambientes abertos a maior distância de conexão foi 50 m.
- **Wi-Fi**
 - *ad-hoc*, conectando diretamente o Android ao *Hardware wi-fi* do Arduino;
 - Infraestrutura, onde é utilizado um ponto de acesso (Roteador) como mediador da conexão. Foi utilizado *socket* para transferência de comandos e os testes mostraram resultados satisfatórios.

Trabalhos relacionados

- **Título:** *BigDog* – projeto de um robô militar quadrúpede para transporte de cargas pesadas.
- **Instituição:** *Boston Dynamics* - empresa de engenharia robótica famosa pela construção de robôs avançados caracterizados por mobilidade, agilidade, destreza e velocidade. É localizada nos EUA e desenvolve tecnologias para fins militares.
- **Objetivo:** Desenvolver um robô que anda, corre, sobe por inclinações, transporta cargas pesadas, ultrapassa obstáculos e tenta ao máximo manter-se caminhando mesmo sendo exposto a situações adversas.

Trabalhos relacionados

- **Características**

- É alimentado por um motor a combustão que impulsiona um sistema de acionamento hidráulico;
- 1 metros de altura;
- 1,1 metro de comprimento;
- Pesa 108 kg;
- Movimenta-se em velocidade de até 6 km/h;
- Sobe inclinações de até 35 graus, passando por escombros, trilhas, neve, água, etc.;
- Transporta carga de até 154 kg.

Trabalhos relacionados

- **Testes**



Fonte: <http://www.popsci.com/article/technology/greatest-gifs-bigdog-action>

Trabalhos relacionados

- **Testes**



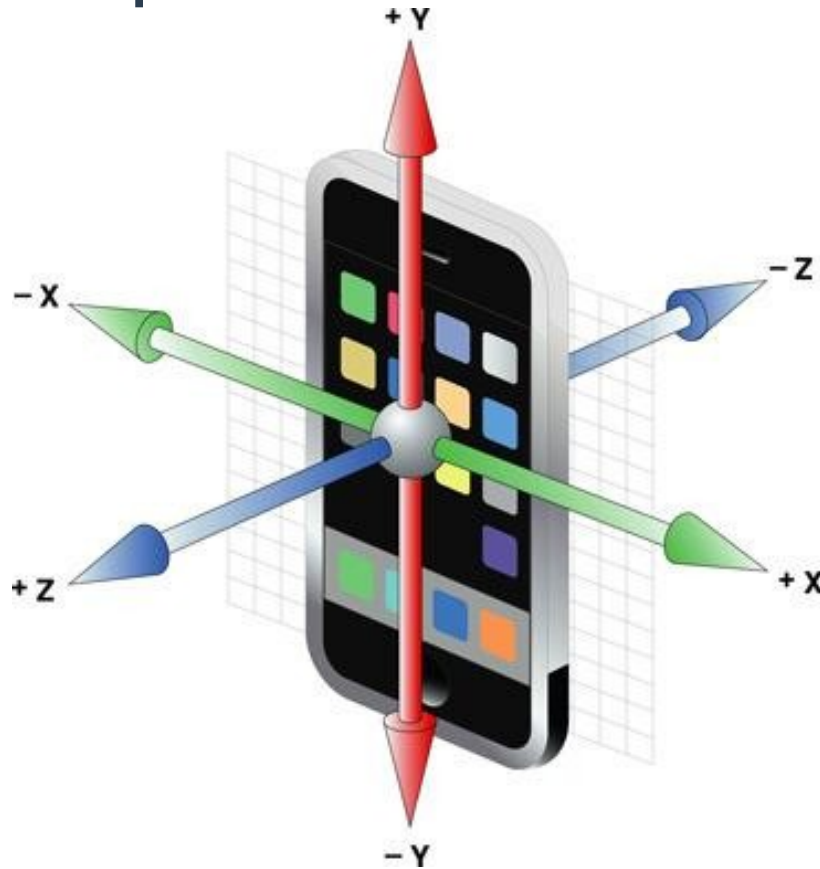
Fonte: <http://www.popsci.com/article/technology/greatest-gifs-bigdog-action>

Metodologia

- Desenvolvimento para Android
 - Estudo de programação para Android
 - Java + Android Studio
 - Comunicação entre o *smartphone* e o dispositivo externo de controle
 - Gerenciamento de sensores (acelerômetro)
 - Envio de dados por USB

Metodologia

- Desenvolvimento para Android
 - Acelerômetro.



Fonte: NASCIMENTO (2012)

Metodologia

- Desenvolvimento para Arduino
 - Estudo programação para Arduino;
 - Comunicação com o Android;
 - Controle de atuadores;
 - Linguagem oficial;
 - Ambiente de programação.

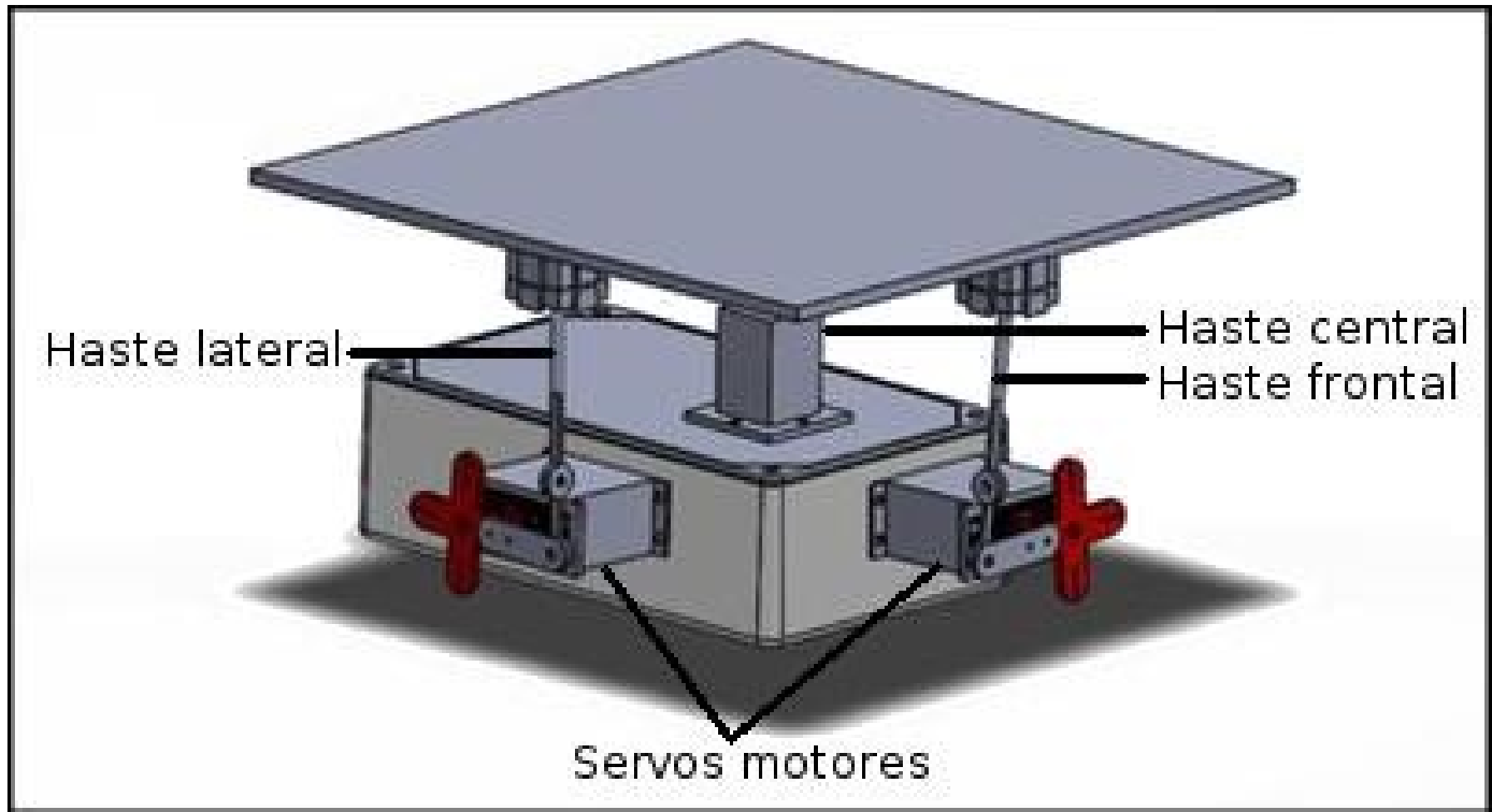
Metodologia

- Comunicação entre Android e Arduino: USB
 - Eficaz, rápida e baixa taxa de erros.



Fonte: <http://android.serverbox.ch/wp-content/header.jpg> (2012)

Metodologia - Confecção da plataforma



Fonte: adaptado de Benedict (2015)

Metodologia

- Testes
 - Material sólido;
 - Outro *smartphone*.
- Pesquisa experimental

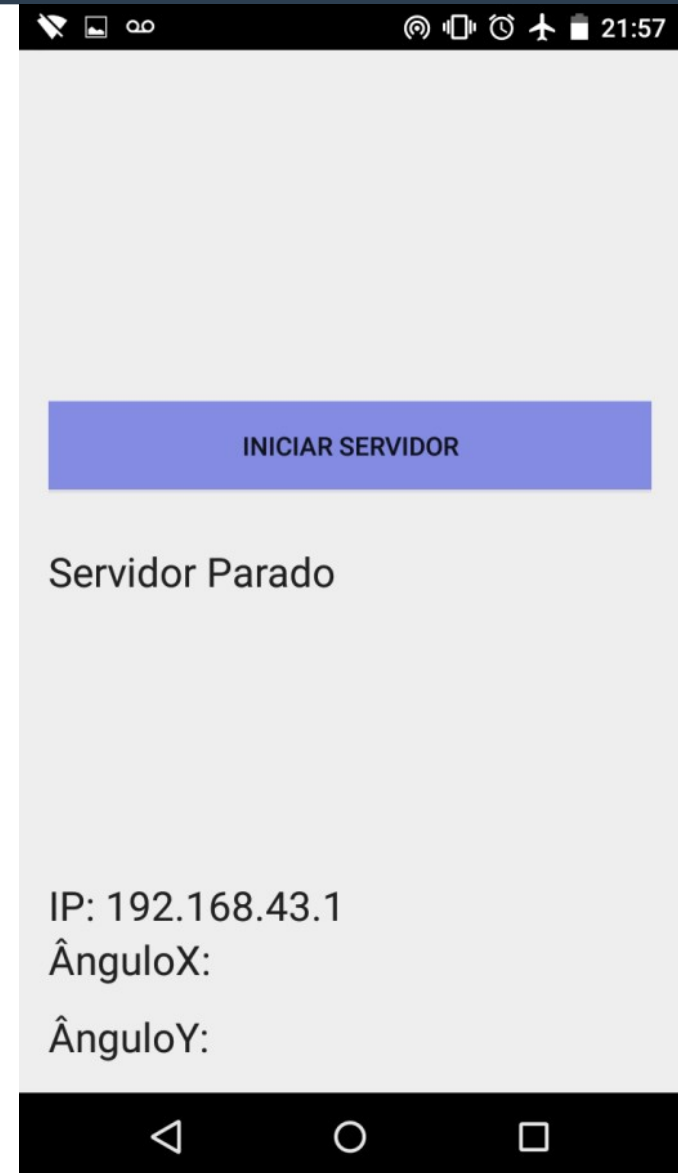
Desenvolvimento

- **Desenvolvimento para Android**
 - Um aplicativo para o *smartphone* aferidor;
 - Um aplicativos para o *smartphone* carga;

Desenvolvimento

- ***Smartphone* aferidor**

- Iniciar servidor
- *Status*
- IP
- ÂnguloX e ÂnguloY



Desenvolvimento

- ***Smartphone*** aferidor

Intervalo do acelerômetro	Intervalo utilizado	Ângulos no servo motor	Ângulos na plataforma
-10	-2,65	0°	-25°
10	2,65	180°	25°

Desenvolvimento

- ***Smartphone* aferidor**

- Frequência de dados do acelerômetro
 - Um novo dado a cada 10 ms
 - 100 valores para cada **eixo** por segundo
- Dados utilizados
 - Um a cada cinco gerados
 - 20 por segundo
 - 20% do total
- Oscilação do acelerômetro
 - -0,25 e 0,25 nos eixos

Desenvolvimento

- ***Smartphone* aferidor**
 - Fluxograma

Desenvolvimento - *Smartphone* carga

1



2



Desenvolvimento

- ***Smartphone* carga**
 - Fluxograma

Desenvolvimento

- **Desenvolvimento para Arduino**

- Comunicação com *smartphone*

- USB → 9600 bps
 - Valor numérico: 180 + identificador: a
 - $(20 * 180a180b11c)$ bps
 - $20 * 8 * 11 = 1760$ bps

- Controle dos motores

- Biblioteca para servos motores

Desenvolvimento - controle

The screenshot shows a web application window titled "Controle Plataforma". It features a text input field for "IP do Smartphone" containing "192.168.0.100" and a label for "IP local para status" with the value "192.168.0.102". There is a checkbox for "Salvar Dados em Arquivo no Smartphone". Below this are four buttons: "Iniciar captura de sensores" (blue), "Exibir Status" (blue), "Parar captura de sensores" (red), and "Fechar Status" (red). Further down is another checkbox for "Usar teclas direcionais do teclado". At the bottom are five directional buttons: "Frente", "Esquerda", "Parar", "Direita", and "Atrás".

Controle Plataforma

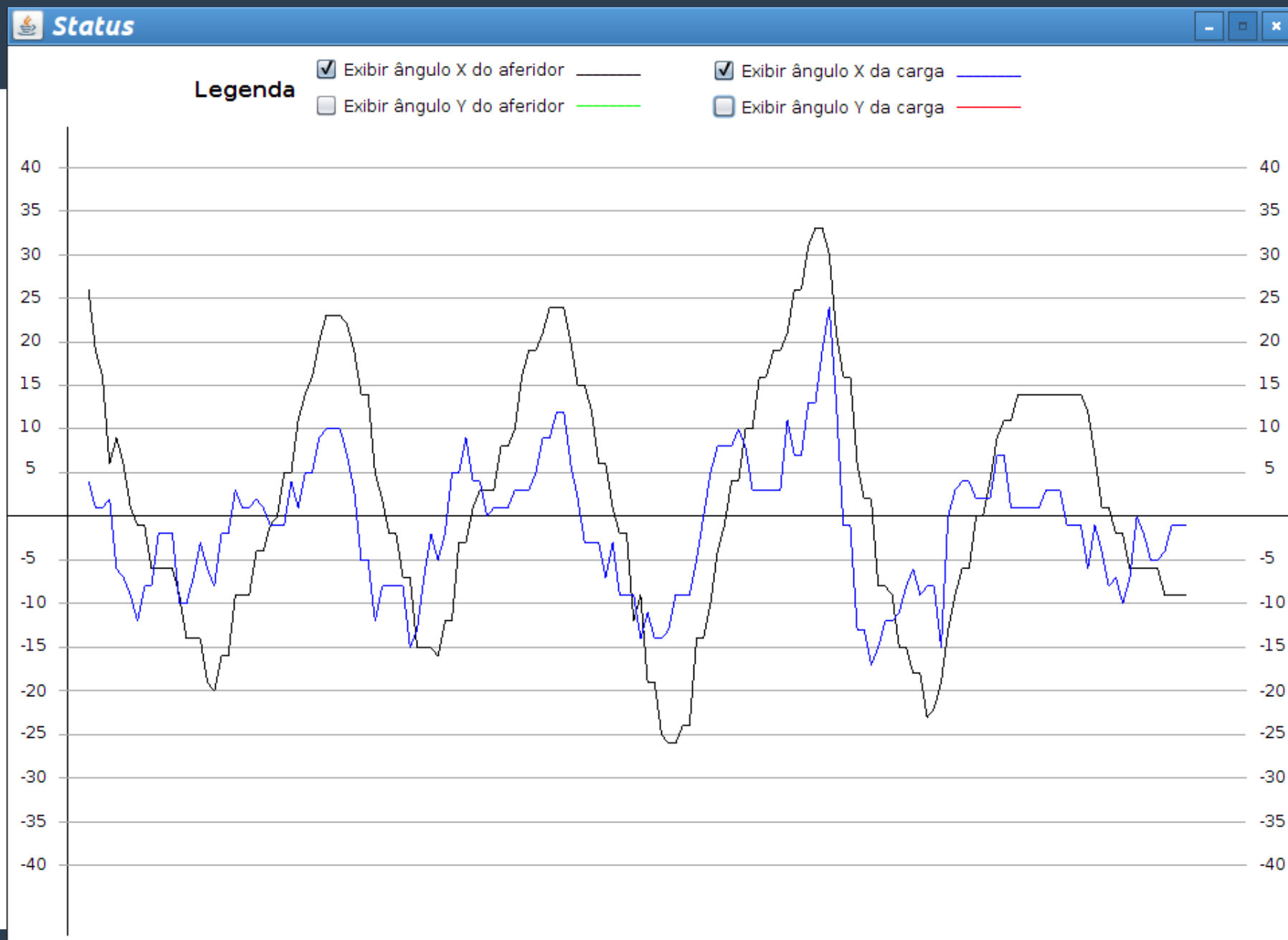
IP do Smartphone

IP local para status 192.168.0.102

☐ Salvar Dados em Arquivo no Smartphone

☐ Usar teclas direcionais do teclado

Desenvolvimento - controle

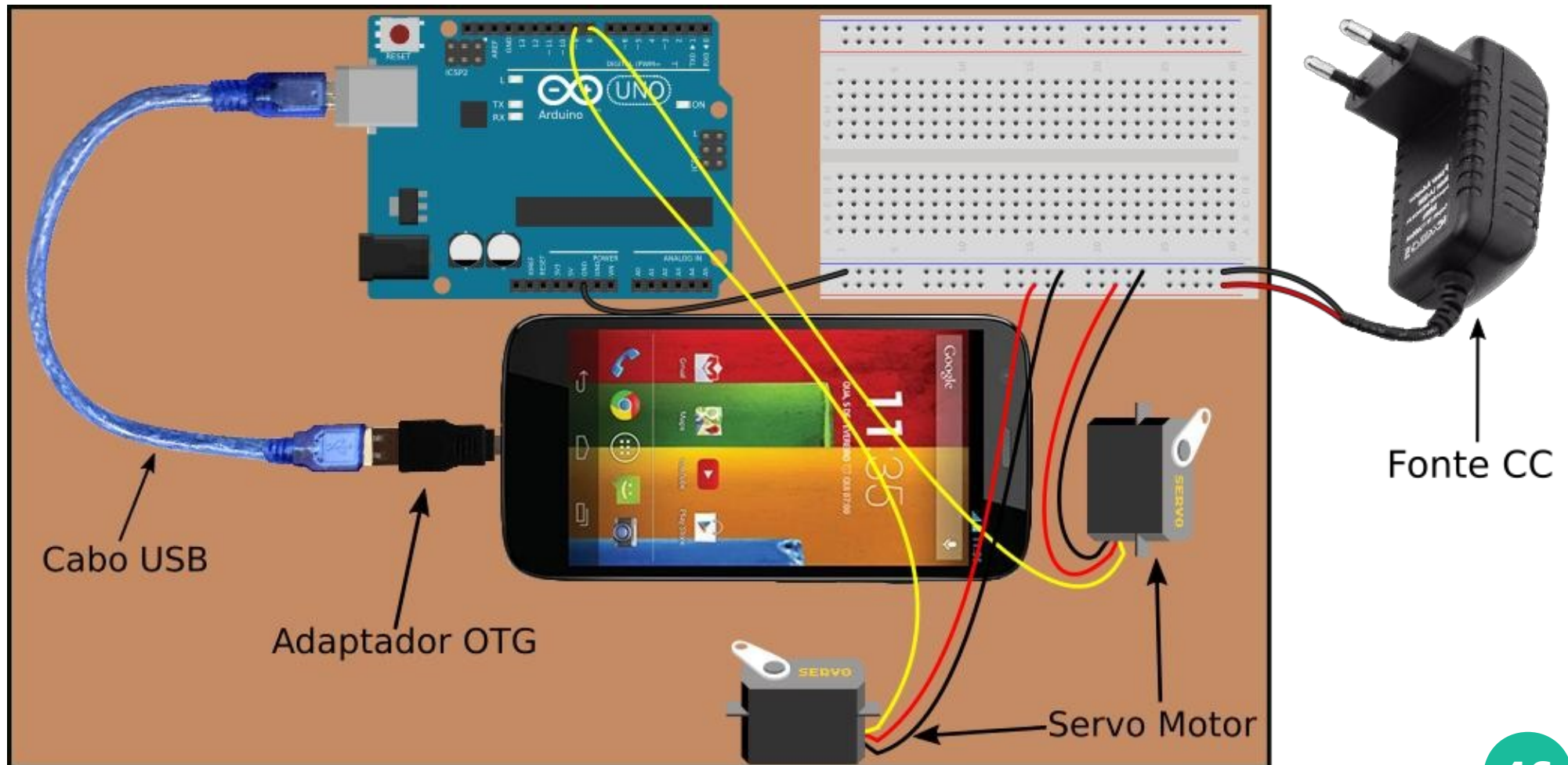


Desenvolvimento - controle

Dados	Ação/mudança no aferidor	Acionamento
1	Ativar captura de sensores	Botão: iniciar captura de sensores
2	Desativar captura de sensores	Botão: parar captura de sensores
3	Ativar salvamento de ângulos em arquivo CSV localmente no celular	Checkbox (ativado): salvar dados em arquivo no <i>smartphone</i>
4	Desativar salvamento de ângulos	Checkbox (desativado): salvar dados em arquivo no <i>smartphone</i>
5 - IP local	Ativar envio de ângulos (<i>status</i>) em tempo real para o dispositivo de controle	Botão: exibir <i>status</i>
6	Desativar envio de ângulos (<i>status</i>)	Botão: fechar <i>status</i>
7	Locomover-se para frente	Botão: frente / Tecla direcional para cima
8	Locomover-se para direita	Botão: direita / Tecla direcional para direita
9	Locomover-se para trás	Botão: atrás / Tecla direcional para baixo
10	Locomover-se para esquerda	Botão: esquerda / Tecla direcional para esquerda
11	Parar locomoção	Botão: parar / Tecla enter

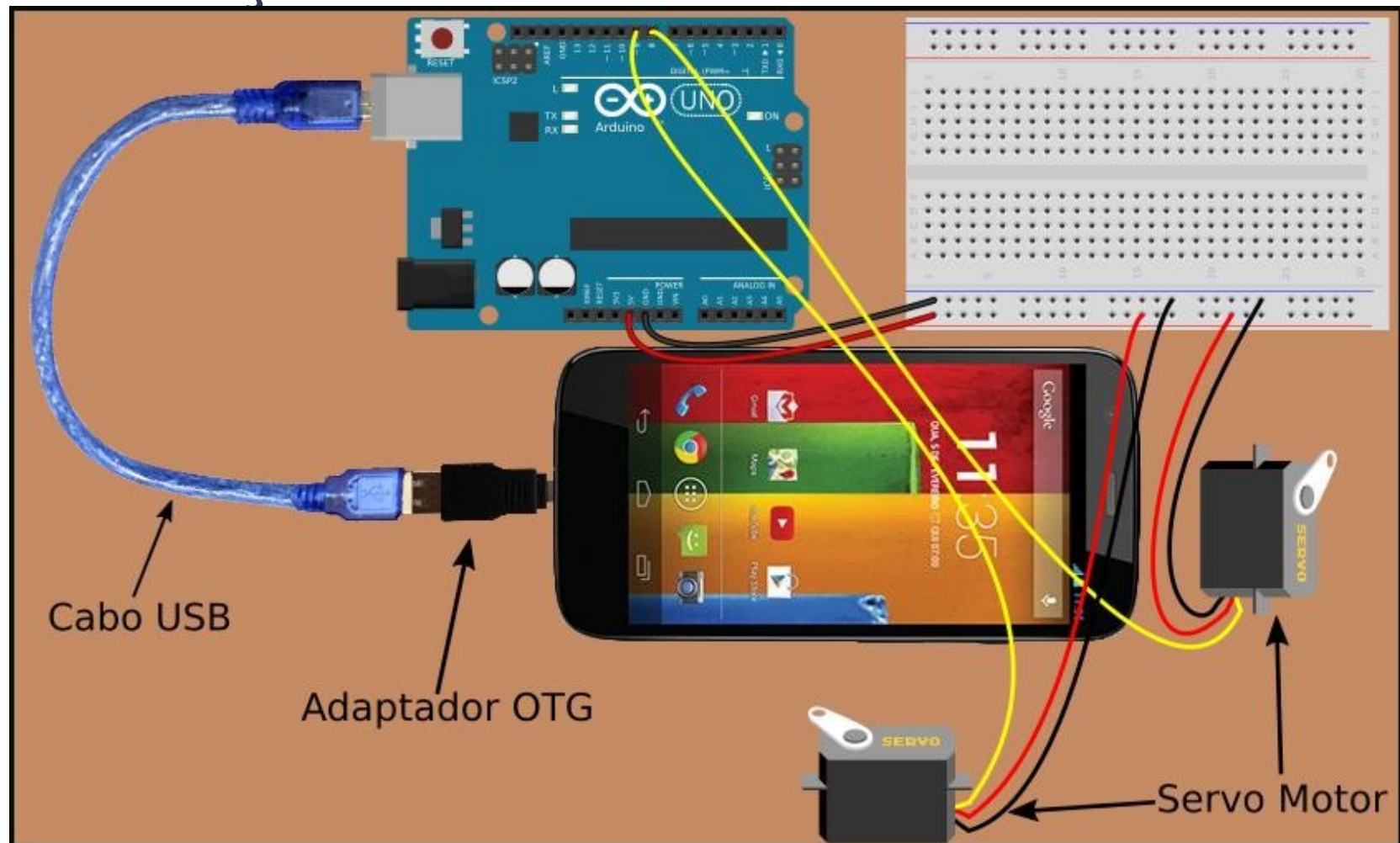
Desenvolvimento

- **Confecção da Plataforma**

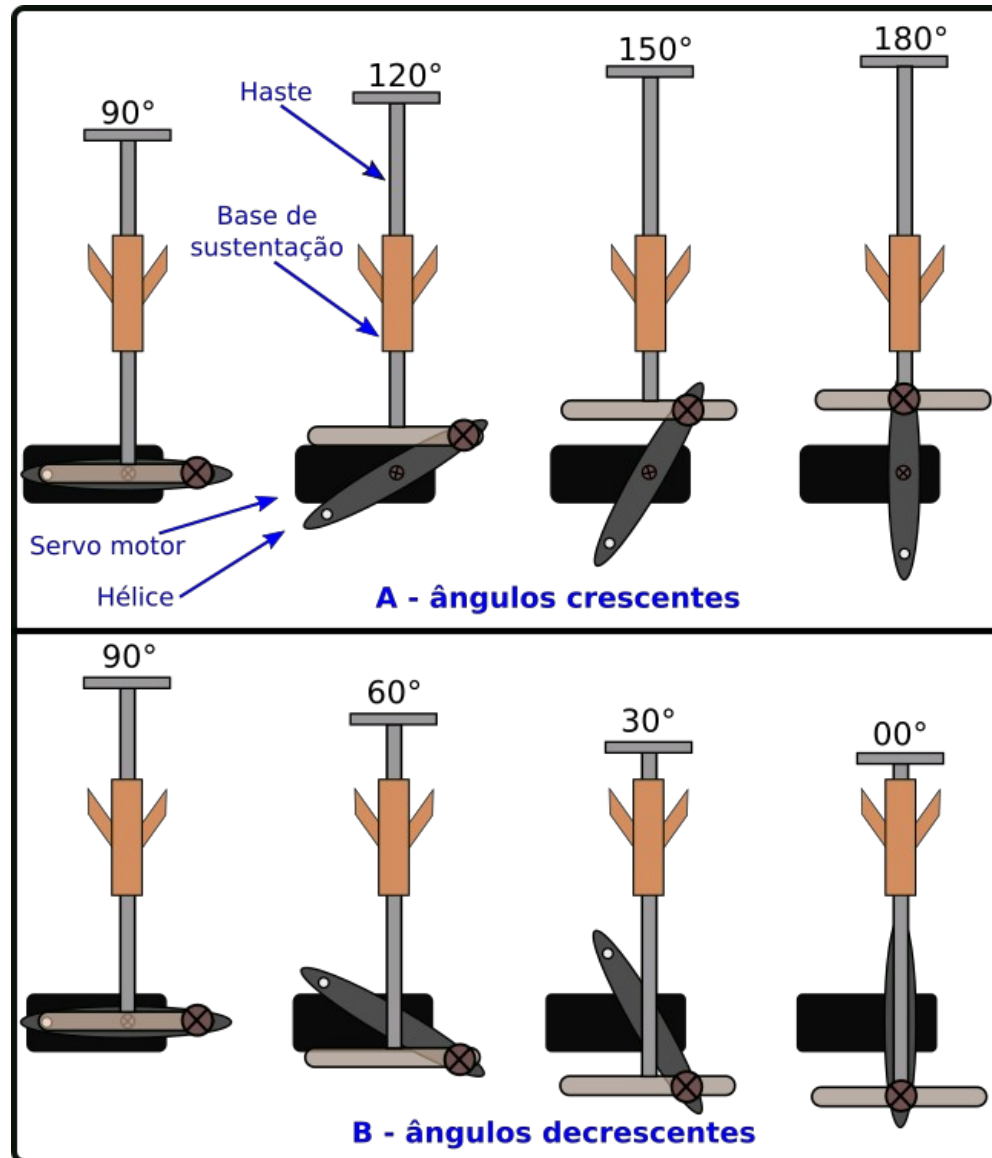


Desenvolvimento

- **Confecção da Plataforma**



Desenvolvimento - Hastes



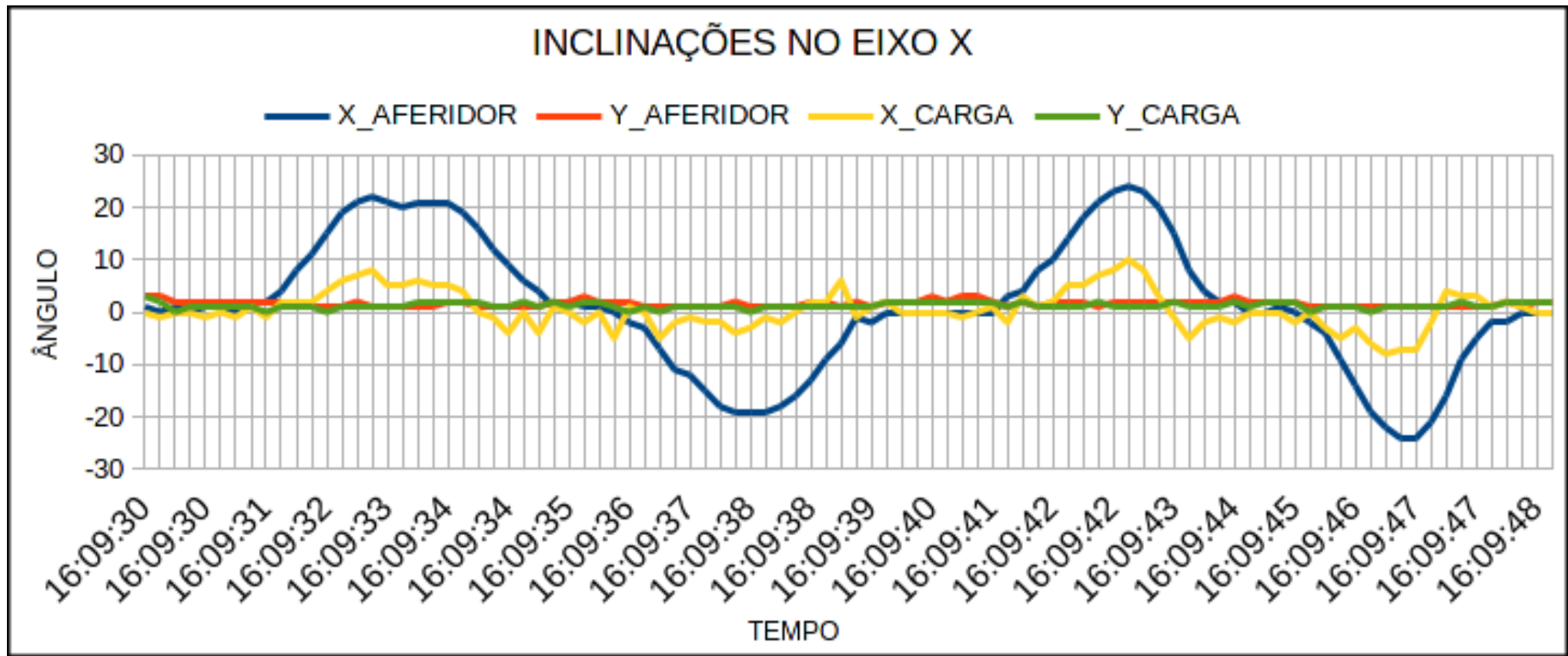
Desenvolvimento

- **Testes e experimentos**

- A plataforma não atua para correções de impactos verticais
- Os desníveis corrigidos são de até 25°
- Os servos motores tem rotação de aproximadamente $180^\circ/0,6s \rightarrow$ considerando que, segundo o fabricante, com alimentação de 4,8V consegue-se $60^\circ/0,19s$
- Menor de tempo de resposta para correção de um desnivelamento máximo de 25° é de 0,3s
- Dados diferentes em *smartphone* com modelos diferentes

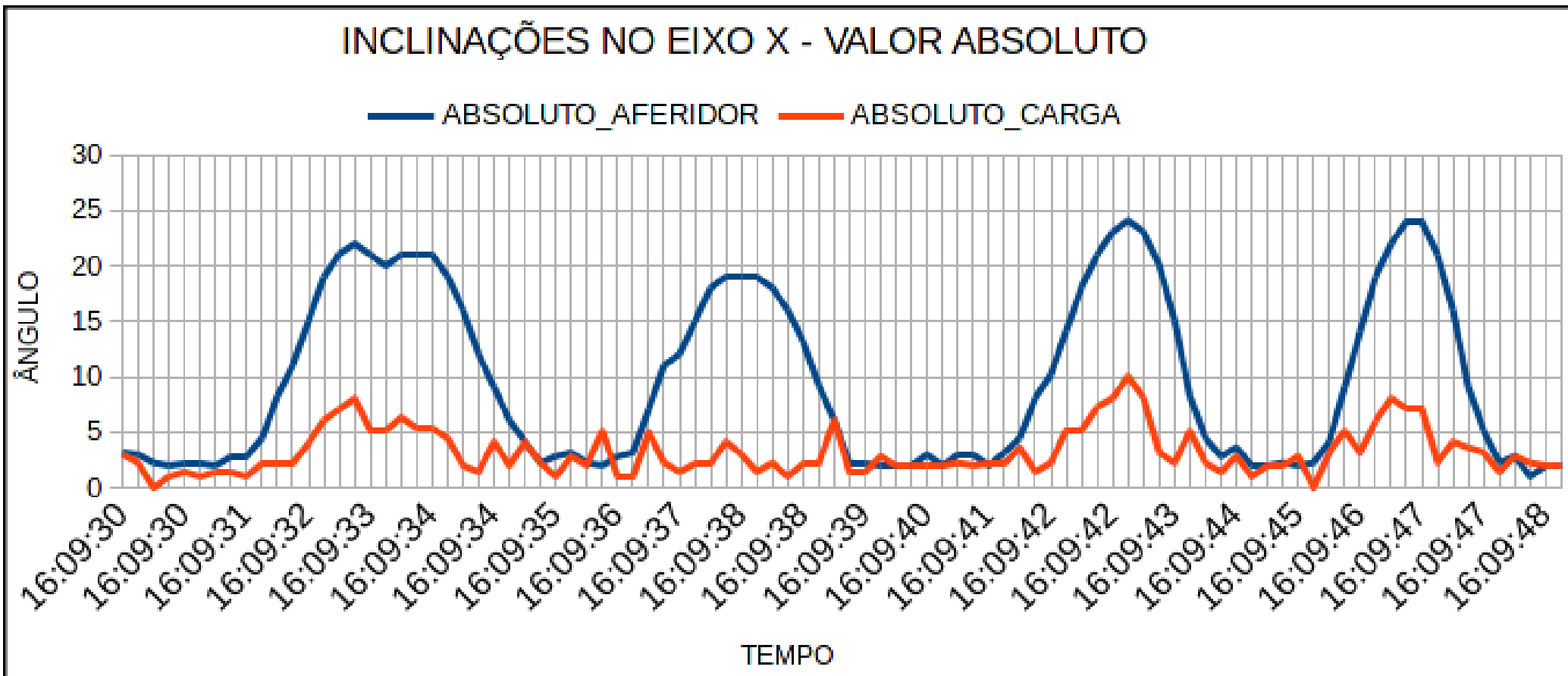
Demonstração

Resultados



Resultados

- Fórmula para obter valores absolutos: $\sqrt{x^2 + y^2}$



Resultados

- **Fórmula da variância**

$$s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

s^2 símbolo comumente usado para representar a variância X

x_i representa cada um dos elementos do conjunto no somatório

\bar{x} representa a média aritmética do conjunto

n número de elementos do conjunto

s o desvio padrão é a raiz quadrada da variância

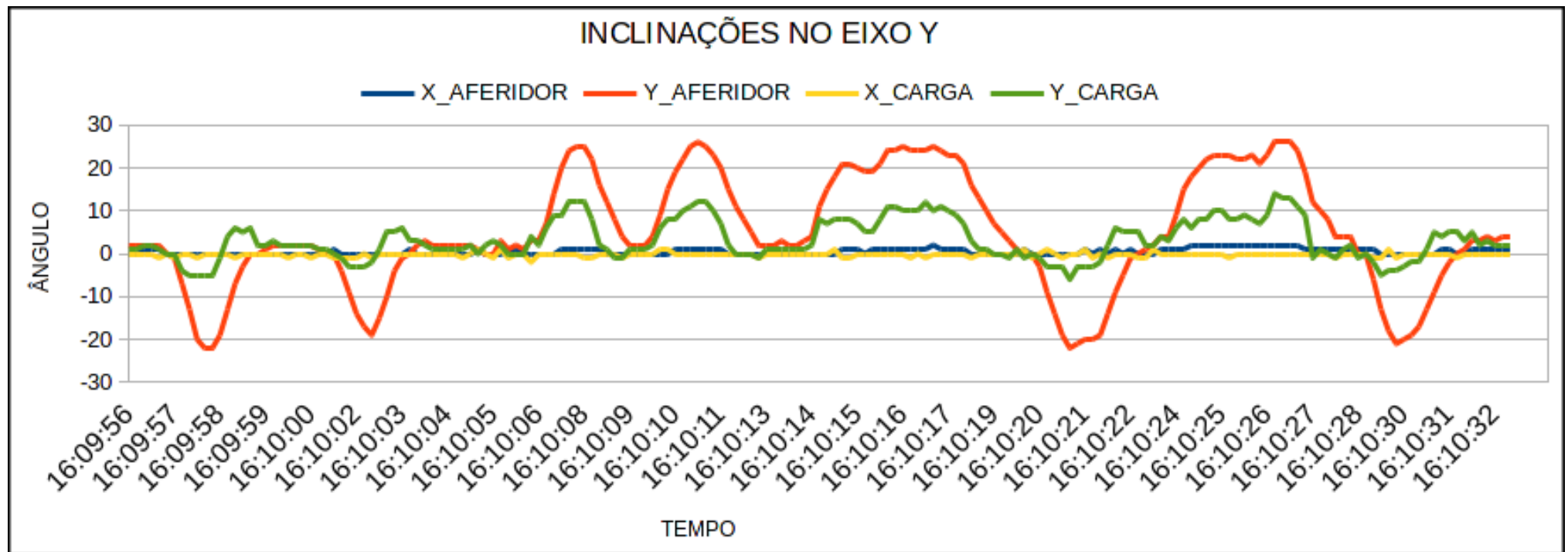
Resultados

-

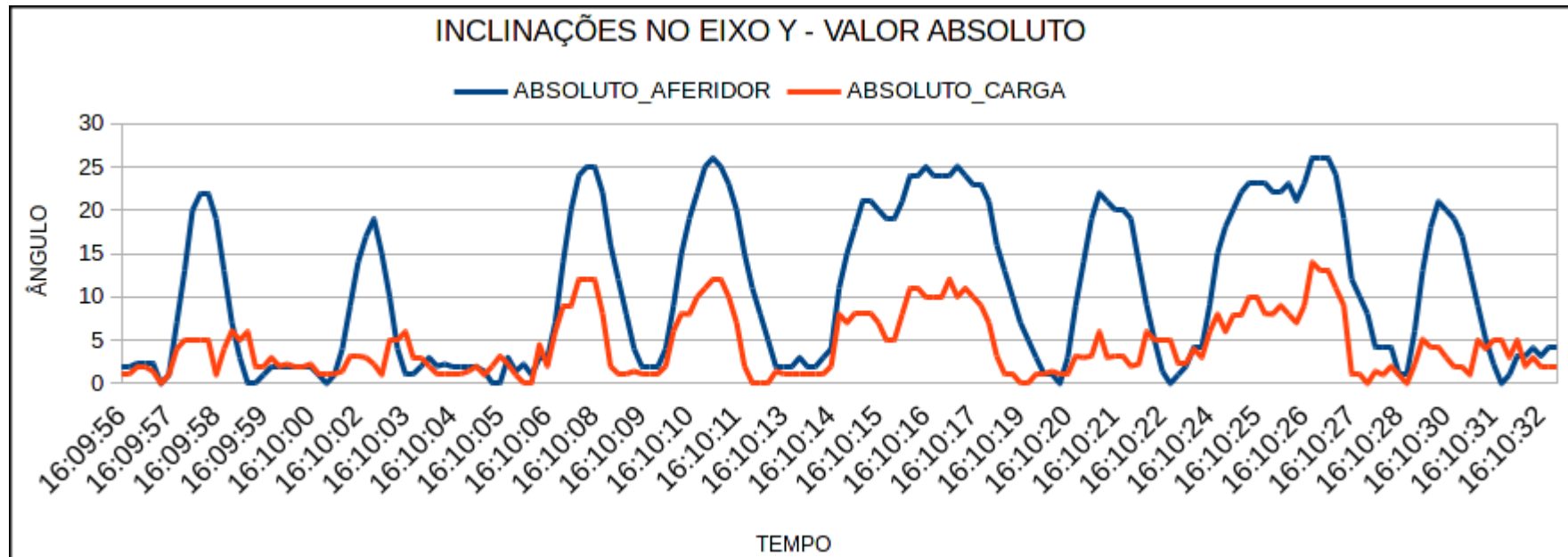
	Variância	Desvio Padrão
Aferidor	61,1	7,8
Carga	4,4	2,1

Conclui-se então que houve uma correção média de desnivelamento de 73,1%.

Resultados



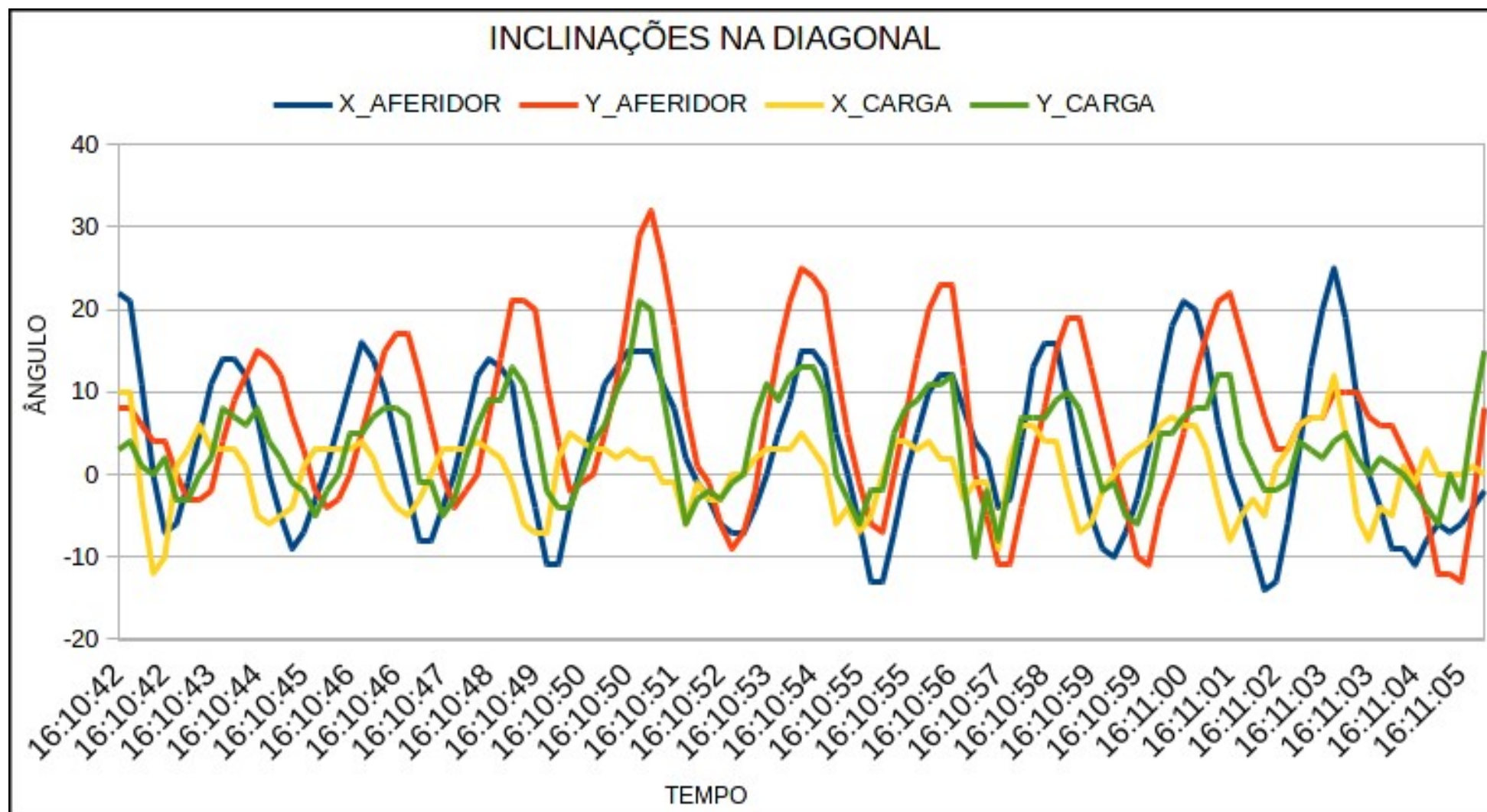
Resultados



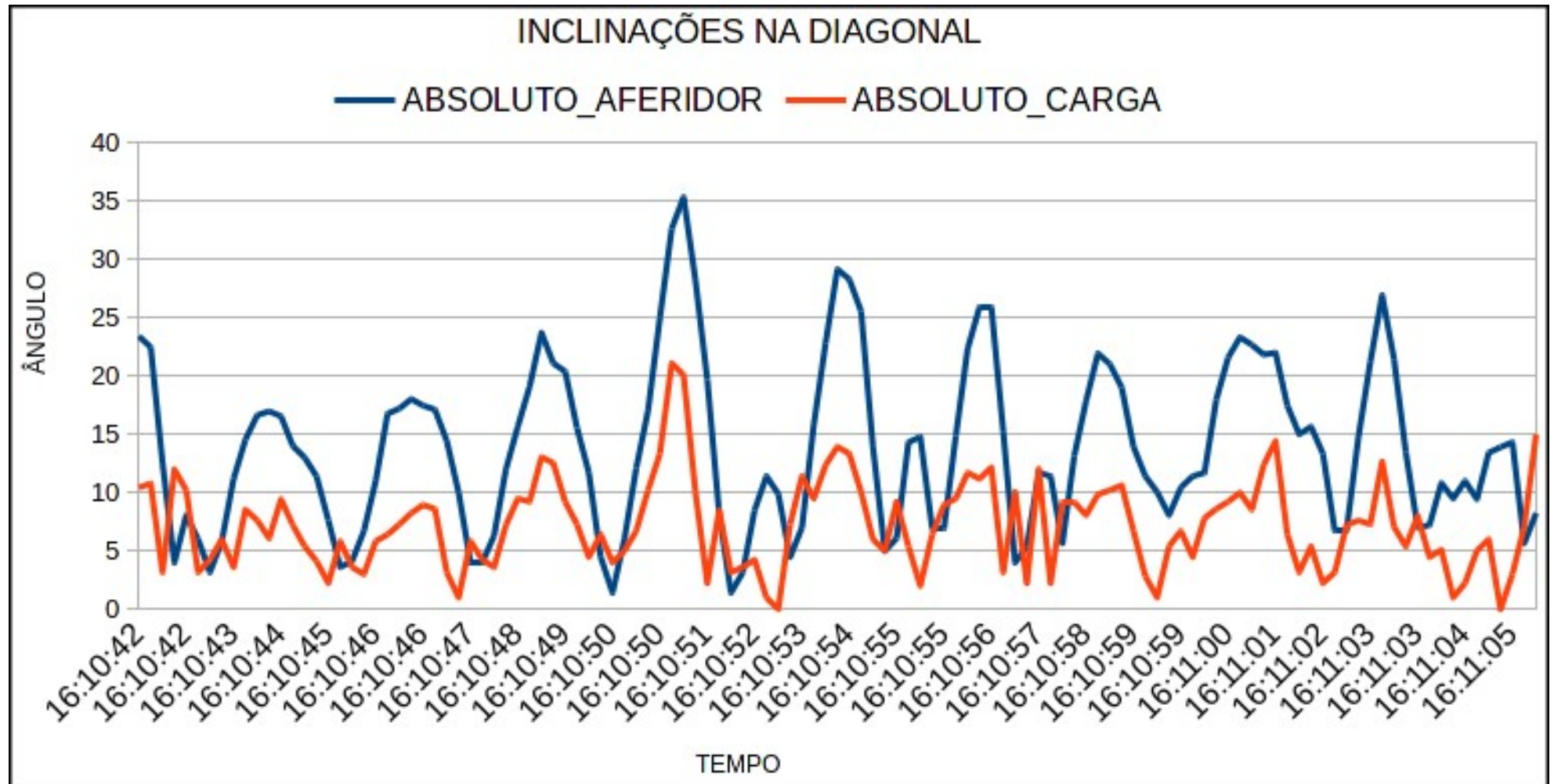
	Variância	Desvio Padrão
Aferidor	80,1	8,9
Carga	12,8	3,6

Conclui-se então que houve uma correção média de desnivelamento de 60%.

Resultados



Resultados



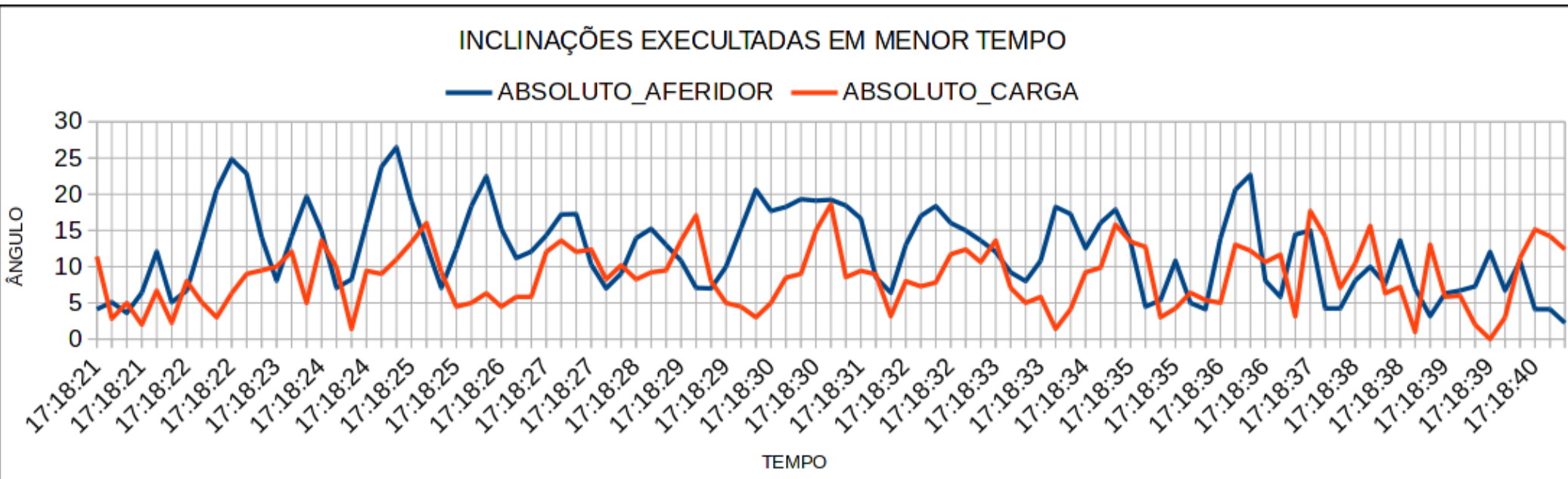
Resultados

-

	Variância	Desvio Padrão
Aferidor	52,5	7,2
Carga	15,2	3,9

Conclui-se então que houve uma correção média de desnivelamento neste caso foi de 46,1%.

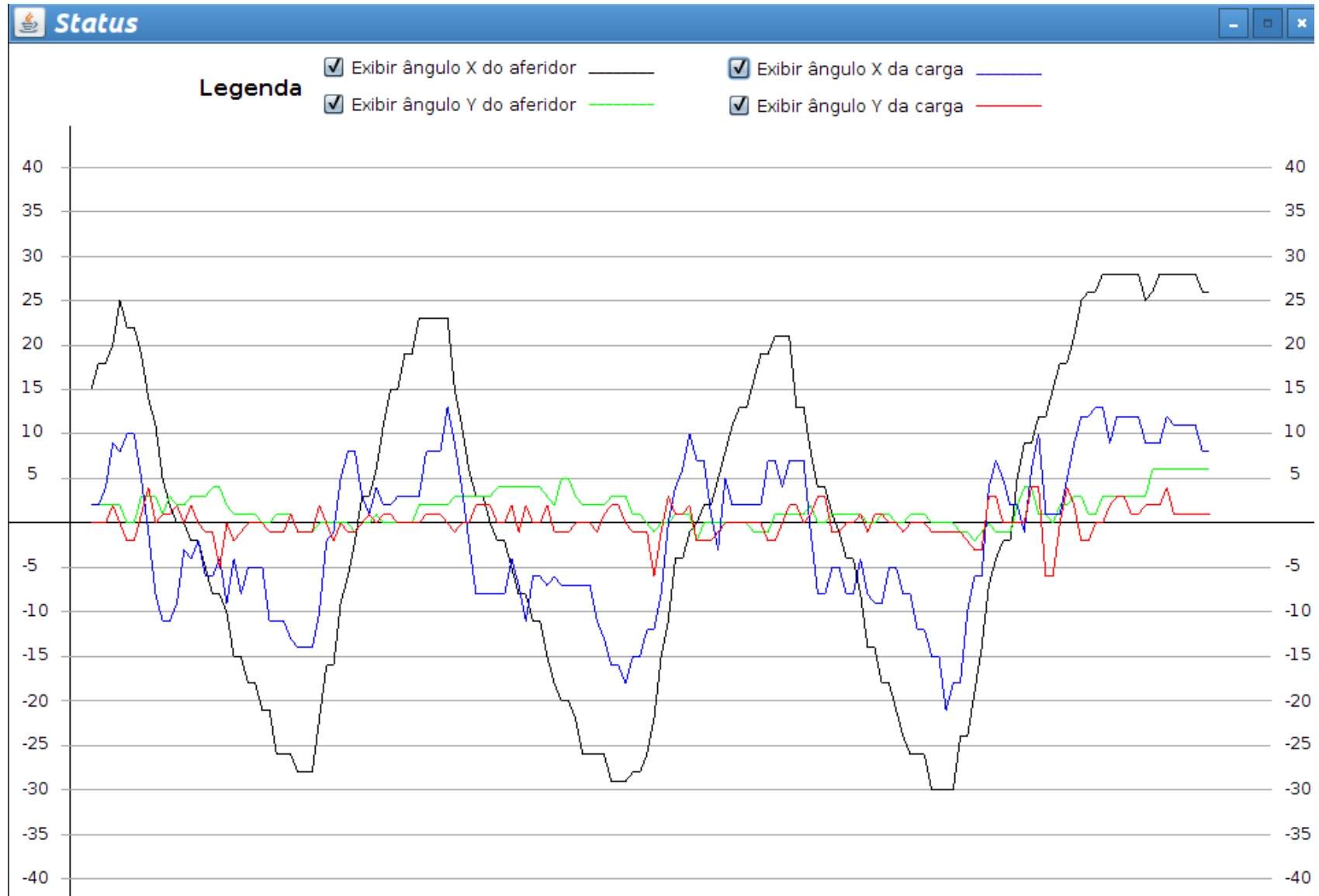
Resultados



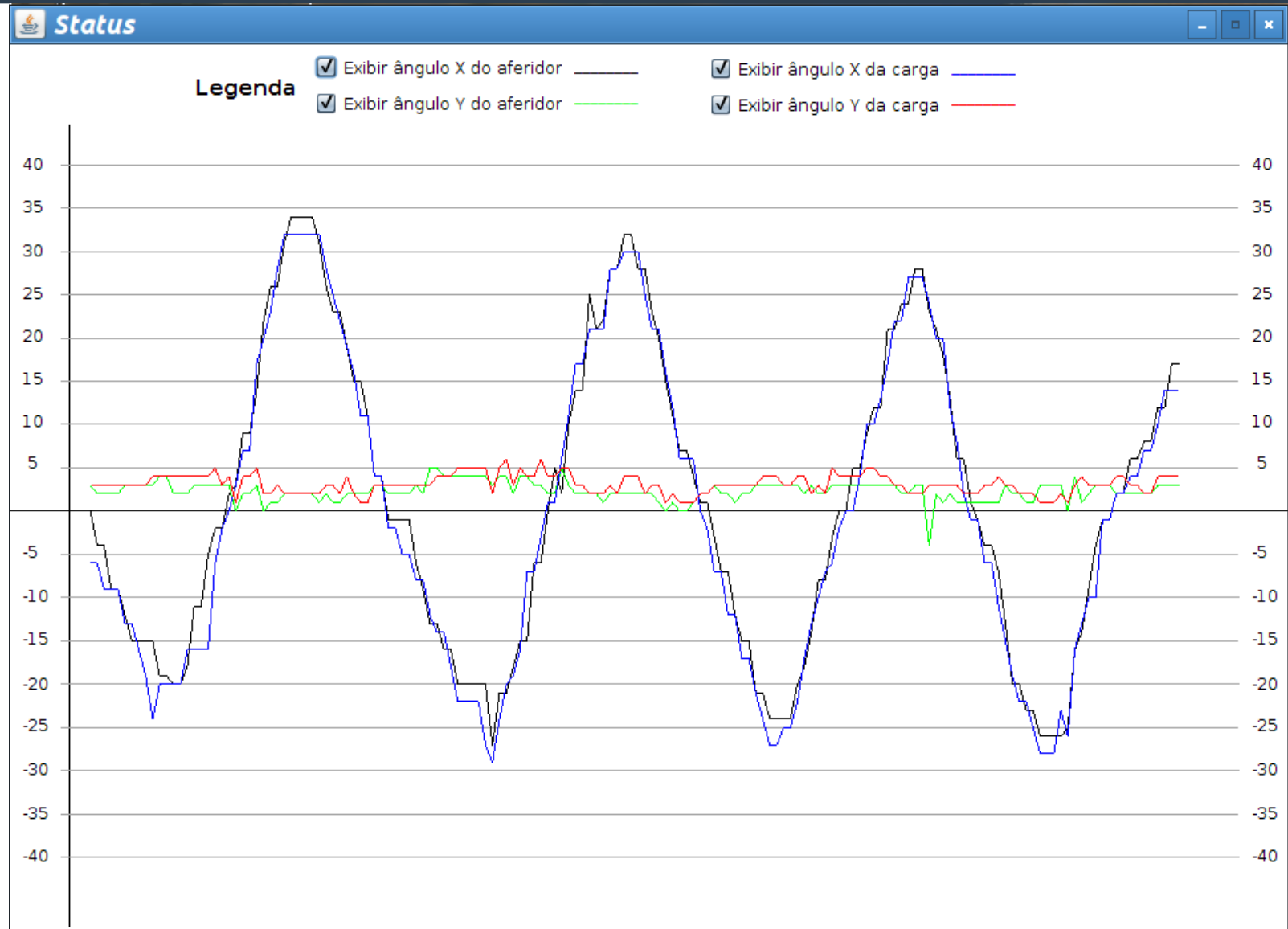
	Variância	Desvio Padrão
Aferidor	33,3	5,8
Carga	18,1	4,3

Conclui-se então que houve uma correção média de desnivelamento neste caso foi de 26,3%.

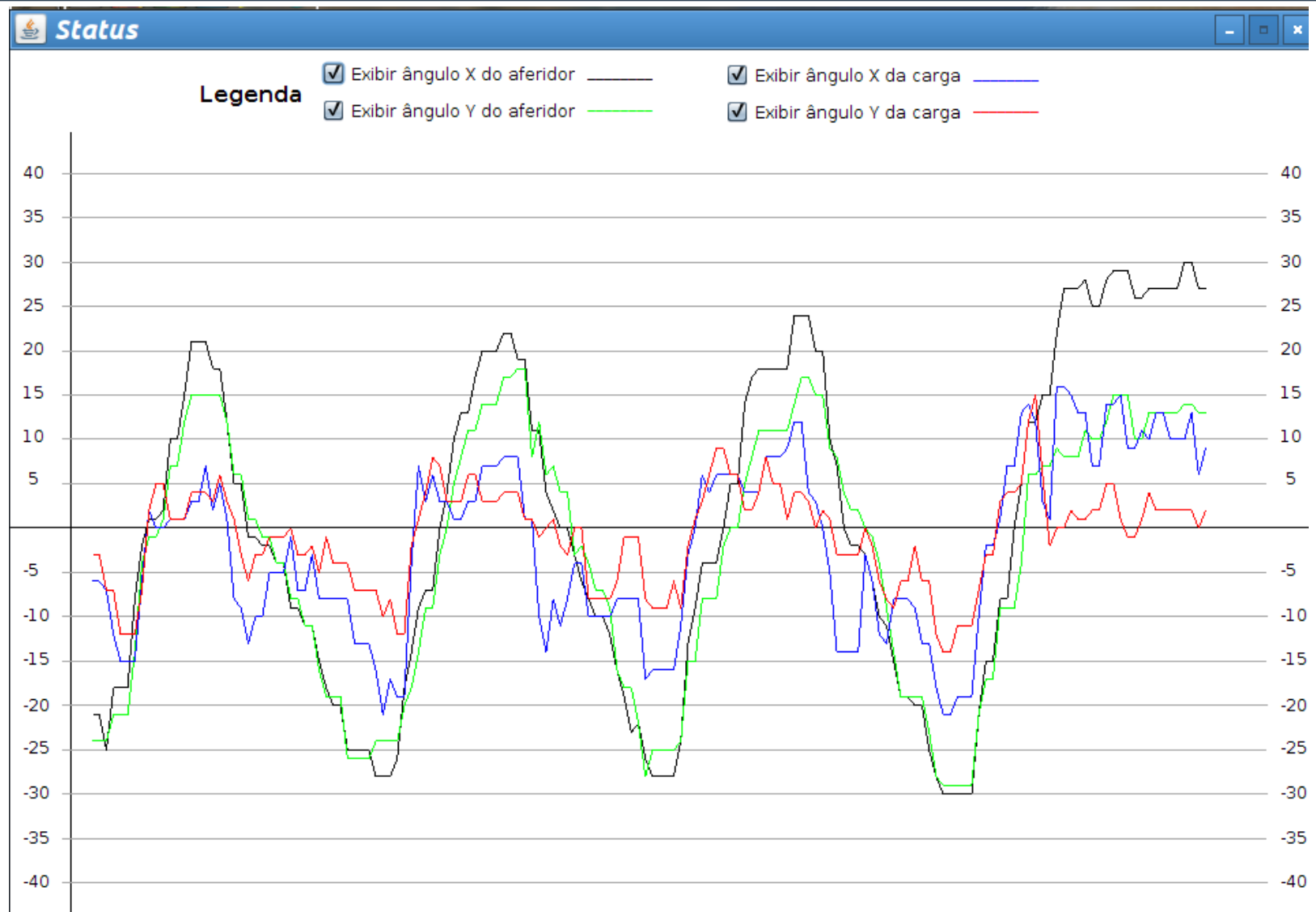
Resultados



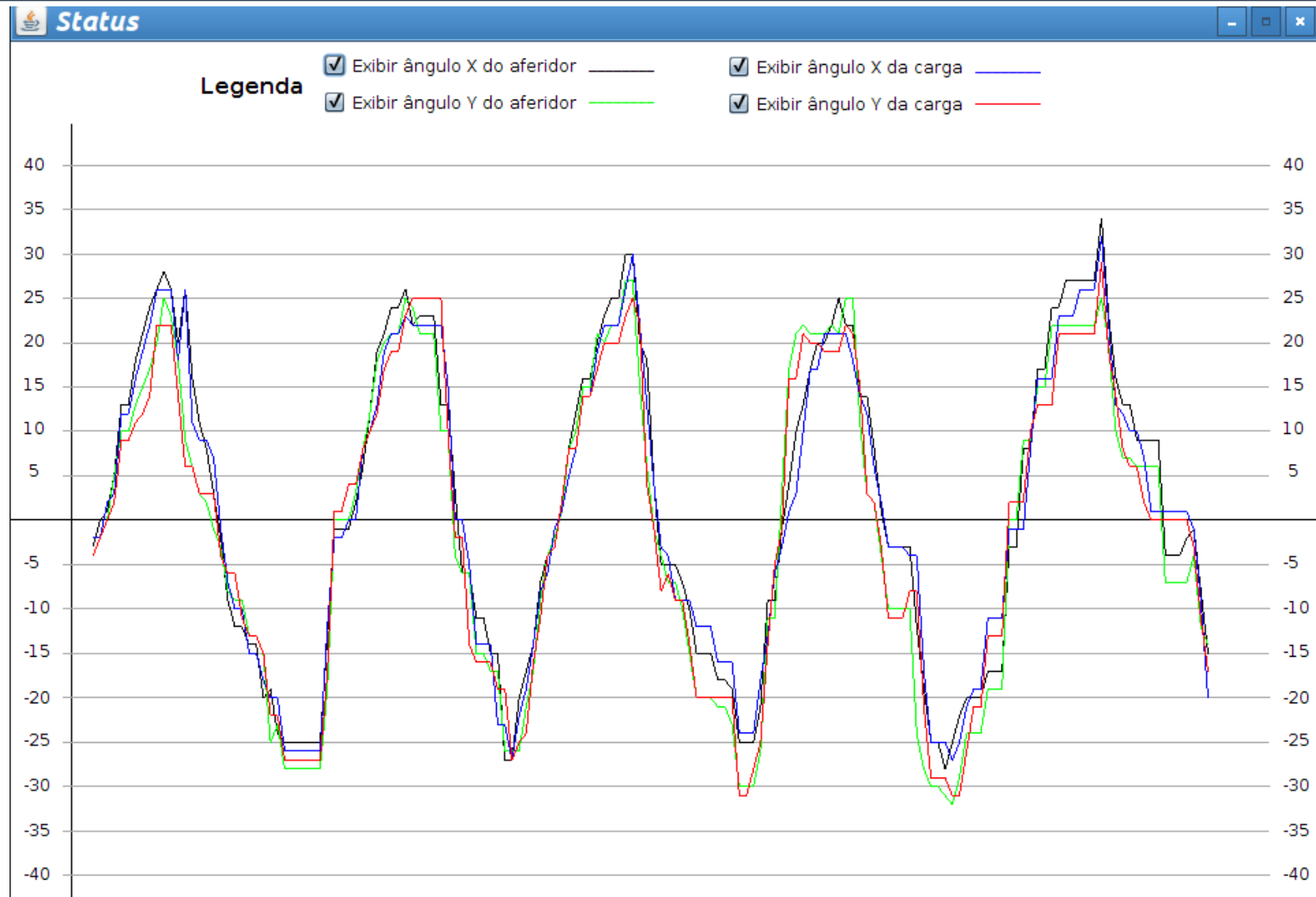
Resultados



Resultados



Resultados



Resultados

- **Comunicação entre o dispositivo de controle e o *smartphone* aferidor**
 - Eficiente até aproximadamente 35 m ao ar livre
 - Sendo importante ressaltar que o dispositivo de controle usado é um notebook que dispõe de uma placa *wi-fi* do padrão 802.11g

Conclusão

- **Considerações finais**

- Os **resultados** obtidos **mostram** que a plataforma **reduz** em até aproximadamente **70%** os **desnivelamentos** causados por inclinações em **tempo real**
- Consequentemente **ameniza** os danos sofridos pela **carga transportada**
- Entretanto ainda há muitas **limitações**
 - Tempo gasto na correção dos desníveis
 - Execução dos atuadores
 - Solução de hasteamento implementada

Conclusão

- **Contribuições deste trabalho**

- Abordagem da interação entre Android e Arduino de uma forma diferenciada
- Mostra que é possível obter nivelamento por meio do acelerômetro presente em *smartphones*
- Comprovou-se que transmissão de dados entre Android e Arduino via USB é bastante estável e rápida.

Conclusão

- **Proposta para trabalhos futuros**

- Desenvolver o sistema de locomoção e testá-lo em ambientes nos quais existam terrenos irregulares;
- Melhorar o sistema de hasteamento móvel vertical para que se obtenha um nivelamento com uma maior precisão;
- Desenvolver um sistema de estabilidade que leve em consideração a aceleração de deslocamentos verticais e horizontais;
- Melhorar o aplicativo aferidor para que se adapte às variações de dados do acelerômetro de diferentes modelos de *smartphones*;
- Acrescentar configurações para especificar o peso e/ou tipo do material transportado e assim adequar os movimentos da plataforma para casos específicos;
- Implementar aplicativos de controle destinados às diferentes plataformas móveis como Android e iOS ou uma interface Web unificada para diferentes dispositivos;

OBRIGADO!!

Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE
Unidade Acadêmica de Serra Talhada - UAST

**Plataforma com ajuste de equilíbrio para
transporte de cargas frágeis utilizando recursos
de um *smartphone***

Discente: Leonardo de Lima Souza

Orientador: Carlos André Batista