

Sistema didático do laboratório LaDISan para estudo sobre reservatórios de retenção aplicados à drenagem urbana: novas implementações para automatização e acesso remoto utilizando a plataforma Raspberry Pi

Raphael Miranda
(raphaelmiranda@id.uff.br)

Universidade Federal Fluminense



18/07/2022

Sumário

- 1 Introdução
- 2 Evolução do sistema proposto
- 3 Inovações propostas na atuação
- 4 Detalhamento do *hardware* proposto
- 5 Detalhamento do *software* proposto
- 6 Experiências realizadas
- 7 Sugestões para trabalhos futuros
- 8 Referências bibliográficas

Motivações

- Neste trabalho, as motivações são fundamentadas nos alunos. Procura-se melhorar a estrutura que os cercam, alterando, modernizando e propondo novas ferramentas e sistemas.

Motivações

- Neste trabalho, as motivações são fundamentadas nos alunos. Procura-se melhorar a estrutura que os cercam, alterando, modernizando e propondo novas ferramentas e sistemas.
- O laboratório é um espaço pequeno e não acomoda, ao mesmo tempo, todos os discentes que o utilizam.

Motivações

- Neste trabalho, as motivações são fundamentadas nos alunos. Procura-se melhorar a estrutura que os cercam, alterando, modernizando e propondo novas ferramentas e sistemas.
- O laboratório é um espaço pequeno e não acomoda, ao mesmo tempo, todos os discentes que o utilizam.
- No laboratório, já foi feito uso do Arduino. A partir de um processo de inovação orgânico, surge a introdução do computador Raspberry Pi como nova plataforma de desenvolvimento.

Contextualização

- Uma planta didática é um conjunto de equipamentos que tem, por objetivo, simular processos de controle e/ou supervisão, a partir de um sistema de complexidade reduzida e, ao mesmo tempo, fiel à realidade.

Contextualização

- Uma planta didática é um conjunto de equipamentos que tem, por objetivo, simular processos de controle e/ou supervisão, a partir de um sistema de complexidade reduzida e, ao mesmo tempo, fiel à realidade.
- A planta didática do LaDISan busca simular regimes de precipitação chuvosa, intermitentes e/ou contínuos, para estudos de contenção de alagamentos e enchentes.

Trabalhos correlacionados

Esta mesma planta didática já foi objeto de estudo do grupo PET-Tele, de onde surgiram os seguintes resultados:

1. Artigo: **Implantação de um Sistema Automático para Medição de Fluxo em uma Planta Didática Usando um kit Arduino e o Sensor Water Flow G1/2** [Coelho et al., 2017];
2. Artigo: **Realização de Aula Prática Remota a Partir de Laboratório Equipado com Modelo Físico Sobre Detenção de Água de Chuva** [Paiva et al., 2018];
3. Monografia: **Uso de Sensores e Acesso Remoto para a Realização de Aula Prática Sobre Reservatórios de Detenção Aplicados à Drenagem urbana** [Paiva e Milhomem, 2018].

Publicações da nova proposta

A corrente proposta de inovação já gerou as seguintes publicações:

1. Relatório: Logo após a finalização do seu desenvolvimento, foi publicado uma espécie de **“Relatório de Trabalho”**, no *website* do grupo PET-Tele [Neto and Miranda, 2021].
2. Artigo: **Evolução da Infraestrutura para Realização de Aula Prática Remota a partir de Laboratório Equipado com Modelo Físico sobre Detenção de Água de Chuva** [Neto et al., 2020].

Sumário

- 1 Introdução
- 2 Evolução do sistema proposto**
- 3 Inovações propostas na atuação
- 4 Detalhamento do *hardware* proposto
- 5 Detalhamento do *software* proposto
- 6 Experiências realizadas
- 7 Sugestões para trabalhos futuros
- 8 Referências bibliográficas

Controle automático

O comando de máquinas e ferramentas de praticamente qualquer indústria são baseados nas técnicas e conceitos de Engenharia de Controle:

- No Século XVIII, James Watt construiu um controlador de velocidade para uma máquina a vapor, sendo um dos primeiros trabalhos na área de que se tem referência.
- Em 1932, Nyquist desenvolveu um procedimento para determinar a estabilidade de sistemas em malha fechada, com base na resposta estacionária de sistemas em malha aberta a excitações senoidais.
- Em 1934, o engenheiro Harold Locke Hazen introduziu o termo servomecanismo para designar sistemas de controle de posição, no trabalho "*Theory of servo-mechanisms*" [H.L. Hazen, 1934].

Planta didática original

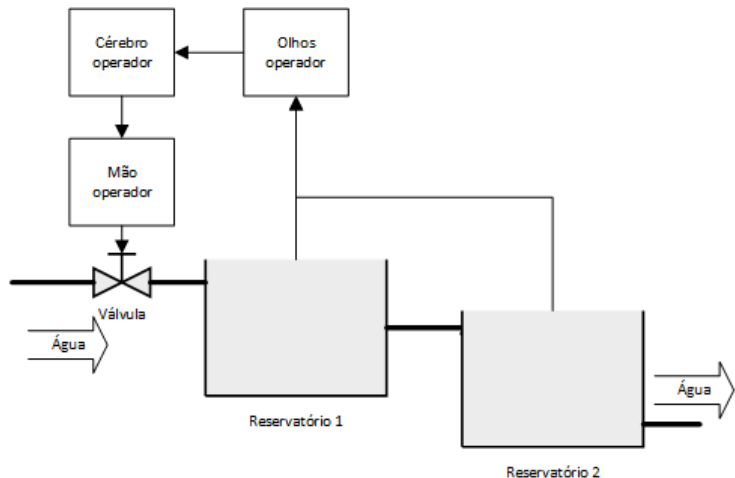


Figura 1: Diagrama em blocos da planta didática na sua configuração original.

Primeiro projeto

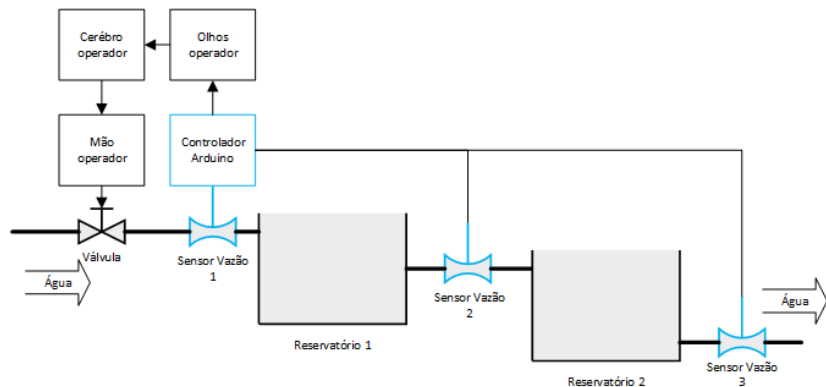


Figura 2: Diagrama em blocos da planta didática com a primeira automatização implantada.

Solução atual

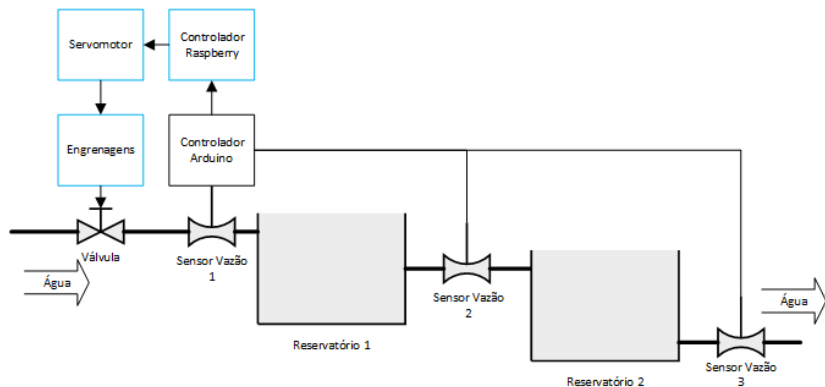


Figura 3: Diagrama em blocos da planta didática com a nova automatização proposta.

Sumário

- 1 Introdução
- 2 Evolução do sistema proposto
- 3 Inovações propostas na atuação**
- 4 Detalhamento do *hardware* proposto
- 5 Detalhamento do *software* proposto
- 6 Experiências realizadas
- 7 Sugestões para trabalhos futuros
- 8 Referências bibliográficas

Descrição do problema

- O problema inicial consiste em definir o mecanismo adequado para controle remoto da variável vazão d'água a ser injetada na planta didática.

Descrição do problema

- O problema inicial consiste em definir o mecanismo adequado para controle remoto da variável vazão d'água a ser injetada na planta didática.
- A escolha do dispositivo que permitirá a troca do trabalho do operador humano na planta pelo trabalho realizado por uma máquina é um dos pontos determinantes para sucesso do projeto.

Descrição do problema

- O problema inicial consiste em definir o mecanismo adequado para controle remoto da variável vazão d'água a ser injetada na planta didática.
- A escolha do dispositivo que permitirá a troca do trabalho do operador humano na planta pelo trabalho realizado por uma máquina é um dos pontos determinantes para sucesso do projeto.
- A solução precisa ser economicamente viável e tecnicamente implementável.

Cálculos específicos

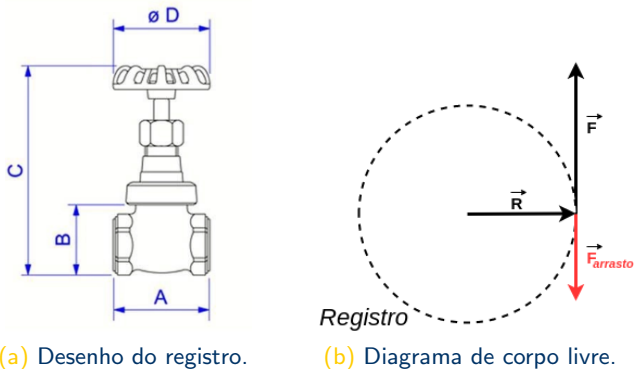


Figura 4: Registro mecânico de controle da vazão d'água: (a) desenho esquemático da visão lateral do registro e (b) diagrama de topo, com forças atuantes no registro.

Cálculos específicos

O torque realizado pelo servomotor deve satisfazer a relação

$$\tau_{servo} \geq \tau_{arrasto} , \quad (1)$$

onde $\tau_{arrasto}$ é o torque necessário para iniciar o movimento no registro.

O torque de arrasto pode ser estimado por

$$\tau_{arrasto} = F_{arrasto} \cdot R = F_{arrasto} \cdot \frac{\phi D}{2} , \quad (2)$$

onde $F_{arrasto}$ representa a força tangencial de arrasto no registro e $\frac{\phi D}{2}$ é o raio R, medido do centro do registro até a borda da peça apresentada na Figura 4a.

Sumário

- 1 Introdução
- 2 Evolução do sistema proposto
- 3 Inovações propostas na atuação
- 4 Detalhamento do *hardware* proposto**
- 5 Detalhamento do *software* proposto
- 6 Experiências realizadas
- 7 Sugestões para trabalhos futuros
- 8 Referências bibliográficas

Servomotor

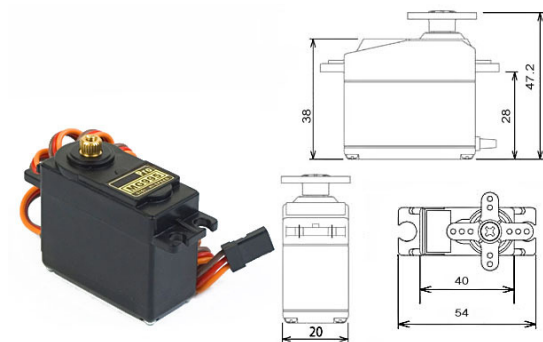
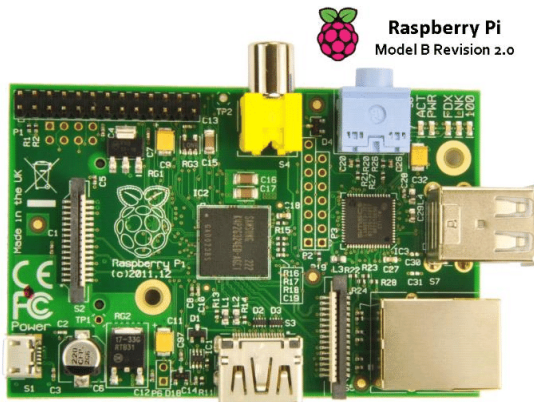


Figura 5: Fotografia e desenho esquemático do servomotor MG995.

Raspberry Pi



Raspberry Pi
Model B Revision 2.0

Figura 6: Imagem do Raspberry Pi Revision 2.0.

Modelagem 3D - Tinkercad

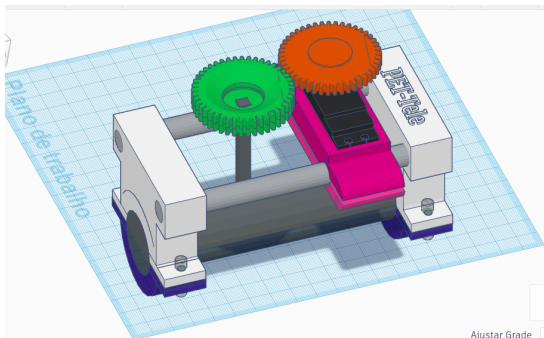


Figura 7: Modelagem 3D das peças para impressão.

Planta didática



Figura 8: Fotografia com vista para a planta didática.

Planta didática

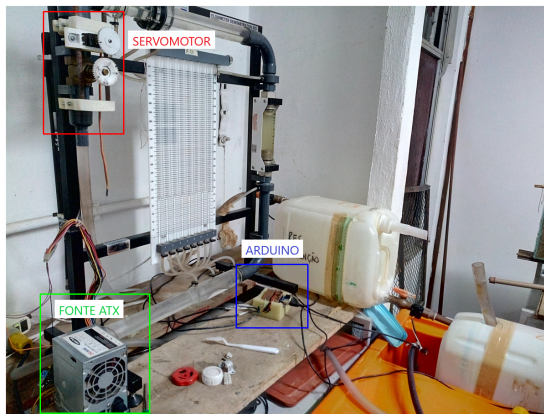


Figura 9: Fotografia da planta didática com o sistema acoplado. Em destaque, o kit Arduino, a fonte DC e o servomotor.

Sumário

- 1 Introdução
- 2 Evolução do sistema proposto
- 3 Inovações propostas na atuação
- 4 Detalhamento do *hardware* proposto
- 5 Detalhamento do *software* proposto**
- 6 Experiências realizadas
- 7 Sugestões para trabalhos futuros
- 8 Referências bibliográficas

Diagrama de blocos dos elementos do sistema

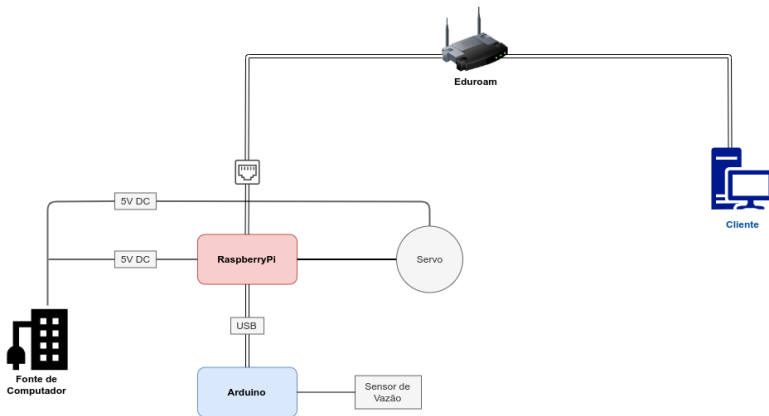


Figura 10: Diagrama de blocos dos elementos do sistema.

Diagrama de blocos do software proposto

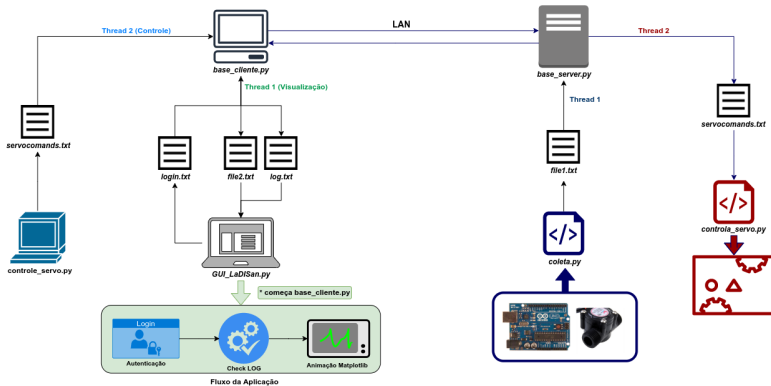


Figura 11: Diagrama de blocos do software proposto.

Sumário

- 1 Introdução
- 2 Evolução do sistema proposto
- 3 Inovações propostas na atuação
- 4 Detalhamento do *hardware* proposto
- 5 Detalhamento do *software* proposto
- 6 Experiências realizadas**
- 7 Sugestões para trabalhos futuros
- 8 Referências bibliográficas

Experiências realizadas

- Em 2019, foram realizadas duas aulas com o sistema proposto, uma em cada semestre letivo.

Experiências realizadas

- Em 2019, foram realizadas duas aulas com o sistema proposto, uma em cada semestre letivo.
- Ao final de cada aula foram disponibilizadas cópias digitais de planilhas contendo os dados experimentais gerados.

Experiências realizadas

- Em 2019, foram realizadas duas aulas com o sistema proposto, uma em cada semestre letivo.
- Ao final de cada aula foram disponibilizadas cópias digitais de planilhas contendo os dados experimentais gerados.
- Os gráficos relativos a algumas dessas planilhas são mostrados nas Figuras 12, 13 e 14, apresentadas a seguir.

Gráfico de curva do tipo I

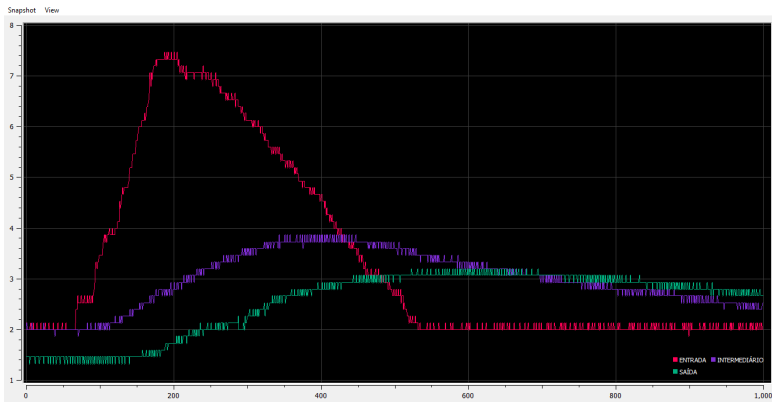


Figura 12: Curvas hidrográficas do perfil de chuva do tipo I.

Gráfico de curva do tipo II

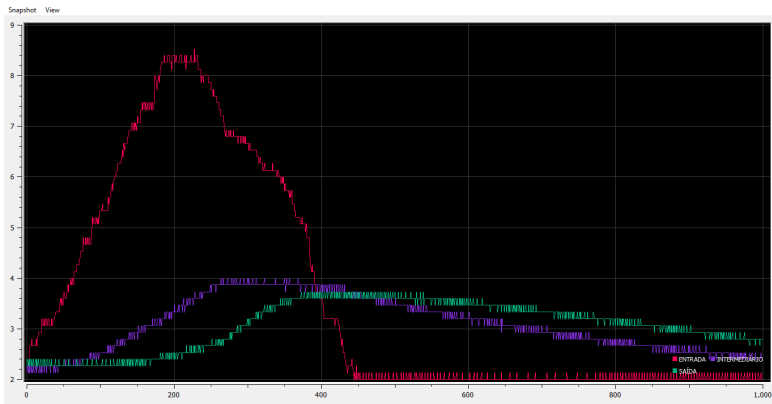


Figura 13: Curvas hidrográficas do perfil de chuva do tipo II.

Gráfico de curva do tipo III

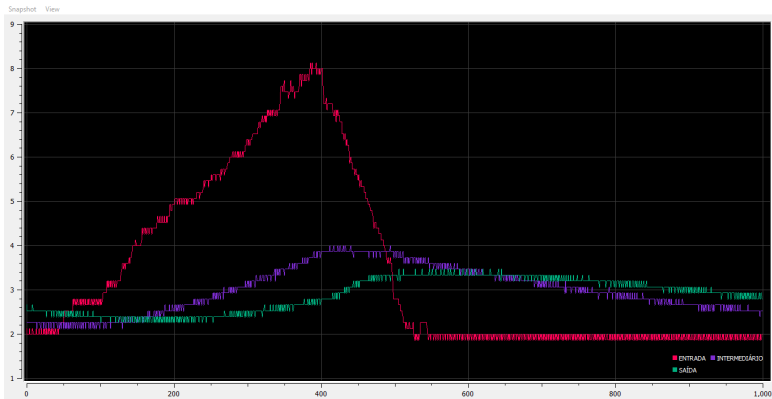


Figura 14: Curvas hidrológicas com o perfil de chuva do tipo III.

Sumário

- 1 Introdução
- 2 Evolução do sistema proposto
- 3 Inovações propostas na atuação
- 4 Detalhamento do *hardware* proposto
- 5 Detalhamento do *software* proposto
- 6 Experiências realizadas
- 7 Sugestões para trabalhos futuros**
- 8 Referências bibliográficas

Sugestões para trabalhos futuros

1. Vertente técnica funcional
 - Modificação da interface gráfica
 - Inclusão de rotinas para inicialização
 - Desenvolvimento de novos padrões de curvas
2. Vertente novos cenários de teste
 - Novos cenários de testes para cada módulo.
 - Questionários avaliativos com os alunos.
3. Vertente facilidade de uso e segurança
 - Impressão 3D para um gabinete de proteção

Gabinete de proteção

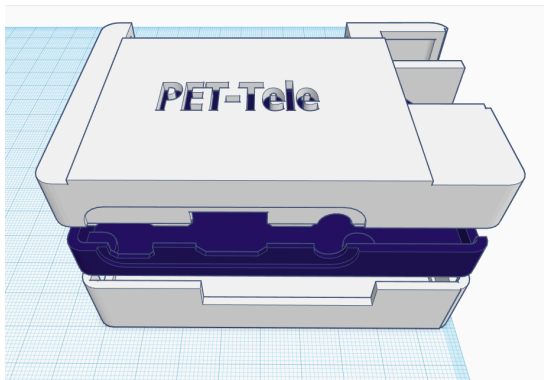


Figura 15: Concepção de gabinete para o conjunto Raspberry Pi – Arduino.

Obrigado!

Sumário

- 1 Introdução
- 2 Evolução do sistema proposto
- 3 Inovações propostas na atuação
- 4 Detalhamento do *hardware* proposto
- 5 Detalhamento do *software* proposto
- 6 Experiências realizadas
- 7 Sugestões para trabalhos futuros
- 8 Referências bibliográficas**

Referências bibliográficas



Coelho et al. (2017)

Implantação de um Sistema Automático para Medição de Fluxo em uma Planta Didática Usando um Kit Arduino e o Sensor Water Flow G1/2.

COBENGE 2017, Página 8.



Paiva e Milhomem (2018)

Uso de sensores e acesso remoto para a realização de aula prática sobre reservatórios de detenção aplicados à drenagem urbana.

Repositório Institucional - UFF, 2018, Página 70.



Paiva et al. (2018)

Realização de Aula Prática Remota a partir de Laboratório Equipado com Modelo Físico sobre Detenção de Água de Chuva.

COBENGE 2018, Página 10.

Referências bibliográficas (cont.)



Neto e Miranda (2021)

Novas implementações para automatização e acesso remoto no sistema de reservatórios de detenção aplicados à drenagem urbana do LaDISan/TCE/UFF utilizando a plataforma Raspberry Pi. <http://www.telecom.uff.br/pet/petws/index.php?pagina=downloads/projetos>.

Página PET-Tele, 2021, Página 41.



Neto et al. (2020)

Evolução da Infraestrutura para Realização de Aula Prática Remota a partir de Laboratório Equipado com Modelo Físico sobre Detenção de Água de Chuva.

COBENGE 2020, Página 10.



H.L. Hazen (1934)

Theory of servo-mechanisms.

Journal of the Franklin Institute, 1934, Páginas 279-331.