

Modelagem e Análise de Redes de Comunicações

Prof.: S. Motoyama

Objetivos do Curso

- Descrição e Modelagem de Redes de Comunicação

Redes Locais – LANs com fio e sem fio

Redes de Sensores

Redes de Longa Distância - WAN

- Análise de Redes de Comunicação

Predição estatística do comportamento das redes acima descritas

Ferramentas de Análise

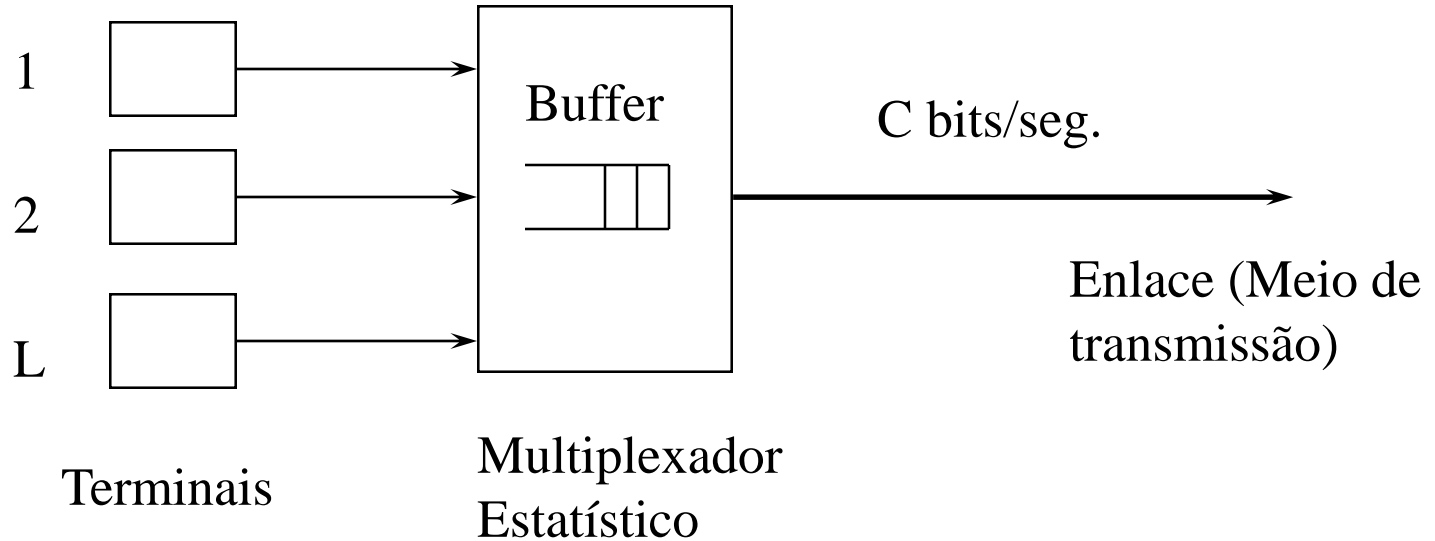
Teoria de Fila

Simulação

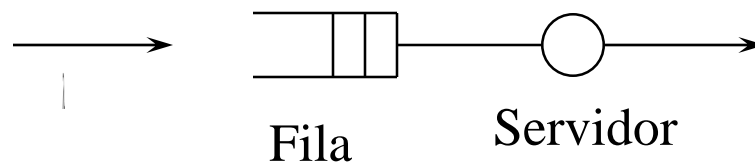
Experimental

Exemplos de Análise

Ex. 1 - Quantos terminais são possíveis de conectar em um multiplexador estatístico considerando um determinado tempo de resposta?

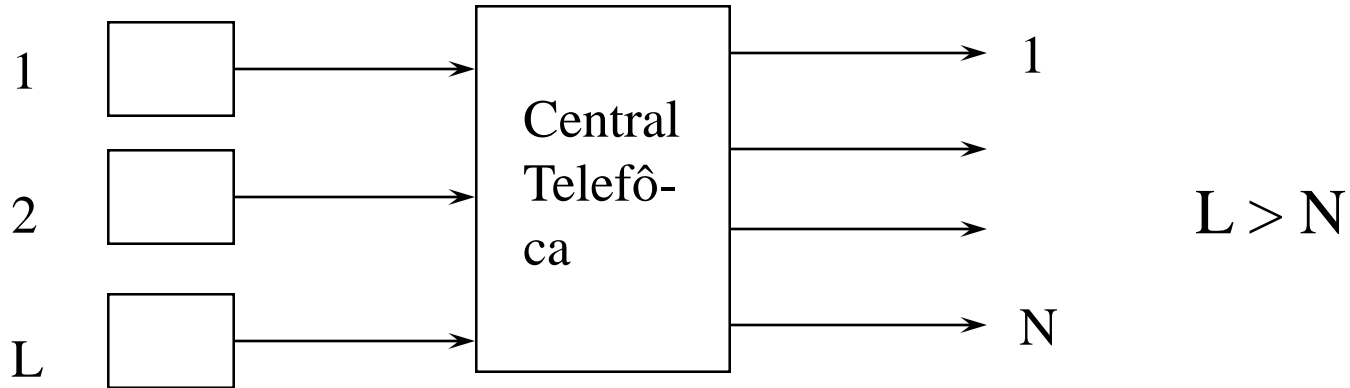


Modelo de Fila: $M / M / 1$

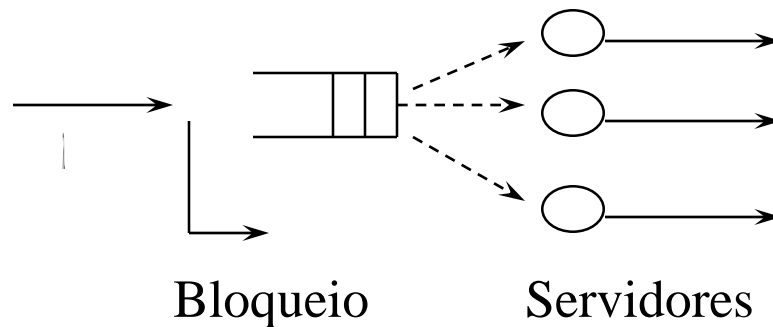


Exemplo 2

- Qual é a porcentagem de chamadas bloqueadas em uma central telefônica (PABX)?

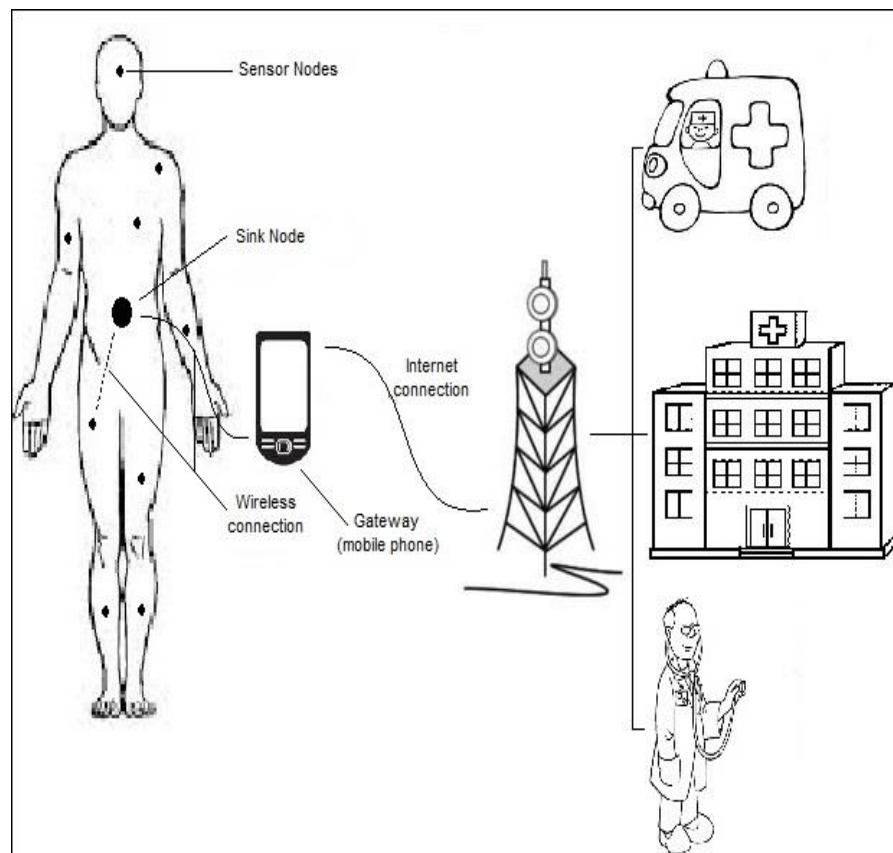
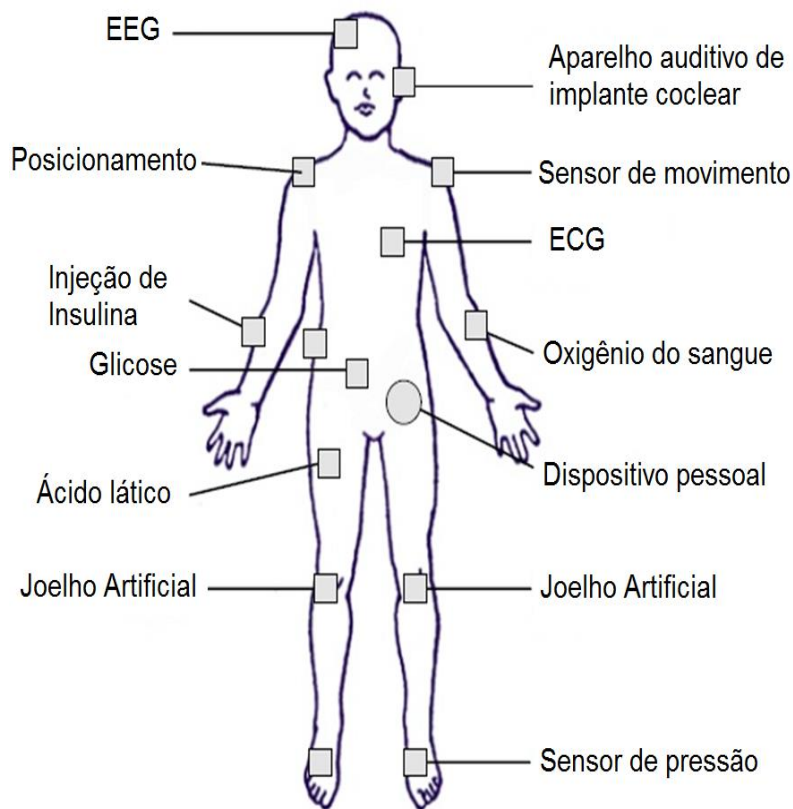


Modelo de Fila: M / M / N / N



Exemplo 3

- Redes Corporais de Sensores Sem Fio – WBAN (Wireless Body Area Network): Exemplos de análise



Nós sensores são dispositivos minúsculos munidos de sensores, processadores, memórias, rádios para comunicação sem fio e softwares.

Esquemas de Acessos para WBAN

Para coletar os dados dos nós sensores devem ser definidos esquemas de acesso.

Características dos esquemas de acesso:

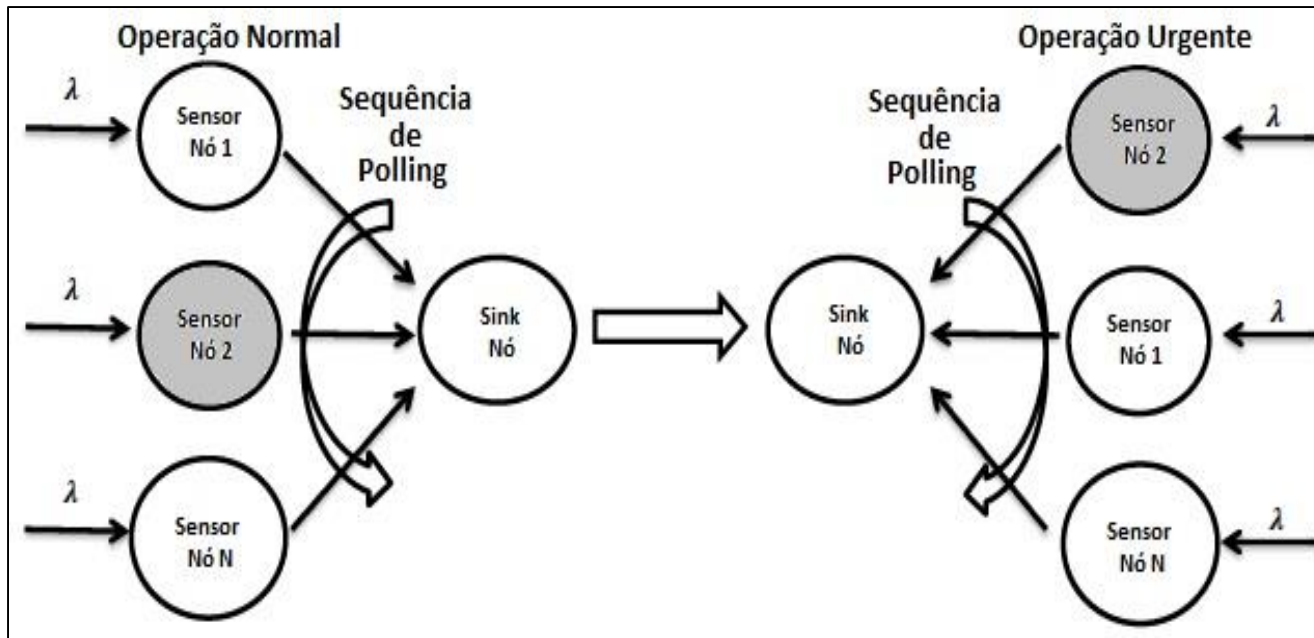
- Economizar energia
- Para minimizar o consumo de energia: evitar colisão, diminuir o *overhearing* (escuta inútil), controle do *overhead* e *idle listening* (escuta ociosa, quando não há tráfego na rede).

Dois tipos principais de esquemas de acesso para WBAN:

- Polling
- TDMA

Esquema de Acesso Polling

- Para aplicação em WBAN pode ser utilizado de várias formas:
 - Normal
 - Urgente
 - Ponderado
 - Hierárquico



Performance Analysis – Normal Operation

- Exhaustive case - when a node is polled and there are packets to transmit, all these packets are transmitted including the packets arriving during the service time

Exhaustive Service case

Average cycle time can be rewritten as

M - number of sensor nodes

$$T_c = \frac{Mw}{1-S} \quad S = \frac{M\lambda E\{X\}}{R}$$

The stability condition is given by

$$S < 1 \Rightarrow M\lambda < \frac{R}{E\{X\}}$$

Stability condition - cycles can complete without any buffer at nodes having packets waiting for long (infinite) times.

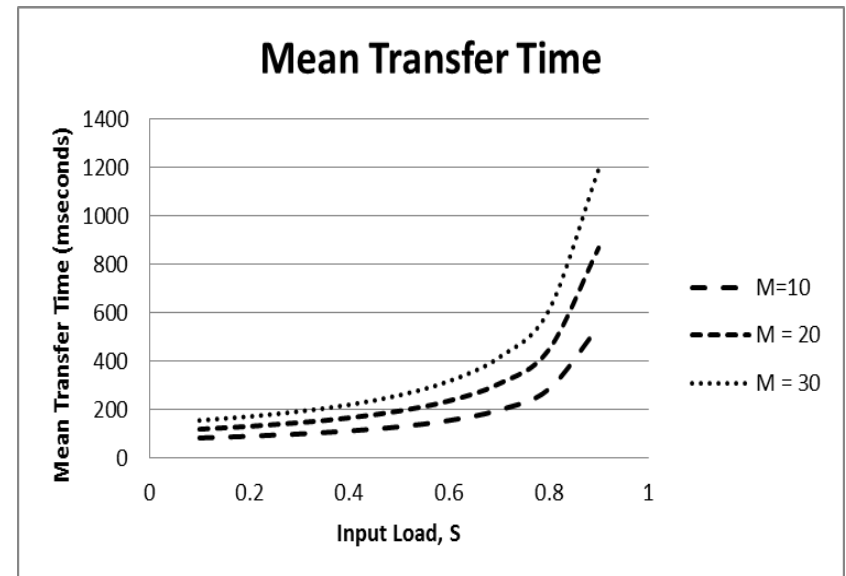
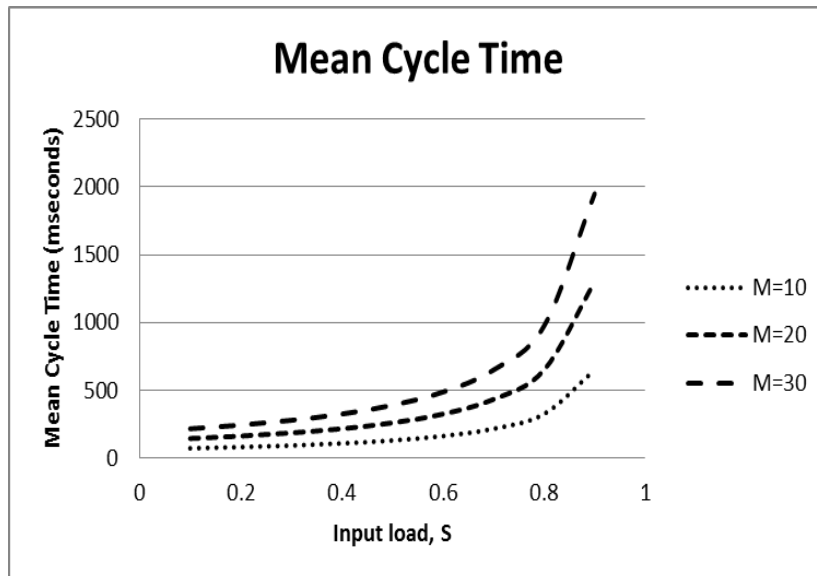
Flexible Polling-based Scheduling with QoS Capability for Wireless Body Sensor Network
S. Motoyama. Apresentado em LCN - 2012

Performance Analysis – Exhaustive Case

For deterministic packet length the queuing time in a buffer is given by

$$E\{W\} = \frac{Mw(1 - S / M)}{2(1 - S)} + \frac{SE\{X\}}{2RE(1 - S)}$$

Considering the packet length $E\{X\} = 900$ bits, $R = 20$ kbps and the authorization packet length be 10% of data packet $E\{X\}$, we have



Performance Analysis – Urgent case

$$E\{W_p\} = E\{T_0\} + \sum_{k=1}^p w_k E\{N_k\} + \sum_{k=1}^{p-1} w_k E\{N_k'\} + \\ + \sum_{k=1}^p E\{T_k\} + \sum_{k=1}^{p-1} E\{T_k'\} \\ p = 1, 2, \dots, r$$

where

T_0 is service residual time when a packet arrives.

w_k is the walk time for node k .

N_k is number of nodes with higher or equal priority.

N_k' is the number of nodes with higher priority that arrived after but went ahead.

T_k is time to serve p nodes with higher or equal priority.

T_k' is the time to serve $p-1$ nodes with higher priority that arrived after but went ahead

Using Little rule

Performance Analysis – Urgent case

$$E\{W_p\}(1 - \sum_{k=1}^{p-1} (\rho_k + w_k \lambda_k)) = E\{T_0\} + \sum_{k=1}^p E\{W_k\}(\rho_k + w_k \lambda_k)$$

$$p = 1, 2, \dots, r$$

$$\rho_k = \frac{\lambda_k}{\mu_k}$$

and

$$E\{W_p\} = \frac{E\{T_0\}}{(1 - \sigma_{p-1})(1 - \sigma_p)}$$

$$p = 1, 2, \dots, r$$

Where

$$\sigma_0 = 0, \sigma_1 = \rho_1 + w_1 \lambda_1, \sigma_2 = \rho_1 + \rho_2 + w_1 \lambda_1 + w_2 \lambda_2, \dots,$$

$$E\{T_0\} = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^r \lambda_k E\{X_k^2\}$$

The transfer time is given by

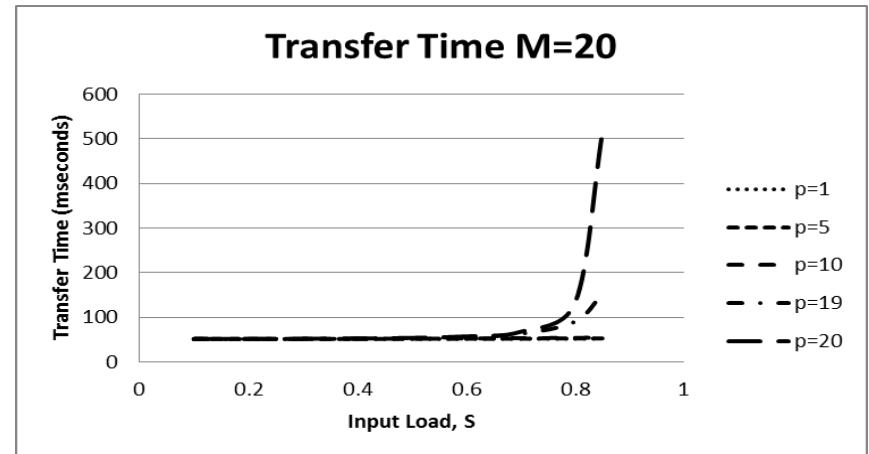
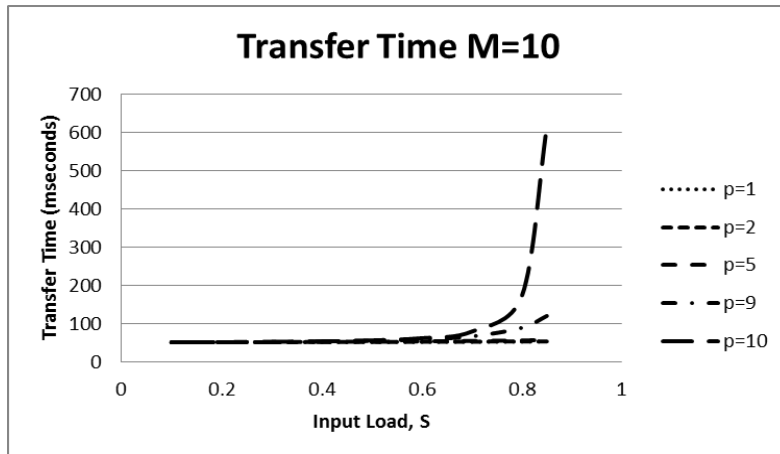
$$E\{T_p\} = \frac{E\{X_p\}}{R} + w_p + E\{W_p\}$$

Performance Analysis – Urgent case

For packet length and walk time are constants and assuming that all nodes have the same distribution and same input rate λ .

$$E\{T_0\} = \frac{1}{2} \lambda \left(\frac{E\{X\}}{R} \right)^2$$

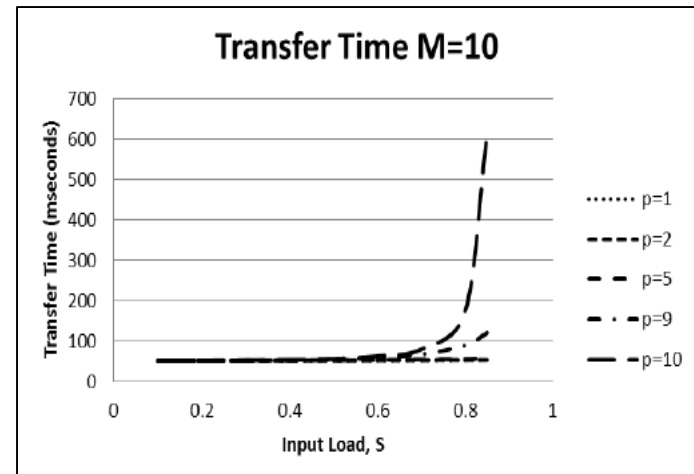
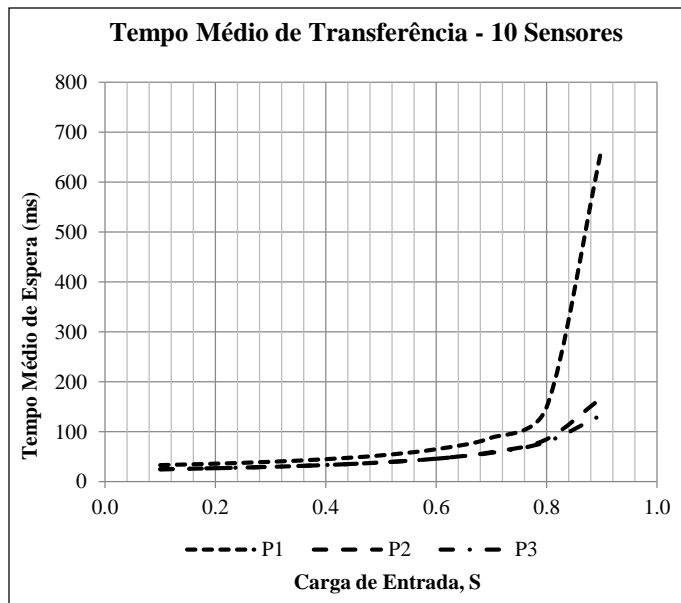
and $\sigma_p = p\rho + pw\lambda$.



Ponderado (Diss. Manoel)

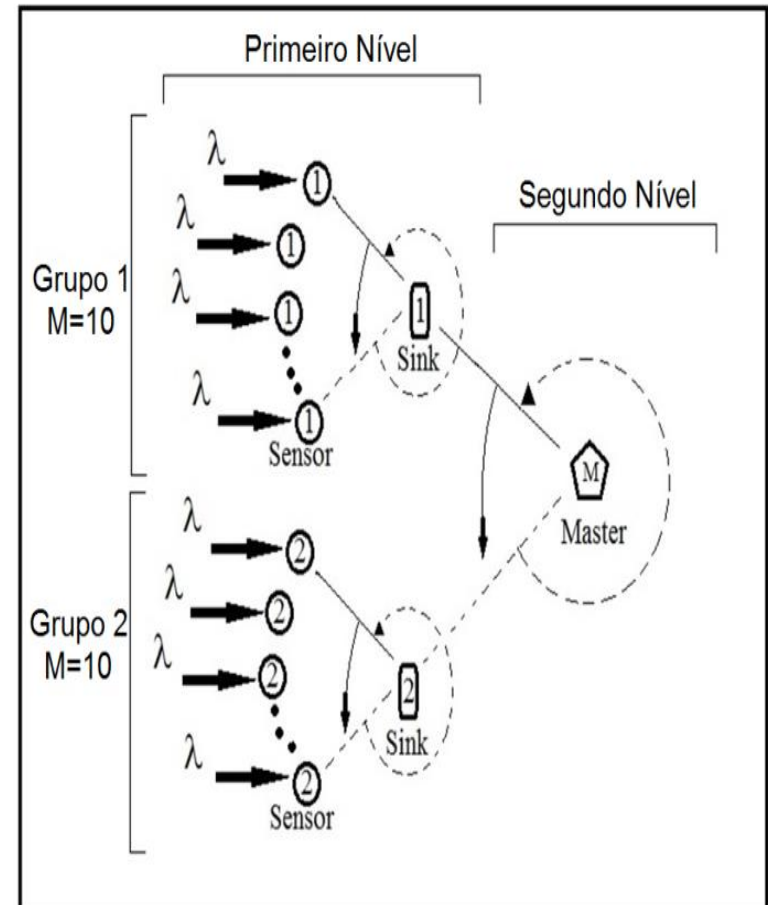
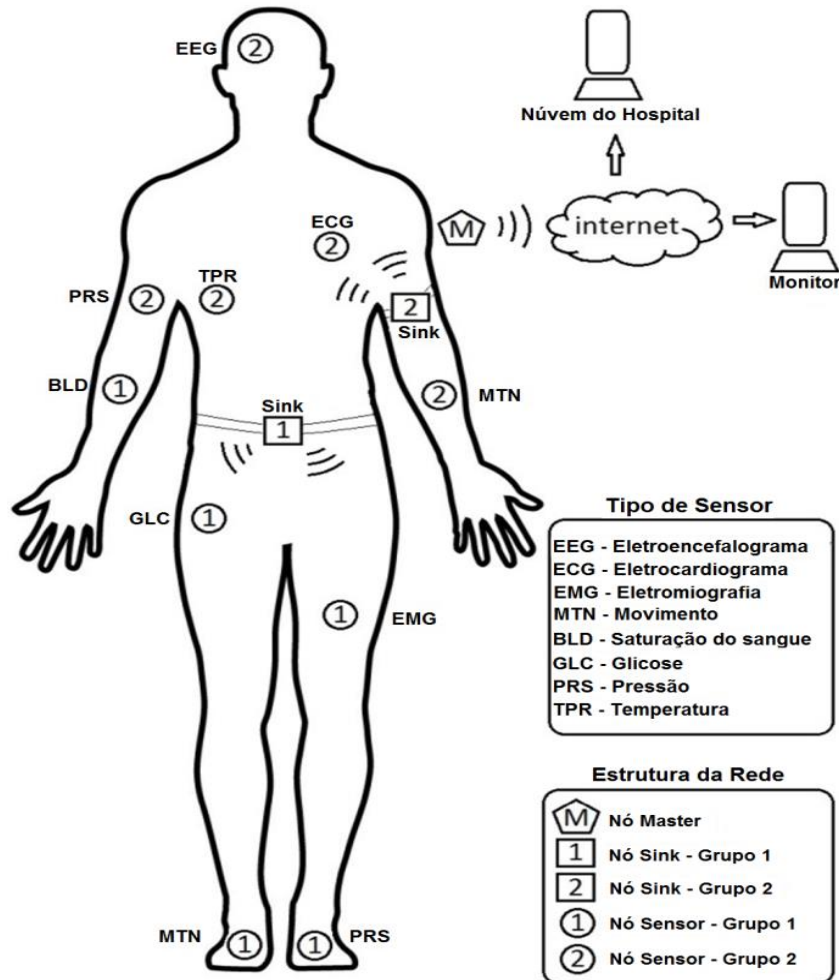
- Ponderado: em vez de dar total prioridade aos nós sensores de maiores prioridades, os nós sensores são divididos em grupos e a cada grupo é atribuído um peso. Os grupos que tem maiores pesos podem transmitir mais pacotes. Por exemplo, em um grupo com peso 3, cada nó sensor poderá transmitir até 3 pacotes em um ciclo.

Análise de resultados: por simulação



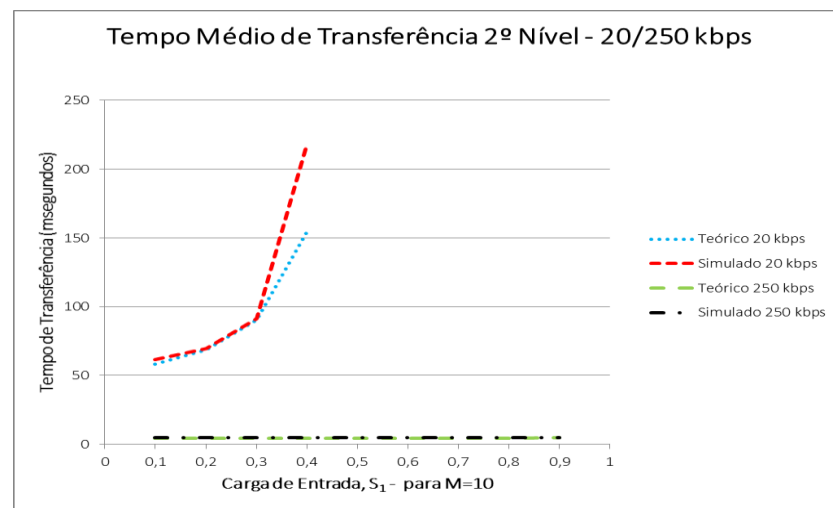
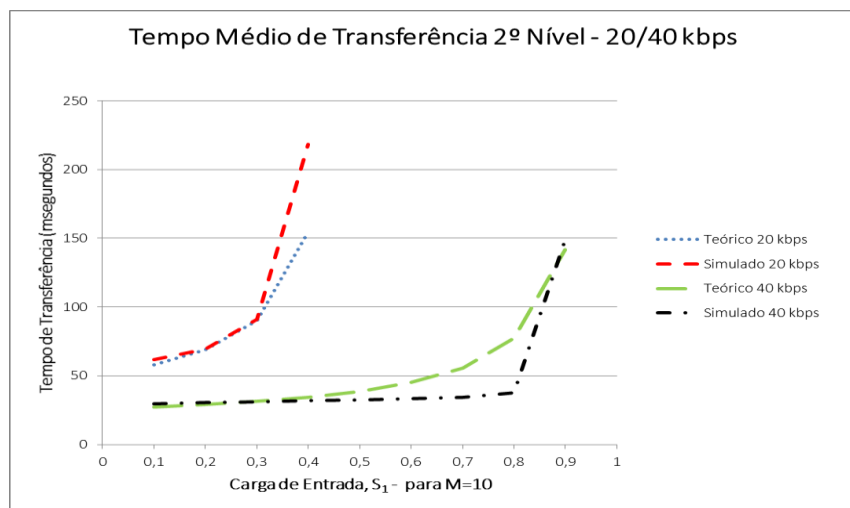
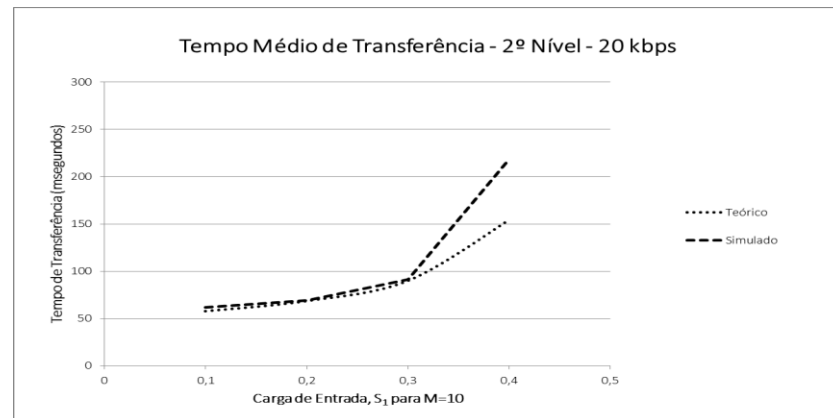
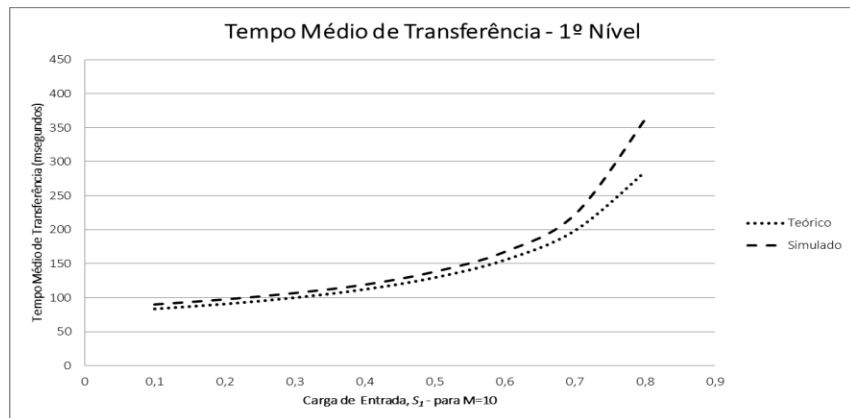
Hierárquico (Diss. Fernando)

- Hierárquico: existem dois ou mais níveis para coleta de dados.



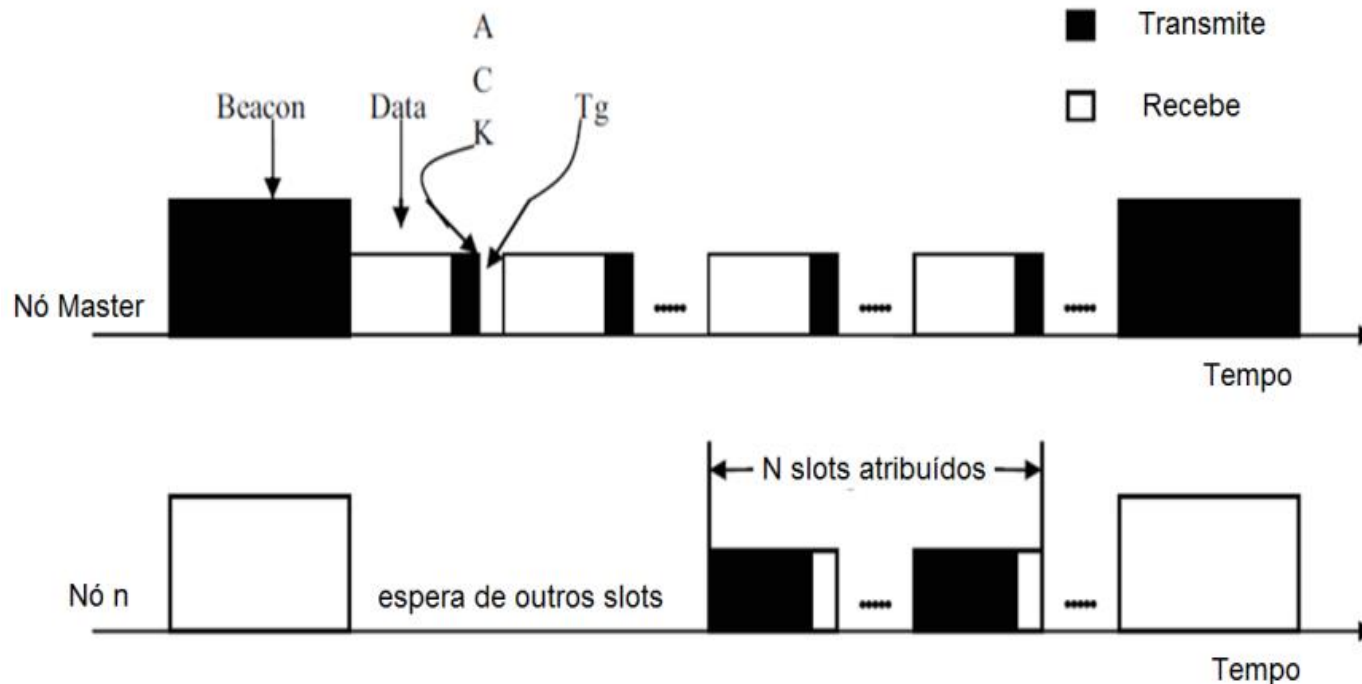
Hierárquico (Diss. Fernando)

- Análise de resultados: teórico e simulação

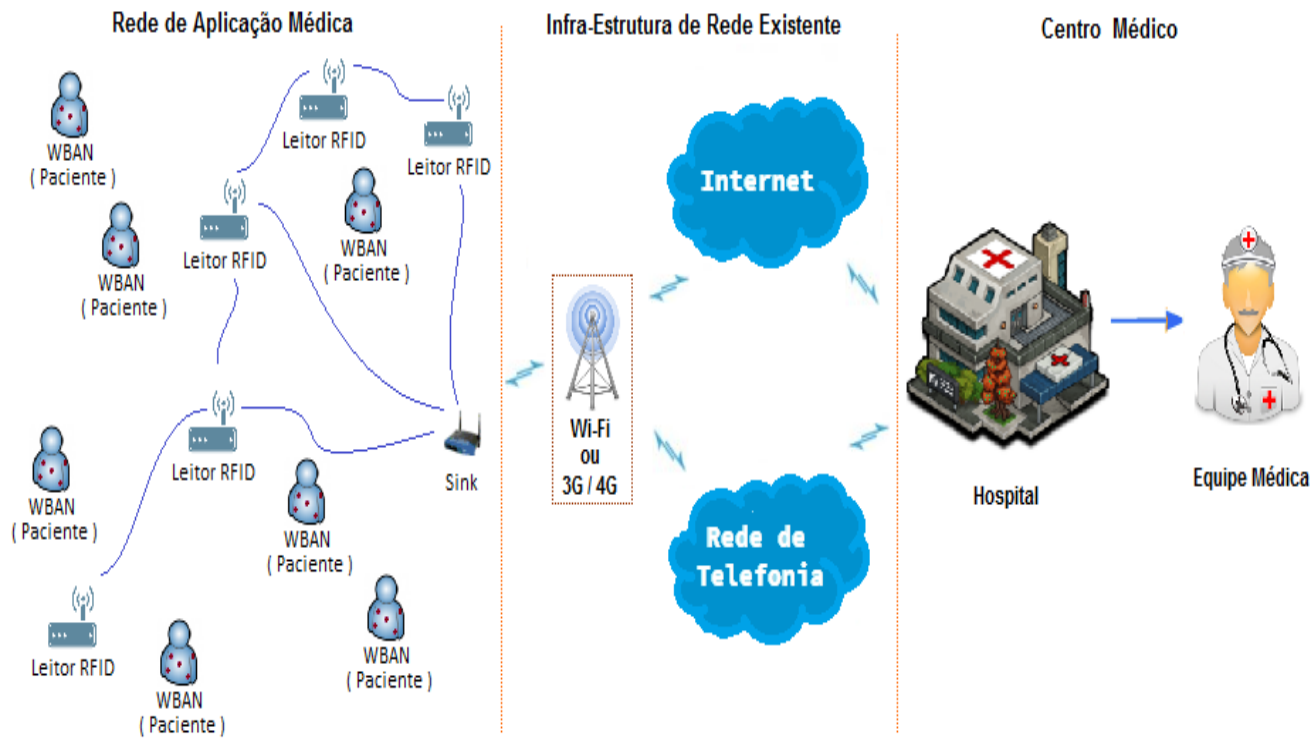


Esquema de Acesso TDMA

- IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*) criou um grupo de trabalho, o 802.15.6, para normatização dos esquemas de acesso para WBAN.
- O padrão 802.15.6 possui três modos de operação:
 - Modo beacon (balizas) – com os períodos de superquadros (superframes) limitados por beacons;
 - Modo não-beacon – com os superquadros limitados;
 - Modo não-beacon e sem limites nos superquadros.



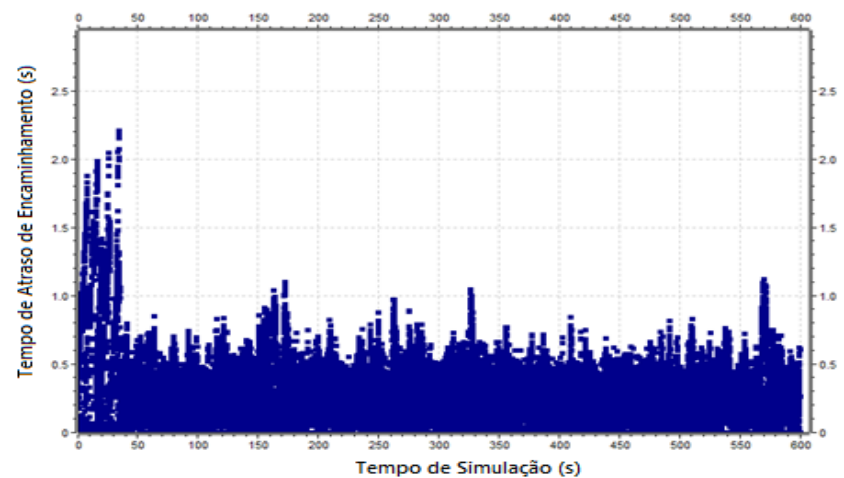
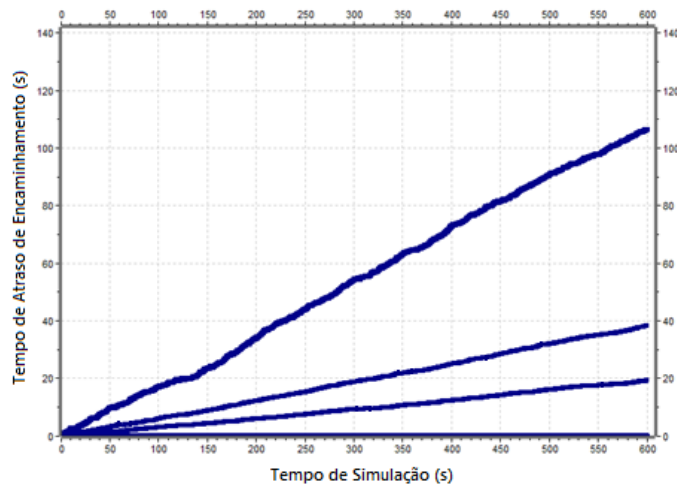
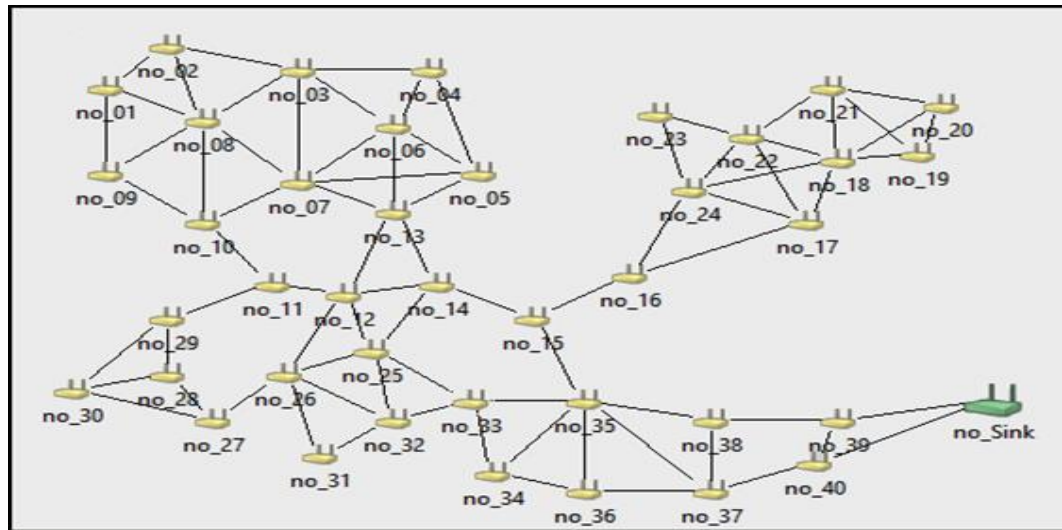
Encaminhamento em Redes de Aplicação Médica (Diss. Ronaldo)



Encaminhamento em Redes Médicas

- Encaminhamento por menor atraso. Baseado em um gatilho de número de pacotes nos buffers.
- Quando um dos buffers da rede atinge o valor de gatilho, calcula-se os novos caminhos de menor atraso utilizando o algoritmo de Dijkstra. Os pesos dos arcos são proporcionais aos números de pacotes nos buffers.
- Encaminhamento por menor atraso e consume de energia. Além do critério de número de pacotes nos buffers, leva-se, tbm, em conta o consumo de energia do nó. Um dos critérios do consumo de energia, pode ser a quantidade de pacotes que foi recebida e enviada.

Exemplo de Aplicação em uma Rede

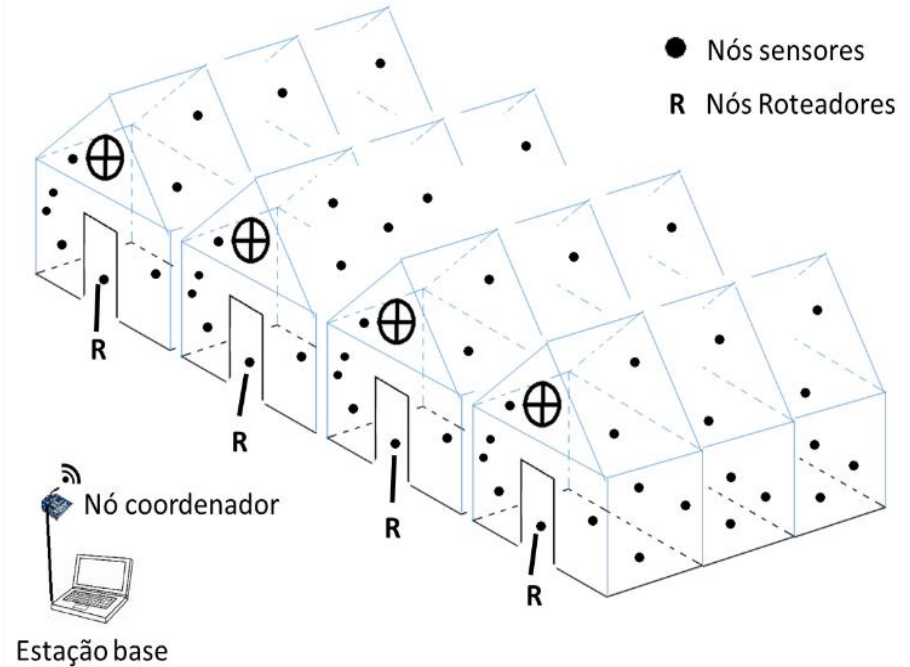
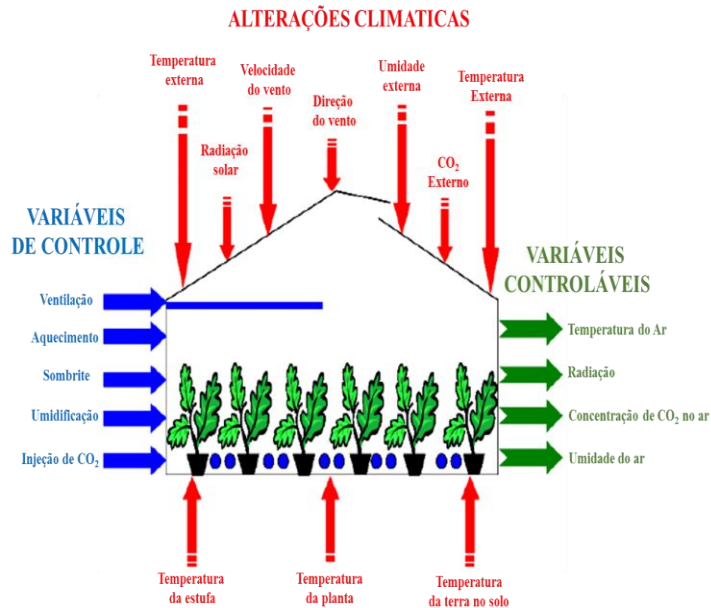


Encaminhamento por menor número de saltos (através da simulação)

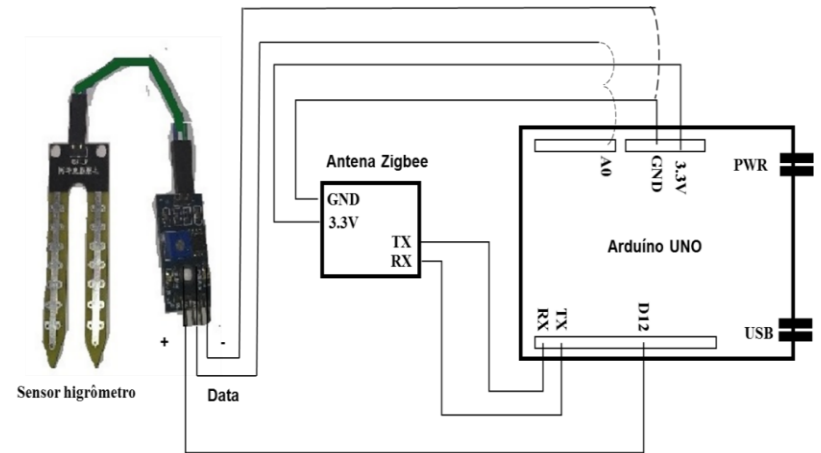
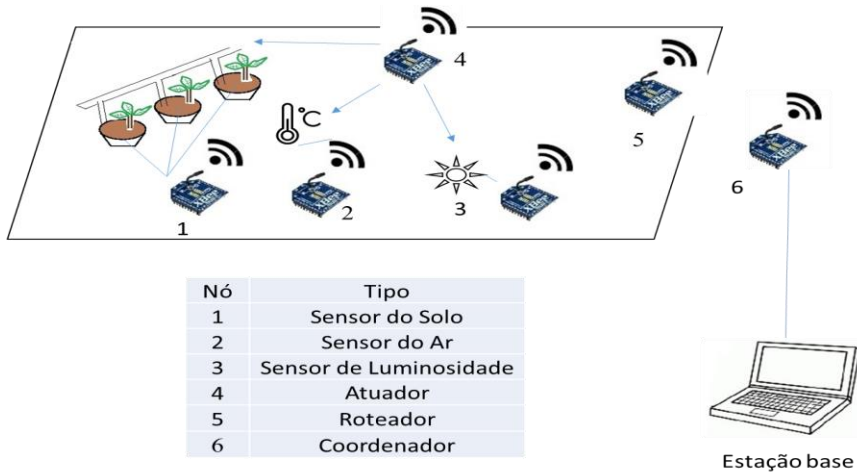
Motoyama: Motivação

Encaminhamento por menor atraso (através da simulação)

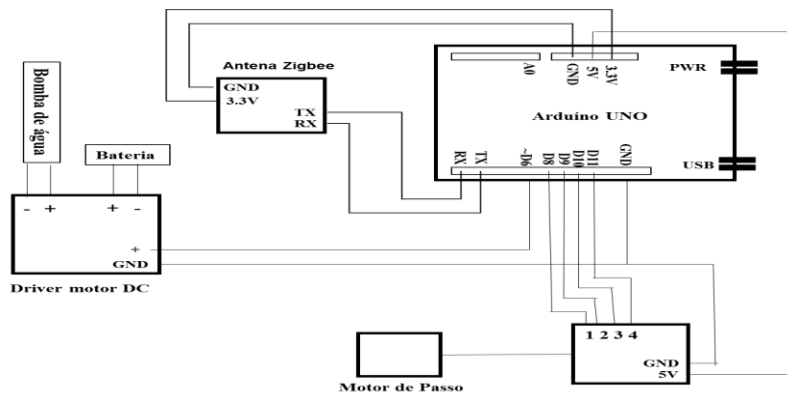
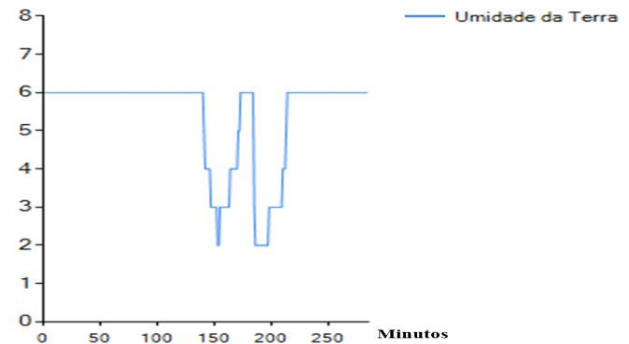
Projeto e Implementação de uma Estufa Agrícola (Diss. Hugo)



Modelo Simplificado de Implementação



Nó sensor de umidade da terra.



Nó atuador.