

# Sincronização com Mutex, Semáforo, Monitor

Gustavo da Silva Mafra  
Escola do Mar, Ciência e Tecnologia  
Universidade do Vale do Itajaí  
Itajaí, Brasil  
gustavo\_mafra@edu.univali.br

Nathália Adriana de Oliveira  
Escola do Mar, Ciência e Tecnologia  
Universidade do Vale do Itajaí  
Itajaí, Brasil  
oliveiranathalia@univali.br

**Abstract**— This document is a technical report about an implementation of a data monitoring system, focusing on smart building for the company IoT Systems Ltda.

**Keywords**—synchronization, mutex, semaphore, monitor, real time system, styling, insert

## I. INTRODUÇÃO

Este trabalho é uma solução realizada referente à problemática da empresa IoT Systems Ltda, onde é solicitado a implementação de um novo sistema de monitoramento de dados, com foco em prédios inteligentes.

## II. METODOLOGIA

A implementação deste projeto foi desenvolvida utilizando a linguagem C, pois era um dos requisitos da empresa em questão.

## III. PROBLEMÁTICA

A empresa IoT Systems Ltda, quer implementar um novo sistema de monitoramento de dados que possuem como foco prédios inteligentes. A ideia principal é que a empresa obtenha os dados, gerados pelos sensores, de diversos apartamentos.

Os dados lidos são de consumo de energia elétrica, consumo de gás e consumo de água. Inicialmente, a empresa irá lidar com a automação de 3 andares de prédio de teste, sendo monitorado os 2 apartamentos que há por andar. Essas variáveis são usadas para monitorar e automatizar o consumo de água, gás e eletricidade do prédio, aumentando ou diminuindo conforme houver demanda.

A empresa espera centralizar o sistema de monitoramento principal que recebe as novas aquisições feitas dos apartamentos em um único dispositivo, servindo como um servidor que pode ser lido quando requisitado. Deverá rodar sobre um sistema operacional e utilizar multithread para execução. Logo de cara, foi identificado que se tratava de um sistema produtor/consumidor. Haverá nodos produzindo dados e um sistema consumindo dados, sendo o consumo quando há uma requisição da central da empresa. A empresa também comentou que o tempo de resposta é importante para a aplicação como um todo. Como a empresa sabe que há a necessidade de sincronização entre as diferentes threads que irão ser usadas dentro da aplicação no sistema centralizador, ela requisitou que seja feito uma análise de sincronização entre as diferentes threads para acessar as variáveis usadas para armazenar os dados e que são lidas (por exemplo, um vetor para cada andar, onde cada posição representa um apartamento).

Com isso, deverá ser feito uma análise com mutex, semáforo e monitor. Além disso, a empresa requisitou se uso de diferentes protocolos de mutex tem impacto significativo

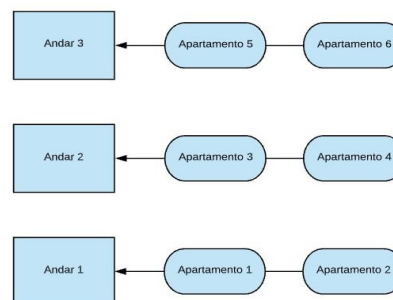
### A. Algumas informações sobre a automação e sensoramento

- Os sensores de água devem ser lidos a cada 500 ms;
- Os sensores de energia elétrica devem ser lidos a cada 100 ms;
- Os sensores de gás devem ser lidos a cada 1 s;
- A cada 50 medições de cada unidade (água, eletricidade, gás) deve ser feito uma média de consumo por andar e armazenado em uma variável que pode ser lida posteriormente.
- O sistema deverá capturar os dados e deverá estar também disponível para enviar os dados lidos (valores dos apartamentos e médias por andar) quando requisitado pela central da empresa.
- Deve ser proposto uma função de ativação de aumento ou diminuição de gás, água ou eletricidade a medida que há mais ou menos demanda.

## IV. DESENVOLVIMENTO

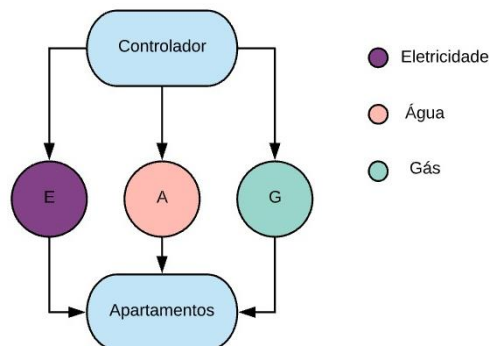
Neste tópico será apresentado a implementação realizada do sistema de monitoramento de dados com foco em prédios inteligentes, logo optamos pela representação em forma de diagramas, para facilitar a compressão deste trabalho. Para mais detalhes relacionados ao código-fonte, tem-se a opção de consultar projeto do trabalho compartilhado no Github.

Na Figura 1 temos o esquemático da distribuição de apartamentos por andar no prédio, e tem-se o seguinte funcionamento, como são três andares ao todo, e seis apartamentos, cada andar possui dois apartamentos, dividindo-se de forma proporcional.



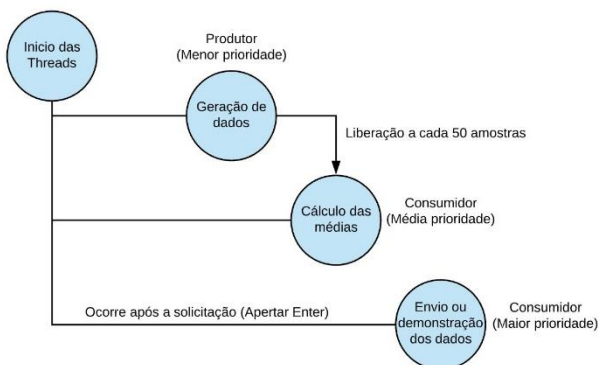
(Figura 1 – Organização do prédio)

O funcionamento dos gastos dos apartamentos do prédio é mostrado na Figura 2, onde o controlador tem a função de regular a energia, o gás e a água respectivamente, dependendo da demanda.



(Figura 2 – Funcionamento dos gastos dos apartamentos)

Sendo assim, o sistema funciona da seguinte forma, primeiramente é inicializada as threads e com isso realiza-se o processo de geração de dados dos gastos de água, eletricidade e gás. Após 50 amostras é feito o cálculo das médias de cada apartamento por andar e quando solicitado pelo usuário é exibido na tela os gastos médios e os gastos por apartamento. A seguir, tem-se o fluxograma representando este procedimento:



(Figura 3 – Fluxograma do sistema)

Para o desenvolvimento do software foram utilizados o mutex, especificadamente o protocolo de teto de prioridade, dessa forma, a função que realiza a impressão dos dados tem a maior prioridade, seguida pela função de cálculo de média e por fim o produtor de dados. Além disso, sinais de condição foram utilizados para que fosse possível controlar o acionamento de funções de média e impressão dos dados.

O produtor gera os dados por apartamento, dessa forma é alocado o valor atual em um buffer de uma posição e adicionado um buffer de soma do andar, para que posteriormente possa ser realizado o cálculo da média. Tais valores são coletados a partir dos tempos dados no problema, assim foi utilizado a função `usleep` para gerar os atrasos em ms.

O consumidor ou função de leitura, é ativado pelo usuário utilizando de qualquer tecla, como o “enter” por exemplo, assim os dados são lidos e apresentados no terminal para que seja possível a análise do funcionamento do programa.

O cálculo de média é realizado a cada 50 amostras obtidas por andar, dessa forma é realizada a cada 25 amostras por apartamento.

A utilização de semáforos não foi necessária em julgamento dos desenvolvedores, visto que, com a utilização de condições para execução de threads e um buffer de apenas uma posição, não há a necessidade de um semáforo indicando a cada liberação do buffer, este meio só traria mais complexidade ao desenvolvimento. Outro ponto é que, como o sistema se baseia em um monitor, utilizando condições que verificam flags, logo o funcionamento do sistema é similar ao semáforo.

## V. INFORMAÇÕES DO SISTEMA

Para a execução do projeto, foi utilizado o sistema operacional Linux com as seguintes especificações:



(Figura 4 – Especificações do sistema operacional)

É importante ressaltar que, no momento da execução estava aberto no sistema, somente o software Visual Studio Code e o terminal, para a realização dos testes.

## VI. RESULTADOS

Neste tópico será apresentado a execução do sistema de monitoramento de dado em três momentos distintos, a fim de validar o funcionamento correto do mesmo.

Para a primeira validação foram medidos os tempos de geração de 50 amostras, como é mostrado na Figura 5. Dessa forma, é esperado que demore cerca de 25 segundos para essa geração, com pequenos atrasos de 1 a 2 segundos devido aos mutex utilizados em cada tipo de sensor.

```

gustavo@gustavo-270ESG-270ESU:~/STR/Trabalho IoT Systems Ltda$ gcc -o main main.c -lpthread
gustavo@gustavo-270ESG-270ESU:~/STR/Trabalho IoT Systems Ltda$ time ./main

pthread_mutex_lock: Invalid argument
pthread_mutex_lock: Invalid argument
pthread_mutex_lock: Invalid argument
pthread_mutex_lock: Invalid argument
pthread_mutex_lock: Invalid argument
pthread_mutex_lock: Invalid argument
pthread_mutex_lock: Invalid argument

real    0m26.007s
user    0m0.009s
sys     0m0.008s
gustavo@gustavo-270ESG-270ESU:~/STR/Trabalho IoT Systems Ltda$ time ./main

pthread_mutex_lock: Invalid argument
pthread_mutex_lock: Invalid argument
pthread_mutex_lock: Invalid argument
pthread_mutex_lock: Invalid argument
pthread_mutex_lock: Invalid argument
pthread_mutex_lock: Invalid argument
pthread_mutex_lock: Invalid argument

real    0m26.007s
user    0m0.001s
sys     0m0.008s

```

(Figura 5 - Tempo de execução para geração de 50 amostras)

Com a confirmação do funcionamento da inserção de dados nos tempos apresentados pelo enunciado, é realizado uma verificação do funcionamento final do código, onde busca-se verificar à média e a função consumidora do programa. A Figura 6 demonstra a primeira apresentação de dados, que serão exibidos na tela até que o usuário realize uma nova solicitação de dados.

```

GASTOS MEDIANOS POR ANDAR:

A média de água no andar 1 é igual a 4.16 m3
A média de eletricidade no andar 1 é igual a 26.22 kWh
A média de gás no andar 1 é igual a 1.76 Kg

A média de água no andar 2 é igual a 4.56 m3
A média de eletricidade no andar 2 é igual a 23.42 kWh
A média de gás no andar 2 é igual a 1.98 Kg

A média de água no andar 3 é igual a 4.76 m3
A média de eletricidade no andar 3 é igual a 26.38 kWh
A média de gás no andar 3 é igual a 1.76 Kg

GASTOS POR APARTAMENTO (ULTIMA MEDIÇÃO):

0 apartamento 1, tem um consumo atual de água: 2.00 m3, energia: 46.00 kWh e gás: 1.00 Kg
0 apartamento 2, tem um consumo atual de água: 3.00 m3, energia: 41.00 kWh e gás: 1.00 Kg
0 apartamento 3, tem um consumo atual de água: 5.00 m3, energia: 26.00 kWh e gás: 3.00 Kg
0 apartamento 4, tem um consumo atual de água: 3.00 m3, energia: 9.00 kWh e gás: 2.00 Kg
0 apartamento 5, tem um consumo atual de água: 7.00 m3, energia: 40.00 kWh e gás: 2.00 Kg
0 apartamento 6, tem um consumo atual de água: 9.00 m3, energia: 4.00 kWh e gás: 3.00 Kg

VALORES DISPONIBILIZADOS POR ANDAR BASEADOS NA MÉDIA:

Água no andar 1 é igual a 5.00 m3
Eletricidade no andar 1 é igual a 87.00 kWh
Gás no andar 1 é igual a 2.00 Kg
Água no andar 2 é igual a 8.00 m3
Eletricidade no andar 2 é igual a 35.00 kWh
Gás no andar 2 é igual a 5.00 Kg
Água no andar 3 é igual a 16.00 m3
Eletricidade no andar 3 é igual a 44.00 kWh
Gás no andar 3 é igual a 5.00 Kg

```

(Figura 6 – Execução do momento 1)

É possível ver a mudança dos dados em momentos diferentes, visto que, é realizado à atualização das médias, e exibido mais de 50 amostras entre cada intervalo de solicitação.

```

GASTOS MEDIANOS POR ANDAR:

A média de água no andar 1 é igual a 4.68 m3
A média de eletricidade no andar 1 é igual a 23.70 kWh
A média de gás no andar 1 é igual a 2.18 Kg

A média de água no andar 2 é igual a 4.16 m3
A média de eletricidade no andar 2 é igual a 22.62 kWh
A média de gás no andar 2 é igual a 2.02 Kg

A média de água no andar 3 é igual a 5.20 m3
A média de eletricidade no andar 3 é igual a 23.06 kWh
A média de gás no andar 3 é igual a 1.58 Kg

GASTOS POR APARTAMENTO (ULTIMA MEDIÇÃO):

0 apartamento 1, tem um consumo atual de água: 0.00 m3, energia: 28.00 kWh e gás: 1.00 Kg
0 apartamento 2, tem um consumo atual de água: 7.00 m3, energia: 0.00 kWh e gás: 3.00 Kg
0 apartamento 3, tem um consumo atual de água: 4.00 m3, energia: 21.00 kWh e gás: 3.00 Kg
0 apartamento 4, tem um consumo atual de água: 3.00 m3, energia: 32.00 kWh e gás: 2.00 Kg
0 apartamento 5, tem um consumo atual de água: 9.00 m3, energia: 1.00 kWh e gás: 0.00 Kg
0 apartamento 6, tem um consumo atual de água: 5.00 m3, energia: 30.00 kWh e gás: 1.00 Kg

VALORES DISPONIBILIZADOS POR ANDAR BASEADOS NA MÉDIA:

Água no andar 1 é igual a 14.68 m3
Eletricidade no andar 1 é igual a 33.70 kWh
Gás no andar 1 é igual a 12.18 Kg
Água no andar 2 é igual a 14.16 m3
Eletricidade no andar 2 é igual a 32.62 kWh
Gás no andar 2 é igual a 12.02 Kg
Água no andar 3 é igual a 15.20 m3
Eletricidade no andar 3 é igual a 33.06 kWh
Gás no andar 3 é igual a 11.58 Kg

```

(Figura 7 – Execução do momento 2)

Também podemos ver a parte de valores disponibilizados por andar, que é demonstrado exatamente como a empresa solicitou. Como a vazão de cada grandeza necessária para suprir os gastos por andar, dessa forma, essa função pode ser empregada em outro software controlador que realizaria o ajuste válvulas de água, gás e eletricidade dos andares.

```

GASTOS MEDIANOS POR ANDAR:

A média de água no andar 1 é igual a 3.66 m3
A média de eletricidade no andar 1 é igual a 24.72 kWh
A média de gás no andar 1 é igual a 1.82 Kg

A média de água no andar 2 é igual a 4.36 m3
A média de eletricidade no andar 2 é igual a 26.50 kWh
A média de gás no andar 2 é igual a 1.86 Kg

A média de água no andar 3 é igual a 5.12 m3
A média de eletricidade no andar 3 é igual a 25.46 kWh
A média de gás no andar 3 é igual a 2.22 Kg

GASTOS POR APARTAMENTO (ULTIMA MEDIÇÃO):

0 apartamento 1, tem um consumo atual de água: 3.00 m3, energia: 26.00 kWh e gás: 0.00 Kg
0 apartamento 2, tem um consumo atual de água: 8.00 m3, energia: 45.00 kWh e gás: 3.00 Kg
0 apartamento 3, tem um consumo atual de água: 0.00 m3, energia: 20.00 kWh e gás: 3.00 Kg
0 apartamento 4, tem um consumo atual de água: 1.00 m3, energia: 15.00 kWh e gás: 1.00 Kg
0 apartamento 5, tem um consumo atual de água: 4.00 m3, energia: 24.00 kWh e gás: 1.00 Kg
0 apartamento 6, tem um consumo atual de água: 3.00 m3, energia: 17.00 kWh e gás: 2.00 Kg

VALORES DISPONIBILIZADOS POR ANDAR BASEADOS NA MÉDIA:

Água no andar 1 é igual a 11.00 m3
Eletricidade no andar 1 é igual a 71.00 kWh
Gás no andar 1 é igual a 3.00 Kg
Água no andar 2 é igual a 1.00 m3
Eletricidade no andar 2 é igual a 35.00 kWh
Gás no andar 2 é igual a 4.00 Kg
Água no andar 3 é igual a 7.00 m3
Eletricidade no andar 3 é igual a 41.00 kWh
Gás no andar 3 é igual a 3.00 Kg

```

(Figura 8 – Execução do momento 3)

## VII. CONCLUSÃO

Por fim, após o demonstrativo de funcionamento e a explicação das funções, pode-se definir que a função de leitura possui um deadline firm, visto que não há uma consequência catastrófica de perda de deadline, porém não há sentido em entregar os dados com atraso, pois esses dados não serão mais em tempo real. Além disso, os outros deadlines são soft, tanto para a média quanto para a geração dos dados. Porém a média também pode ser considerada firm dependendo da análise, visto que, se for usada para algum meio de controle de fluxo, o cálculo em atraso resultará em um mal funcionamento da regulação.

Além disso, não houve nenhum problema na implementação do trabalho, e os tempos questionados para leitura foram atendidos, como mostrado nos resultados.