

Sistema de Monitoramento Online de Transformadores

Autor: Carlos H. Barriquello

Sumário

- Visão geral
- Objetivos
- Especificações
- Solução proposta (Hardware e Software)
- Sistema de monitoramento online
- Software gráfico
- Instalação e operação
- Manutenção

Visão geral

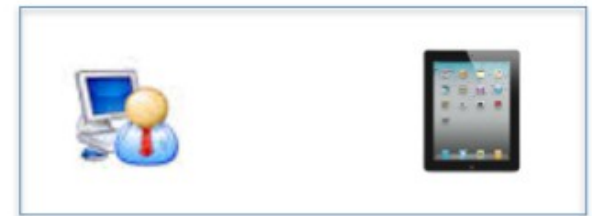


Transformador

RS485/ModBus



Monitoramento



Internet



GPRS



Servidor

Objetivos

- Geral
 - Desenvolvimento de um sistema de monitoramento online de um transformador.
- Específicos
 - Desenvolver equipamento de monitoramento local ...
 - Desenvolver um sistema de servidor online ...

Objetivos

- Mais específicos
 - Desenvolver um equipamento de **aquisição, armazenamento e comunicação de dados** com: capacidade de comunicação de dados via interface **RS-485** e protocolo de comunicação **Modbus RTU** para conexão a um medidor de energia, **modelo PM210** da marca Schneider e a um controlador de temperatura, **modelo TS** da marca Treotech; capacidade de leitura **de dois sensores mecânicos** (analógicos) para monitoramento do estado instantâneo da **válvula de alívio de pressão** do transformador e do estado do **indicador de nível de óleo** do transformador; capacidade de **armazenamento de dados** em cartão de memória tipo **SD** e capacidade de **comunicação de dados** via **modem GSM/GPRS**.

Objetivos

- Mais específicos
 - Desenvolver um sistema de **servidor online** para **recepção, armazenamento e visualização de dados** com: capacidade de comunicação de dados por **protocolos HTTP, TCP e IP** para conexão à internet, geração de **página Web** que poderá ser acessada de qualquer dispositivo capaz de acessar protocolos para web (tablets, smartphones, etc); capacidade para **download/exportação dos dados** armazenados em **formato** compatível com planilha eletrônica **Microsoft Excel** e capacidade para **visualização gráfica dos dados** armazenados no equipamento.

Especificações

- **Aquisição de dados:**
 - Acessórios do transformador que deverão ser monitorados estão listados abaixo:
 - **Válvula de alívio de pressão**, com dois contatos secos, sem tensão;
 - **Indicador de nível de óleo**, com dois contatos secos, sem tensão;
 - **Medidor de energia**, com saída RS-485 e protocolo de comunicação Modbus RTU;
 - **Controlador de temperatura**, com saída RS-485 e protocolo de comunicação Modbus RTU.

Especificações

- Aquisição de dados:
 - **Válvula de alívio de pressão:** o sistema de monitoramento deve indicar o status instantâneo da válvula e **se ela teve alguma atuação** por sobrepressão;
 - **Indicador de nível de óleo:** o sistema de monitoramento deve indicar se o nível de óleo é **máximo, mínimo ou intermediário**



Especificações



- Aquisição de dados:
 - Medidor de Energia PM210 – Marca Schneider: este dispositivo fornecerá ao sistema de monitoramento as seguintes grandezas:
 - **Grandezas instantâneas:** Correntes, Tensões, Frequência, Potência Ativa, Potência Aparente, Potência Reativa, Fator de Potência;
 - **Valores de Energia:** Energia Total, Energia Reativa, Energia Aparente;
 - **Valores de Demanda:** Corrente, Potência Ativa, Reativa, Aparente;
 - **Valores de Demanda Máxima:** Corrente Máxima, Potência ativa máxima, Potência reativa máxima, Potência aparente máxima;

Especificações

- Aquisição de dados:
 - Controlador de Temperatura – TS – Marca Treotech: este equipamento fornecerá ao sistema de monitoramento as seguintes grandezas:
 - Temperatura do óleo isolante;
 - Temperatura do enrolamento;



Solução proposta

- Solução formada por 3 blocos:
 - Sistema de Monitoramento Embarcado (SIMONE)
 - Sistema de Monitoramento Online (SIMON)
 - Interface gráfica do sistema de monitoramento (IGSIMON)

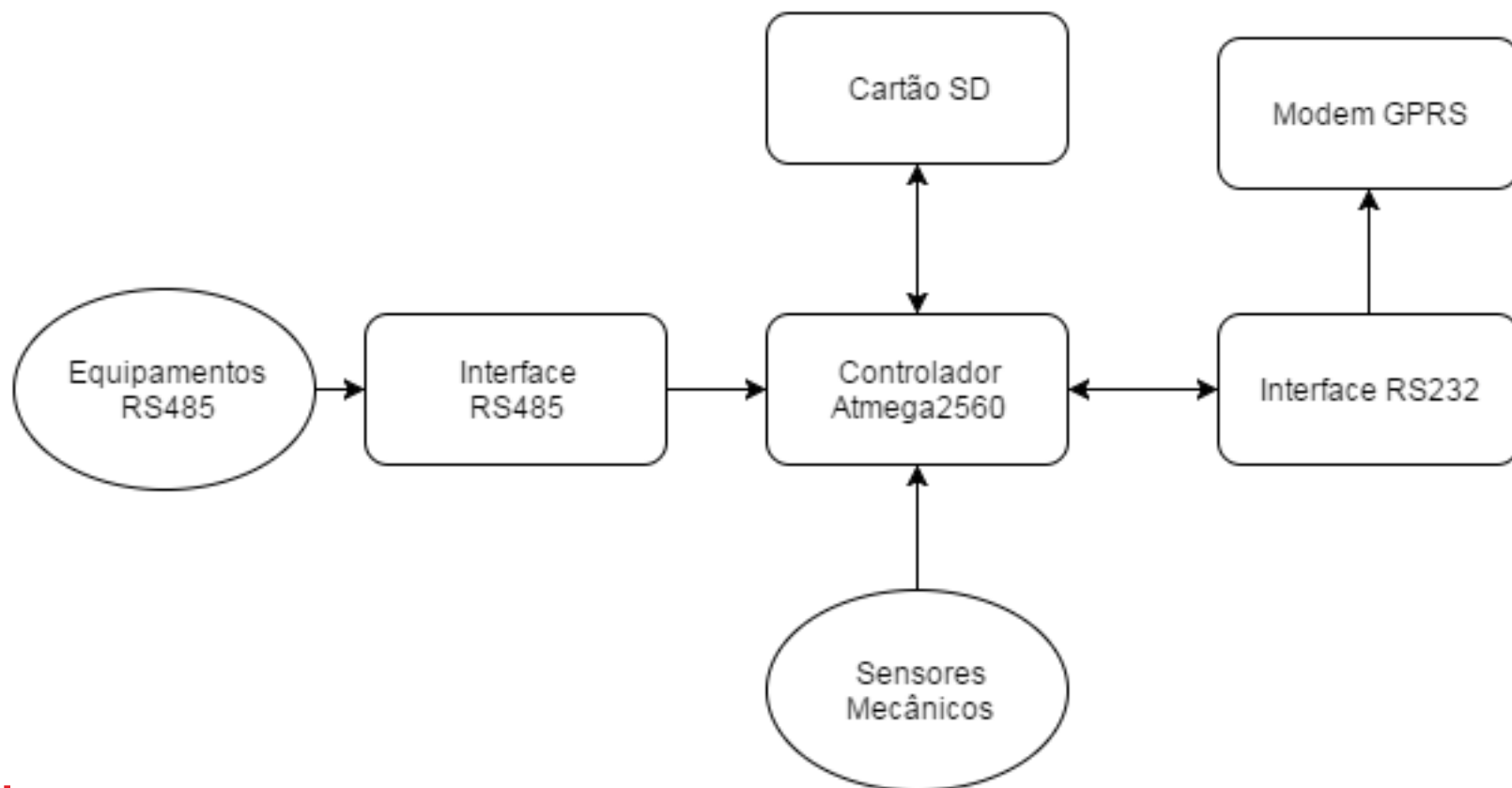
Sistema de Monitoramento Embarcado (SIMONE)

- Projeto de Hardware
 - 1 - Placa controladora Atmega 2560.
 - 2 - Placa com conector para cartão SD.
 - 3 - Placa de interface RS485.
 - 4 - Placa de interface RS232, conectores “borne” para sensores mecânicos e LEDs de indicação.
 - 5 - Modem GPRS e antena.
 - 6 - Cabo RS232 e cabo de alimentação.



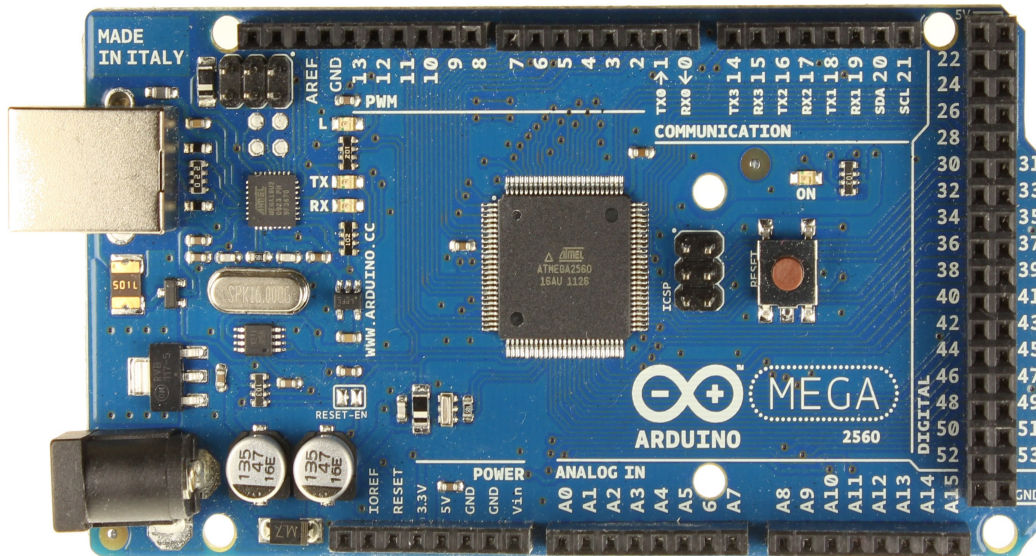
Sistema de Monitoramento Embarcado (SIMONE)

- Projeto de Hardware (diagrama)



Sistema de Monitoramento Embarcado (SIMONE)

- Placa controladora Arduino Atmega 2560
 - 256kB de memória FLASH
 - 8kB de memória RAM



Sistema de Monitoramento Embarcado (SIMONE)

- Placa de interface RS485



Sistema de Monitoramento Embarcado (SIMONE)

- Placa de cartão SD



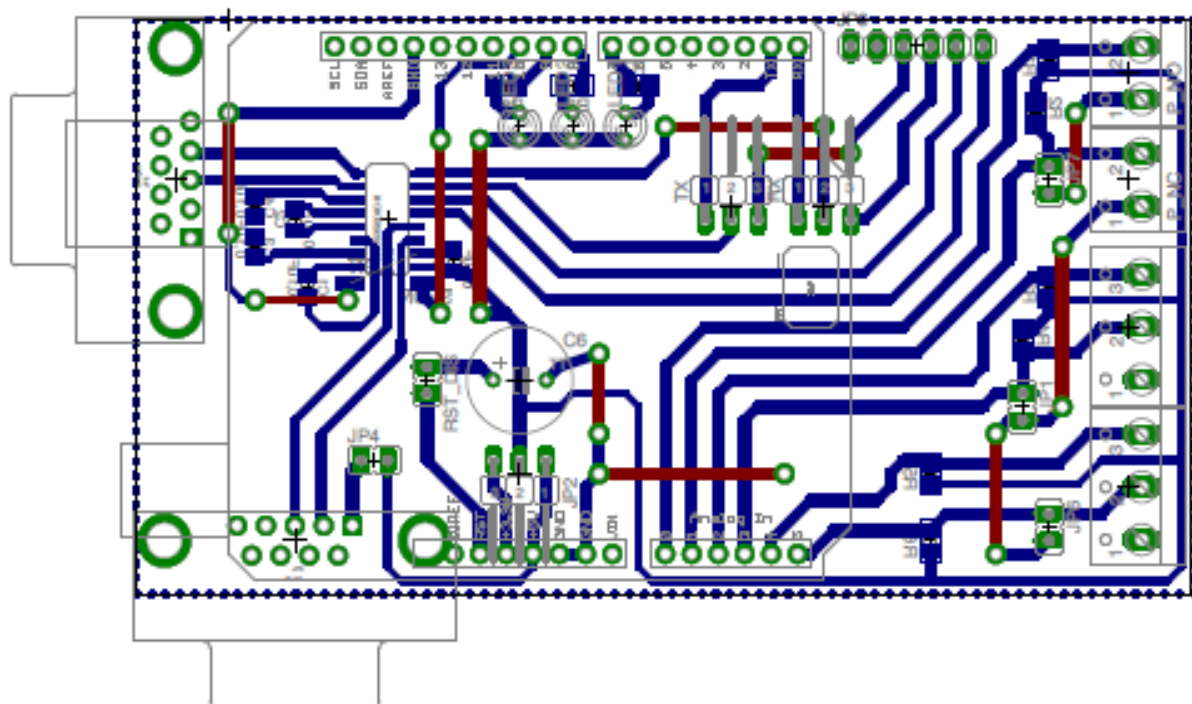
Sistema de Monitoramento Embarcado (SIMONE)

- Modem GPRS



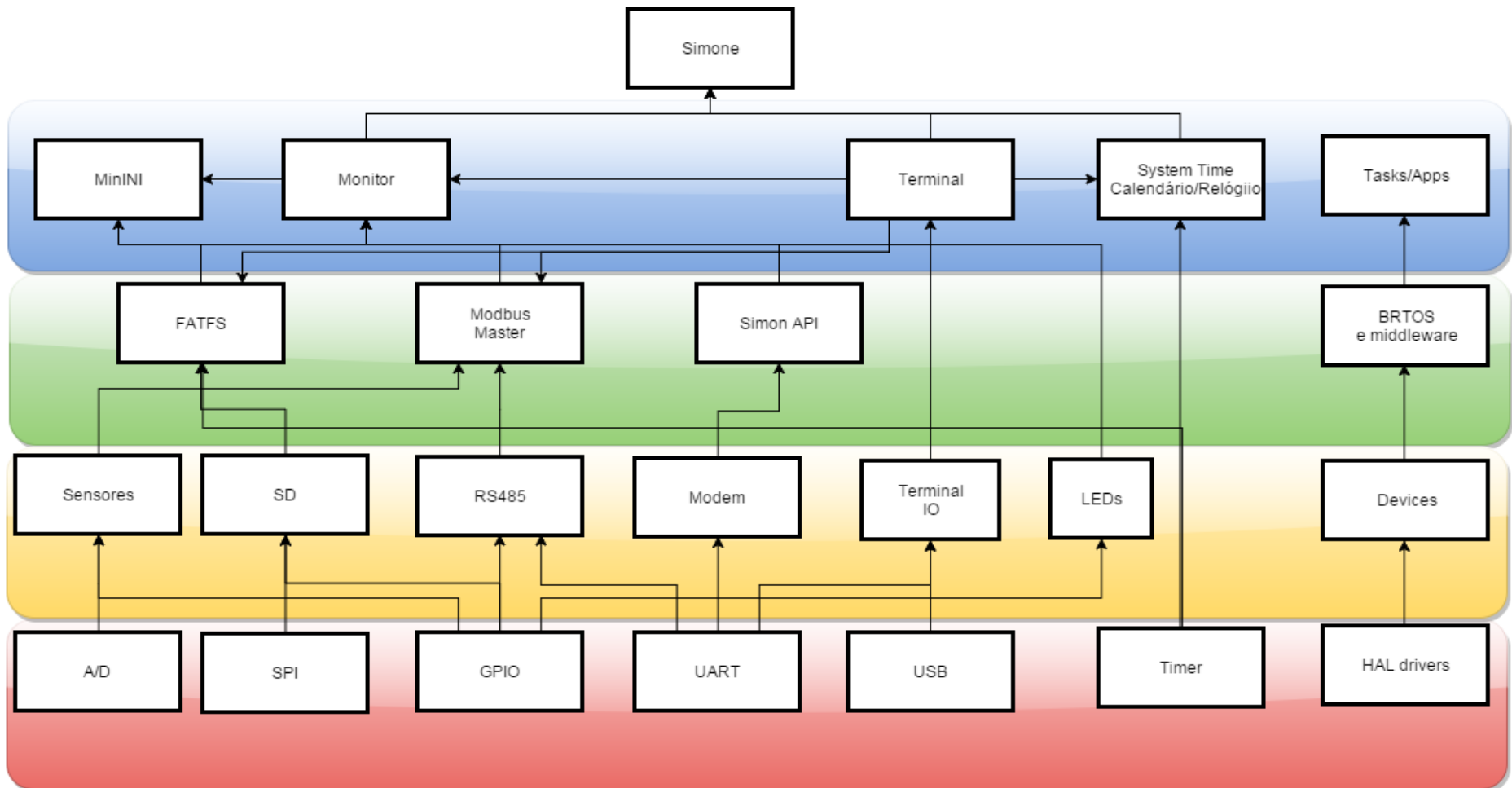
Sistema de Monitoramento Embarcado (SIMONE)

- Placa de interface RS232, sensores e LEDs



Sistema de Monitoramento Embarcado (SIMONE)

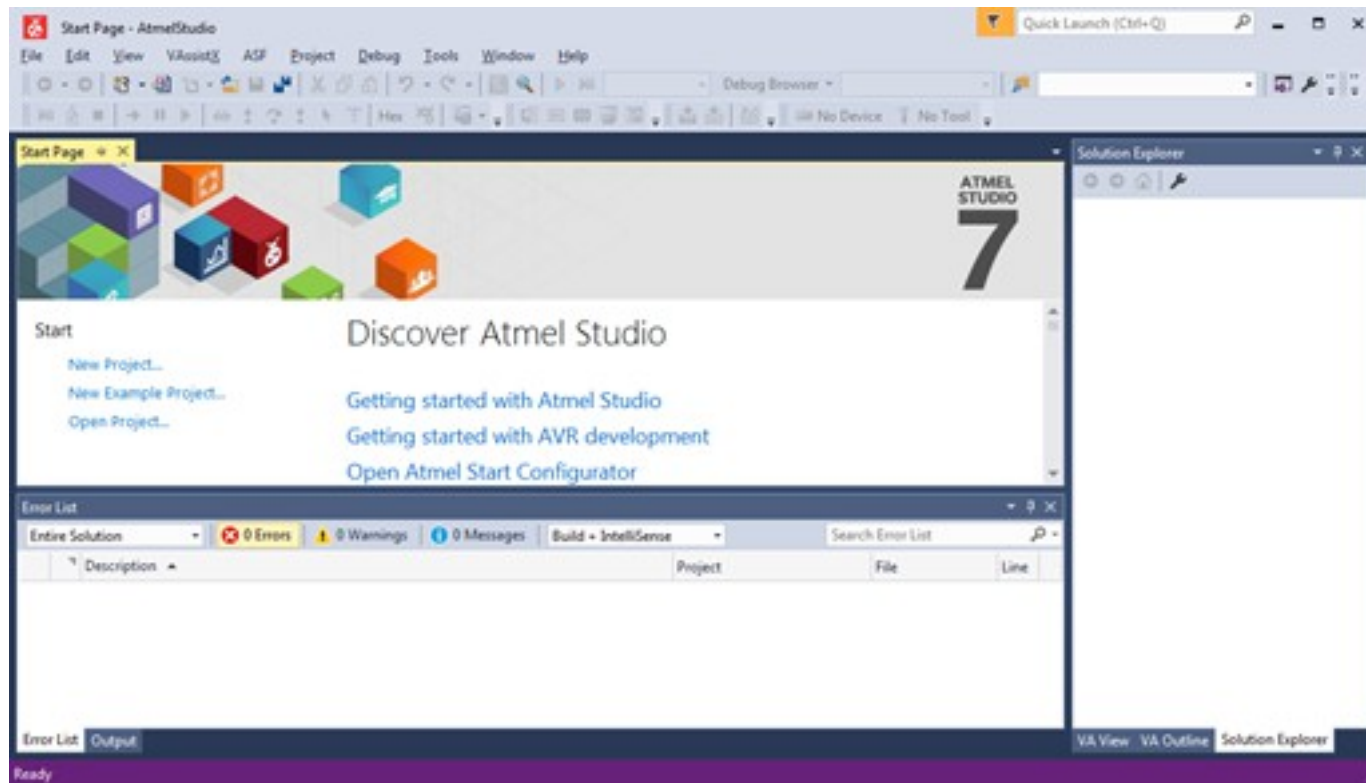
- Projeto de Firmware (modelo de camadas)



Sistema de Monitoramento Embarcado (SIMONE)

- IDE Atmel Studio 7

www.atmel.com/Microsite/atmel-studio



Sistema de Monitoramento Embarcado (SIMONE)

- 4 camadas de firmware:
 - Camada de abstração de hardware (*HAL drivers*)
 - Camada de dispositivos (*devices*)
 - Camada do sistema operacional e *middleware* (RTOS)
 - Camada de tarefas (aplicações)

Sistema de Monitoramento Embarcado (SIMONE)

- **Camada de abstração de hardware (*HAL*):** contém drivers para acesso aos periféricos do controlador.
- **GPIO** – entradas e saídas digitais de propósito geral. Utilizado para acionamento de LEDs e leitura de sensores.
- **SPI** – comunicação serial síncrona para periféricos, como cartão SD.
- **UART** - comunicação serial assíncrona para comunicação com periféricos RS485 e modem.
- **USB** – comunicação serial universal para comunicação com computador por porta USB.
- **A/D** – entradas analógicas com conversão para valores digitais.

Sistema de Monitoramento Embarcado (SIMONE)

- **Camada de dispositivos (devices):** contém as implementações para acesso através de *drivers* aos dispositivos periféricos externos, como:
- **Cartão SD**
- **RS485**
- **Modem GPRS (comandos AT)**
- **LEDs**
- **Terminal de comandos (*shell*)**
- **Sensores (entradas digitais).**

Sistema de Monitoramento Embarcado (SIMONE)

- **Camada de sistema:** contém as implementações relativas ao sistema operacional de tempo real (RTOS) e bibliotecas de *middleware* para:
- **Sistemas de arquivos FAT (FatFS e MinINI)**
- **Protocolo Modbus RTU (mestre e mapas dos escravos)**
- **Protocolo HTTP** para comunicação com sistema de monitoramento (SIMON).
- Sistema operacional de tempo real - **BRTOS**

<https://github.com/brtos/brtos>

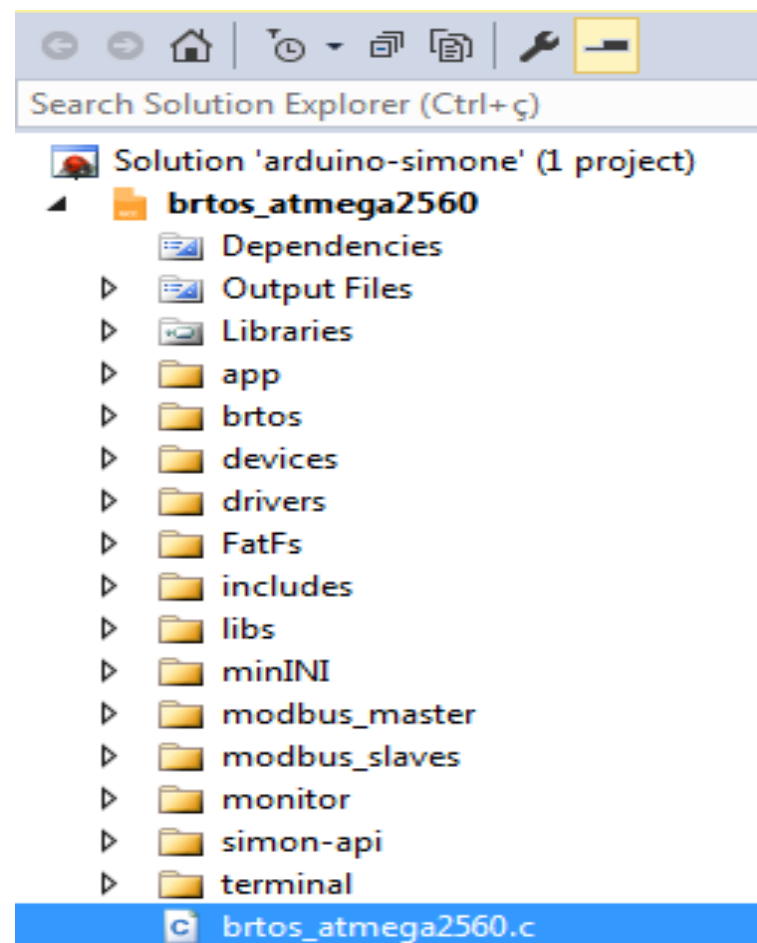
BRTOS

Sistema de Monitoramento Embarcado (SIMONE)

- **Camada de tarefas (aplicações):** contém as implementações da lógica do sistema de monitoramento, incluindo:
 - Configuração inicial .INI
 - Terminal de comandos
 - Sincronização e relógio do sistema
 - Leitura dos equipamentos e sensores, processamento, armazenamento e transmissão de dados (*monitor*).

Compilação do Firmware

- **Abrir** a solução: *arduino-simone.atsln*
- Na janela “*Solution Explorer*” é possível **explorar o código-fonte** do projeto (arquivos *.c e *.h) com a implementação em linguagem C.
- Para **compilar** o projeto, deve-se clicar em “Build – Build Solution” ou **pressionar a tecla F7**.
- O **arquivo binário “*.hex”** será gerado na pasta do projeto, com o mesmo nome do projeto. Ex.: (“brtos_atmega2560 / brtos_atmega2560.hex”).



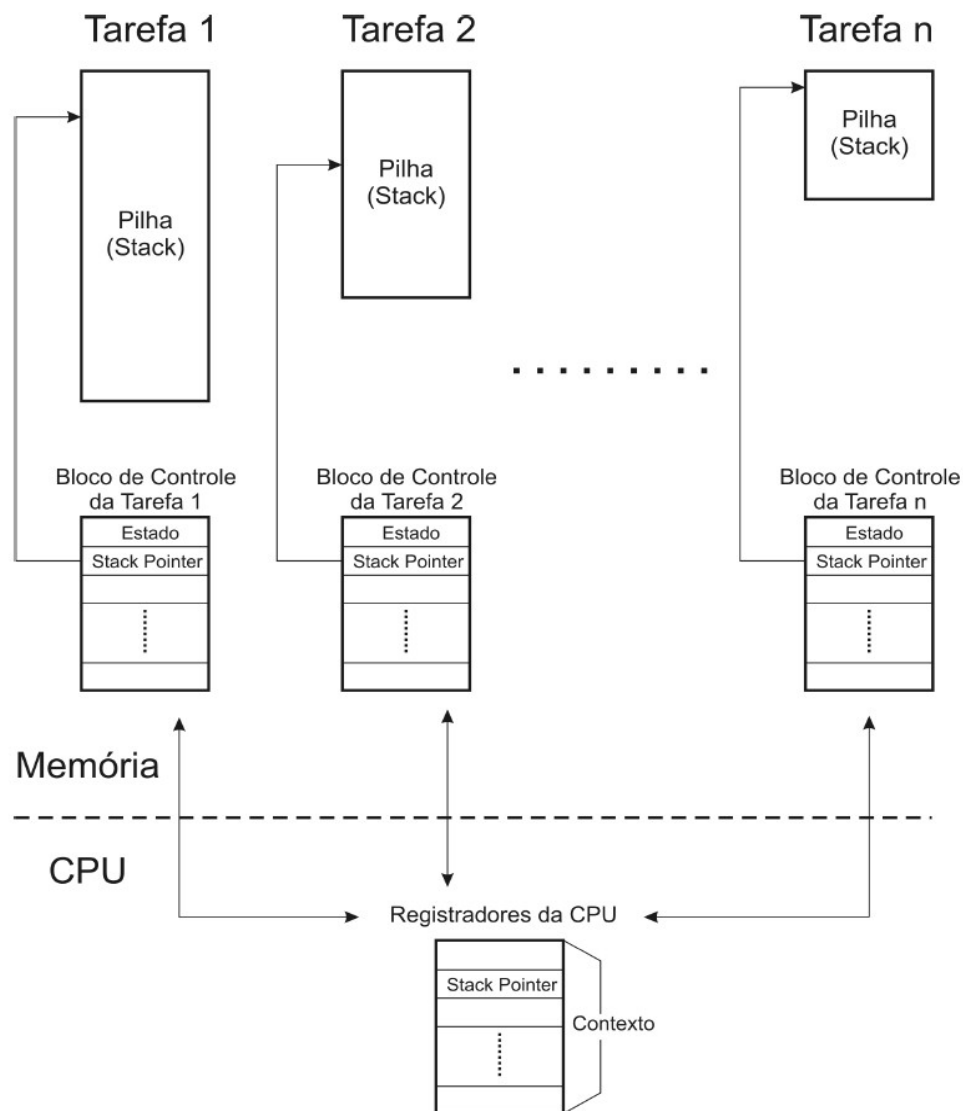
Diagramas lógicos do Firmware

- O funcionamento lógico do firmware é dividido em tarefas ou aplicações.
- São **três tarefas principais**, as quais são executadas após a inicialização do firmware e gerenciadas pelo sistema operacional de tempo real (RTOS).
- As tarefas são: **monitor, relógio e terminal.**

Diagramas lógicos do Firmware

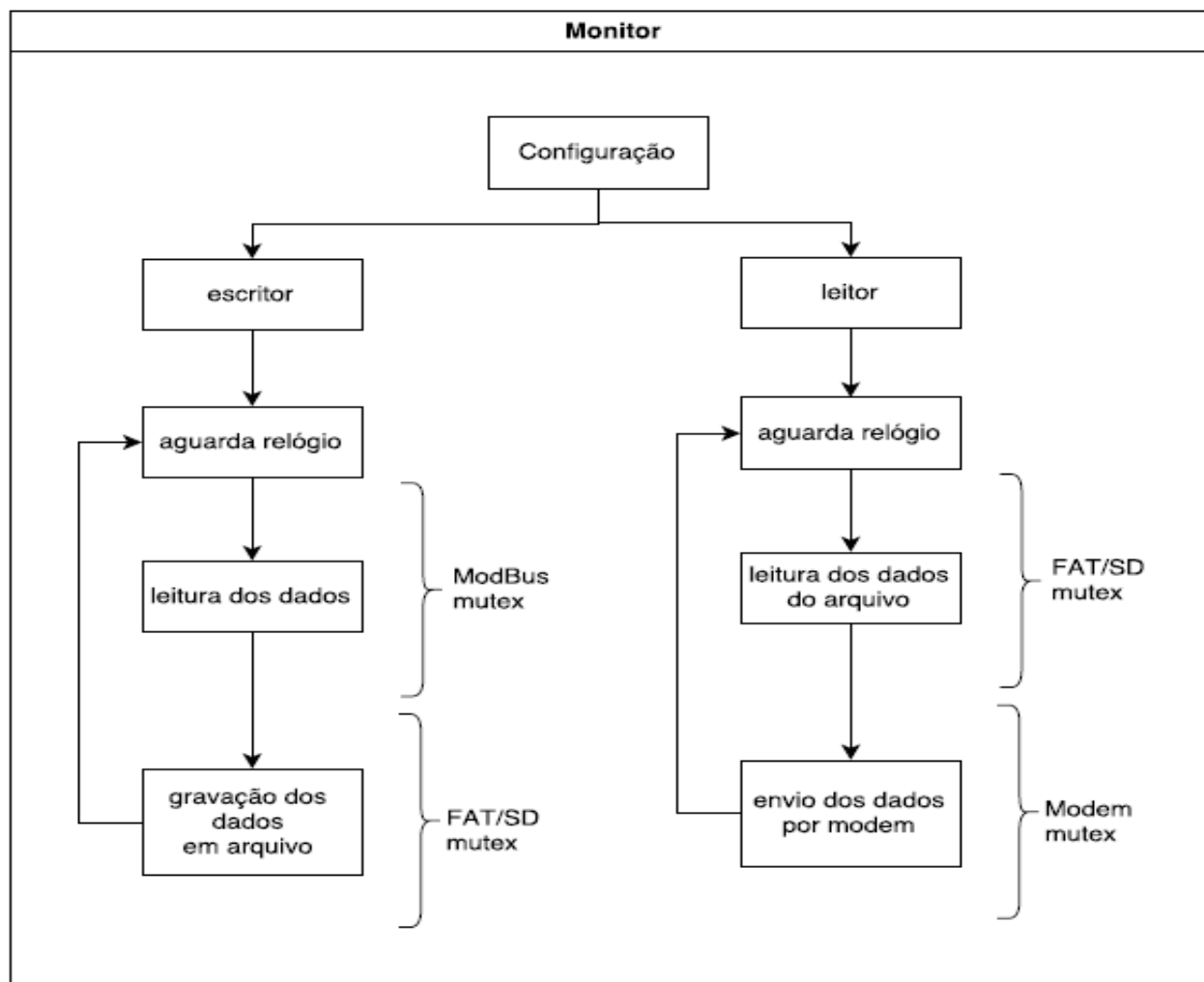
O RTOS permite executar tarefas concorrentemente (**sistema multitarefas**).

As tarefas são gerenciadas pelo RTOS de acordo com suas **prioridades**.



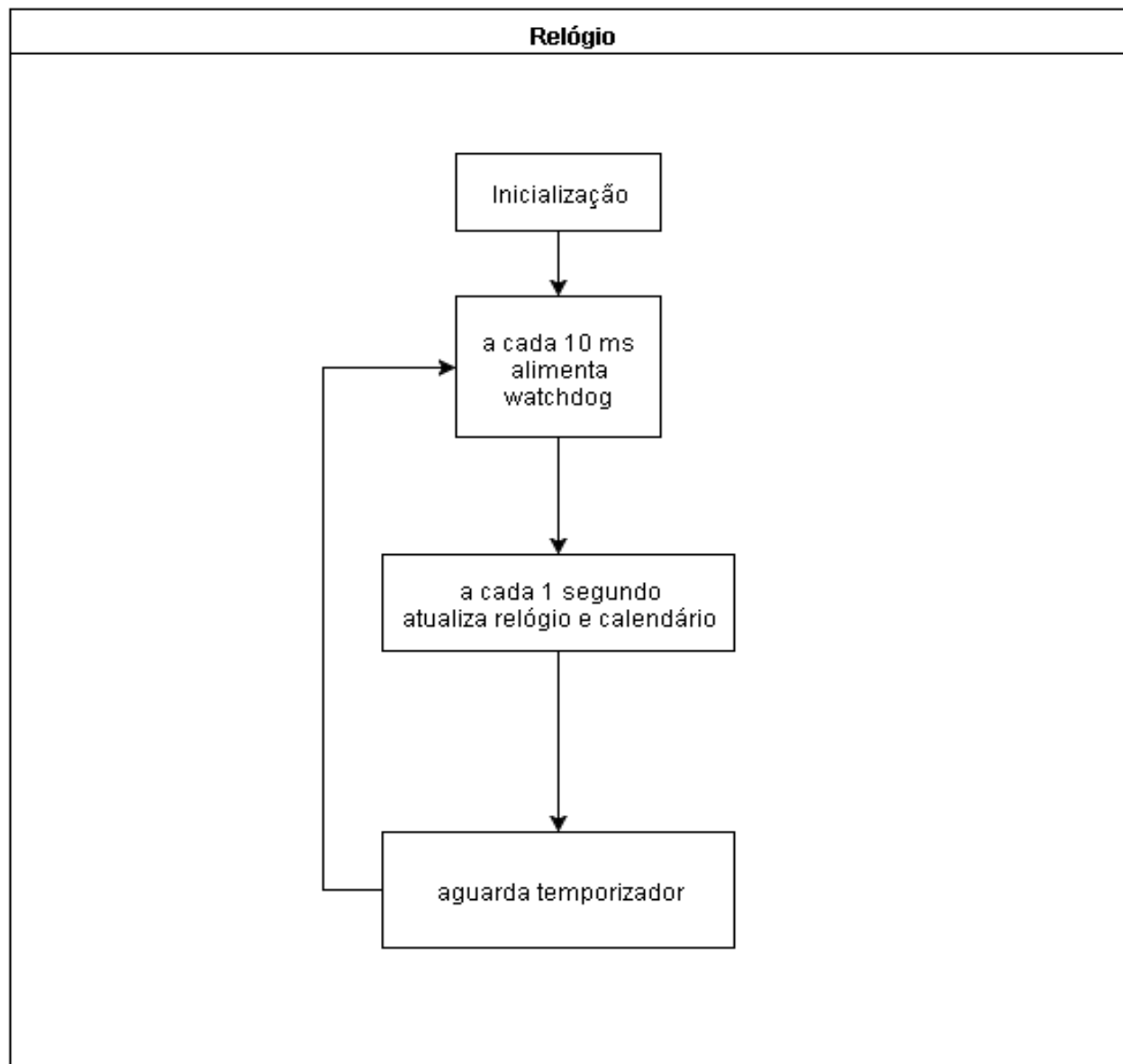
Diagramas lógicos do Firmware

- **Monitor:** tarefa que realiza a leitura dos equipamentos e sensores, armazenamento dos dados em arquivos e transmissão dos dados para o sistema de monitoramento online.



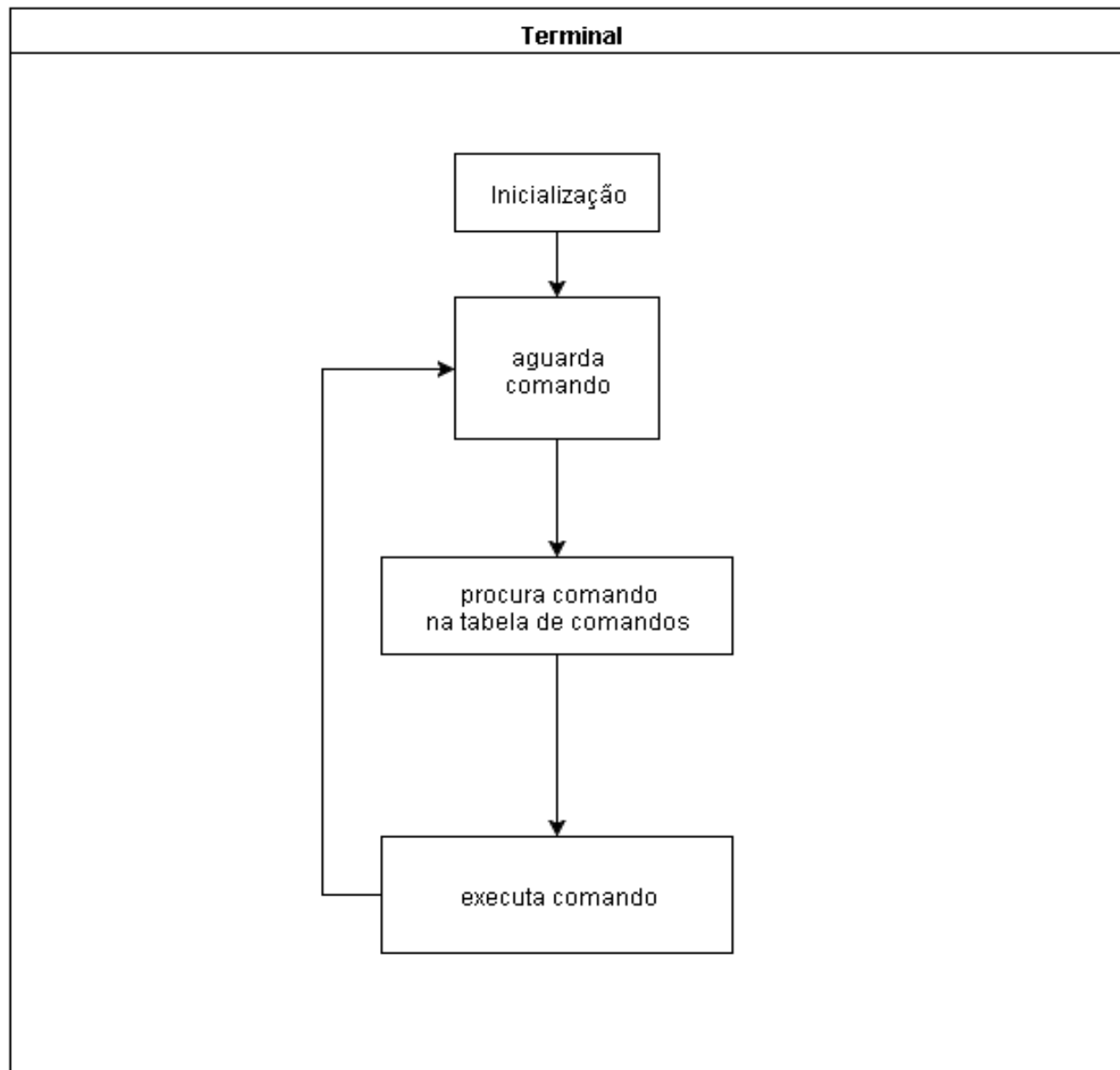
Diagramas lógicos do Firmware

- **Relógio:** mantém o cão-de-guarda (watchdog), bem como atualiza o relógio e o calendário a cada evento do temporizador.



Diagramas lógicos do Firmware

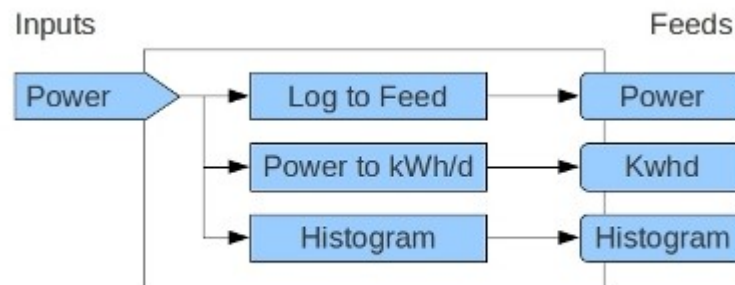
- **Terminal:** aguarda comandos digitados pelo usuário, verifica se o comando está em sua tabela de comandos e, em caso afirmativo, então o executa.



Sistema de Monitoramento Online (SIMON)

O Sistema de Monitoramento Online é baseado no *framework* EmonCMS

- PHP, MySQL e Javascript
- HTTP REST API para entrada de dados (JSON)
- Arquitetura modular (MVC)
- “Engines” para armazenamento de dados:
 - MySQL
 - PHP
- Visualização de dados



Sistema de Monitoramento Online (SIMON)

- Desenvolvimento do **módulo “Monitores”**
- **Formatação ModBus** para cada equipamento.
- Adição de capacidade de exportação/download em formato **Excel**.
- **Customização** gráfica (logos, menus, etc).

Sistema de Monitoramento Online (SIMON)

- **Customização** gráfica (logos, menus, etc).



Username:

Password:

☐ Remember me













Login

<http://simon-gpsnetcms.rhcloud.com/>

Sistema de Monitoramento Online (SIMON)

- **Módulo “Monitores”**
 - Recepção dos dados de cada equipamento em lote.
 - Formatação ModBus para cada equipamento.
 - Expansível para inclusão de mais modelos de equipamentos.

Sistema de Monitoramento Online (SIMON)

Monitor 0	Medidor Local	82s atrás	
	Unix_time	1456921906 s	Config 
	Slave	0	Config 
	Entradas	22 b	Config 
	Ano	0 a	Config 
	Mes	0 m	Config 
	Dia	0 d	Config 
	Horas	18 h	Config 
	Minutos	46 m	log Config 
	Segundos	6 s	Config 
	SD_bytes_available	3885891584 B	Config 
	Local_time	1456921929 s	Config 
	Pressure_Valve	1 Bar	log Config 
	Oil_Level	1 L	log Config 

Sistema de Monitoramento Online (SIMON)

Monitor 2	Medidor TS	74s atrás	
	Unix_time	1456921998 s	Config
	Slave	2	Config
	Entradas	22 b	Config
	Ano	0 a	Config
	Mes	0 m	Config
	Dia	0 d	Config
	Horas	18 h	Config
	Minutos	47 m	Config
	Segundos	37 s	Config
	Temperatura_oleo	0.0	log Config
	Temperatura_enrolamento	0.0	log Config
	Temperatura_RTD2	0.0	Config
	Temperatura_RTD3	0.0	Config
	Temperatura_maxima_oleo	0.0	Config
	Temperatura_maxima_enrolamento	0.0	Config

Sistema de Monitoramento Online (SIMON)

- Gerenciamento dos dados (*feeds*)

Feeds

● NoGroup

Variável monitorada

Último valor e instante de atualização

Exportação dos dados

Id	Name	Tag	Datatype	Engine	Public	Size	Updated	Value				
1	fTE	null	REALTIME	PHPTIMESERIES		119kb	89s ago	0.00				
2	fTO	null	REALTIME	PHPTIMESERIES		119kb	89s ago	0.00				
3	fVcn	null	REALTIME	PHPTIMESERIES		19.5kb	90s ago	214				
4	fVbn	null	REALTIME	PHPTIMESERIES		19.5kb	90s ago	214				
5	fVan	null	REALTIME	PHPTIMESERIES		120kb	90s ago	214				

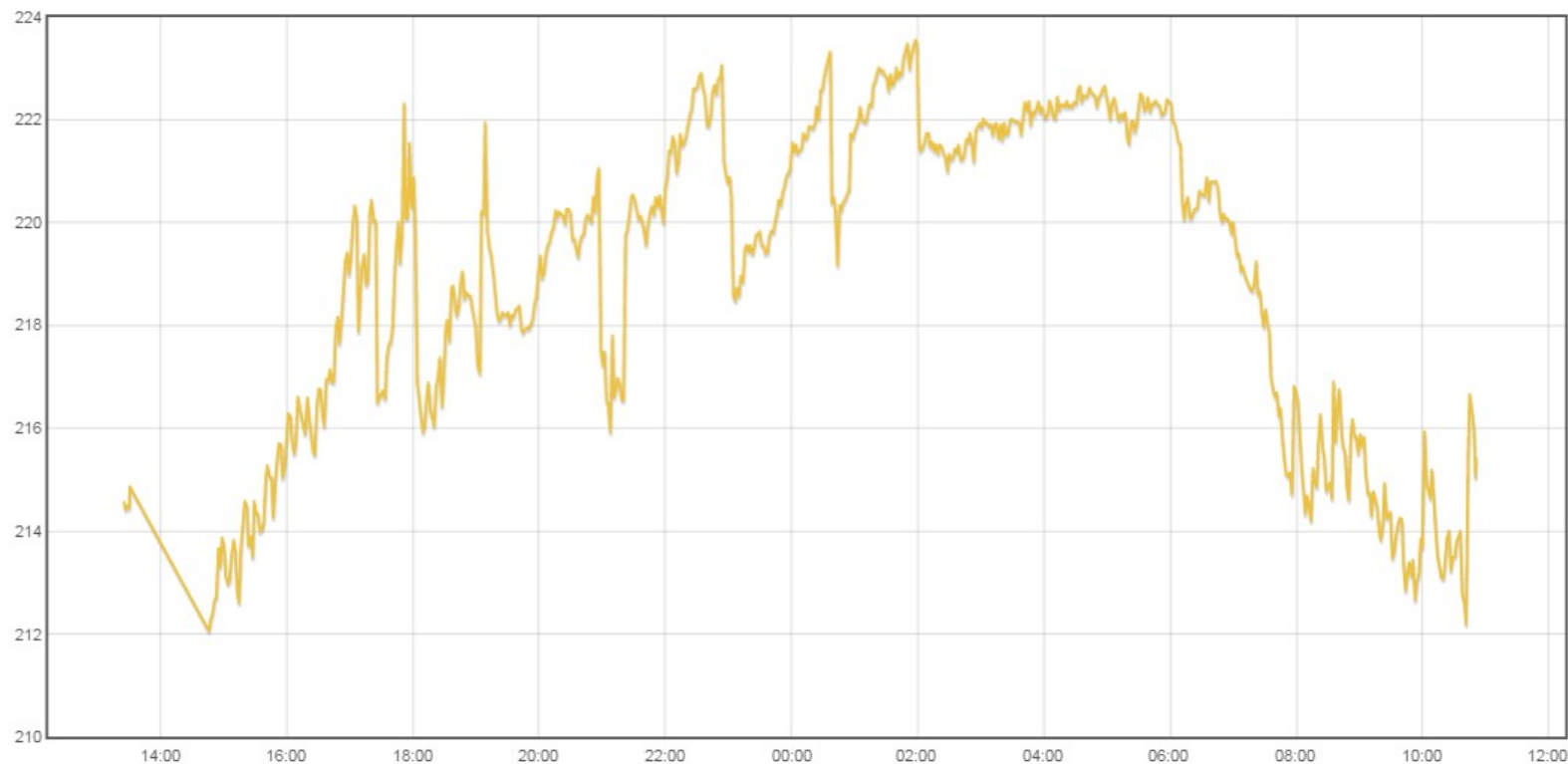
Forma de armazenamento

Visualização

Sistema de Monitoramento Online (SIMON)

- Visualização dos dados

Graph Raw Data: fVbn



Sistema de Monitoramento Online (SIMON)

- Exportação/download dos dados para Excel


CSV export: ×


Selected feed: null: fVbn

Select the time range and interval that you wish to export:

Start date & time

End date & time





Interval

Timezone (for day export):

▼

Export

Estimated download size: 0kB

Feed intervals: if the selected interval is shorter than the feed interval the feed interval will be used instead

Averages are only returned for feed engines with built in averaging.

Close

	A	B	C
1	time	value	
2	1456849530	214.58	
3	1456849560	214.90	
4	1456849590	215.11	
5	1456849620	214.42	
6	1456849650	214.65	
7	1456849680	214.46	
8	1456849710	214.43	
9	1456849740	214.49	
10	1456849770	214.83	
11	1456849800	214.74	
12	1456849830	214.44	
13	1456849860	214.87	
14	1456854377	212.06	
15	1456854407	212.00	
16	1456854437	212.00	
17	1456854467	212.27	
18	1456854497	212.48	

Interface gráfica do Sistema de Monitoramento Online (IGSIMON)

- **Software** que permite apresentar as informações relevantes **graficamente** a fim de facilitar a operação e o planejamento referentes ao transformador a ser monitorado.
- Versão para computadores de mesa ou notebooks e versão para telefones celulares e tablets (Android).
- Através de **chaves de segurança**, o aplicativo **restringe o acesso** às informações do transformador à equipe técnica e restringe as configurações do aplicativo ao responsável.

Interface gráfica do Sistema de Monitoramento Online (IGSIMON)



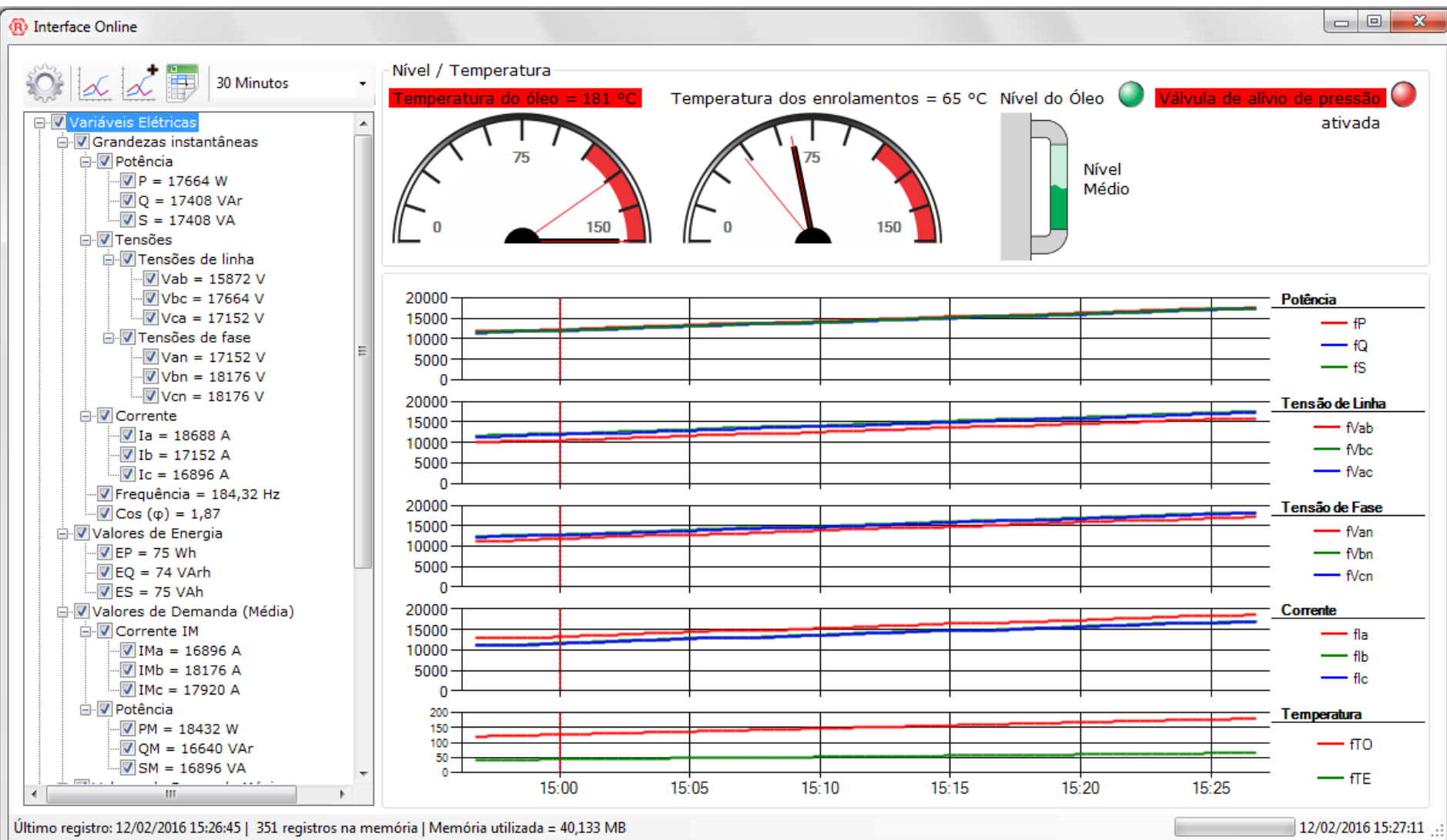
The screenshot shows a web browser window titled "Login" with the ROMAGNOLE logo and tagline "ENERGIA QUE TRANSFORMA." Below the logo are two input fields labeled "Usuário" and "Senha". At the bottom, there are four icons: a globe on a pedestal, a stack of server disks, a line graph with a plus sign, and a wrench.

Interface gráfica do Sistema de Monitoramento Online (IGSIMON)

- Quatro menus/modos de operação:
- **Modo Online:** visualiza as informações mais recentes do transformador, atualizando automaticamente a cada 15 segundos.
- **Modo Offline:** visualiza as informações do transformador referentes ao período indicado, permitindo visualizar as informações em detalhes.
- **Modo de comparação:** permite ao operador comparar uma informação entre dois intervalos de mesmo comprimento, exibindo detalhes dos dois intervalos.
- **Modo configuração:** permite ao administrador visualizar a configuração, alterar a configuração, inserir novos usuários e trocar as senhas de outros usuários.

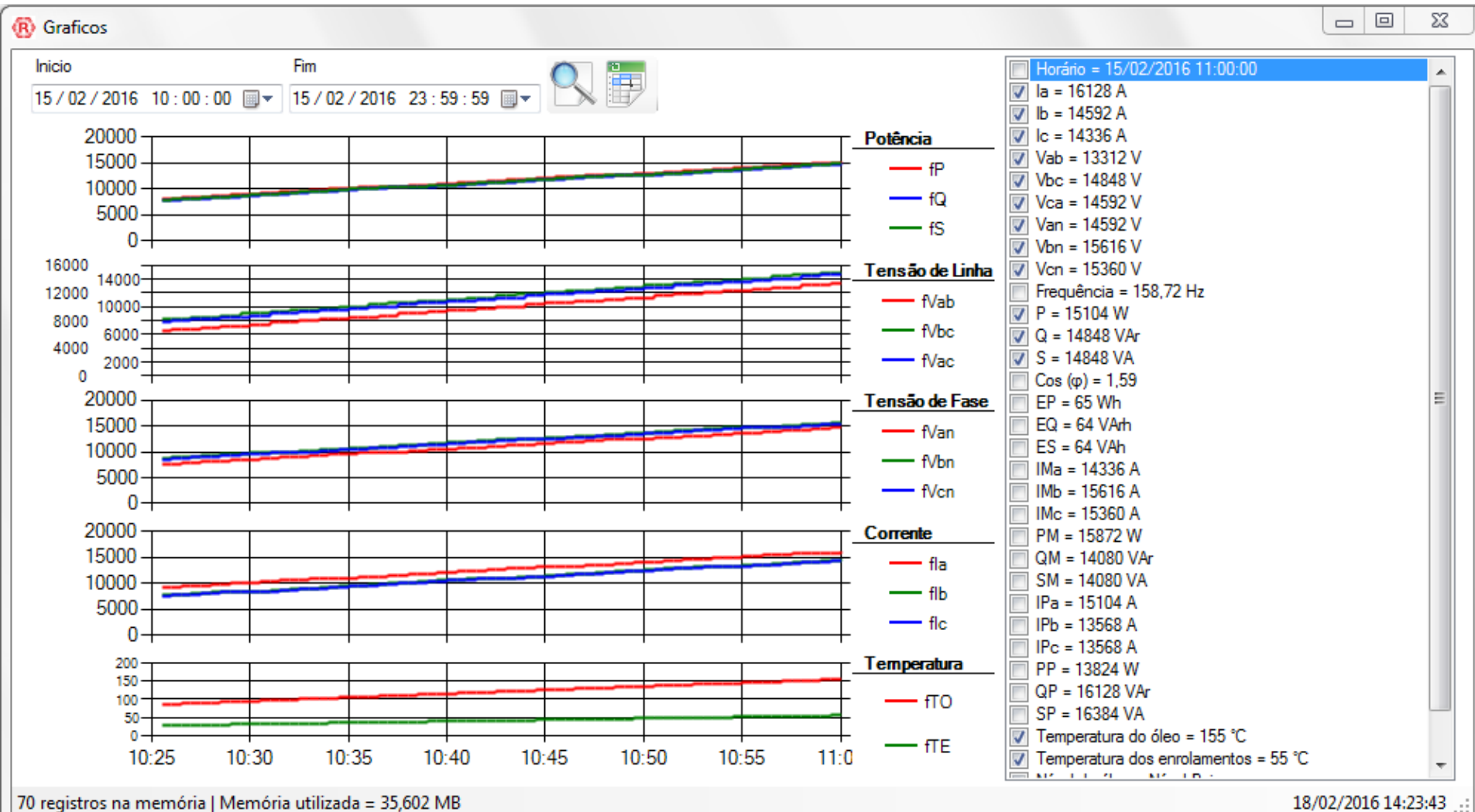
Interface gráfica do Sistema de Monitoramento Online (IGSIMON)

Modo Online



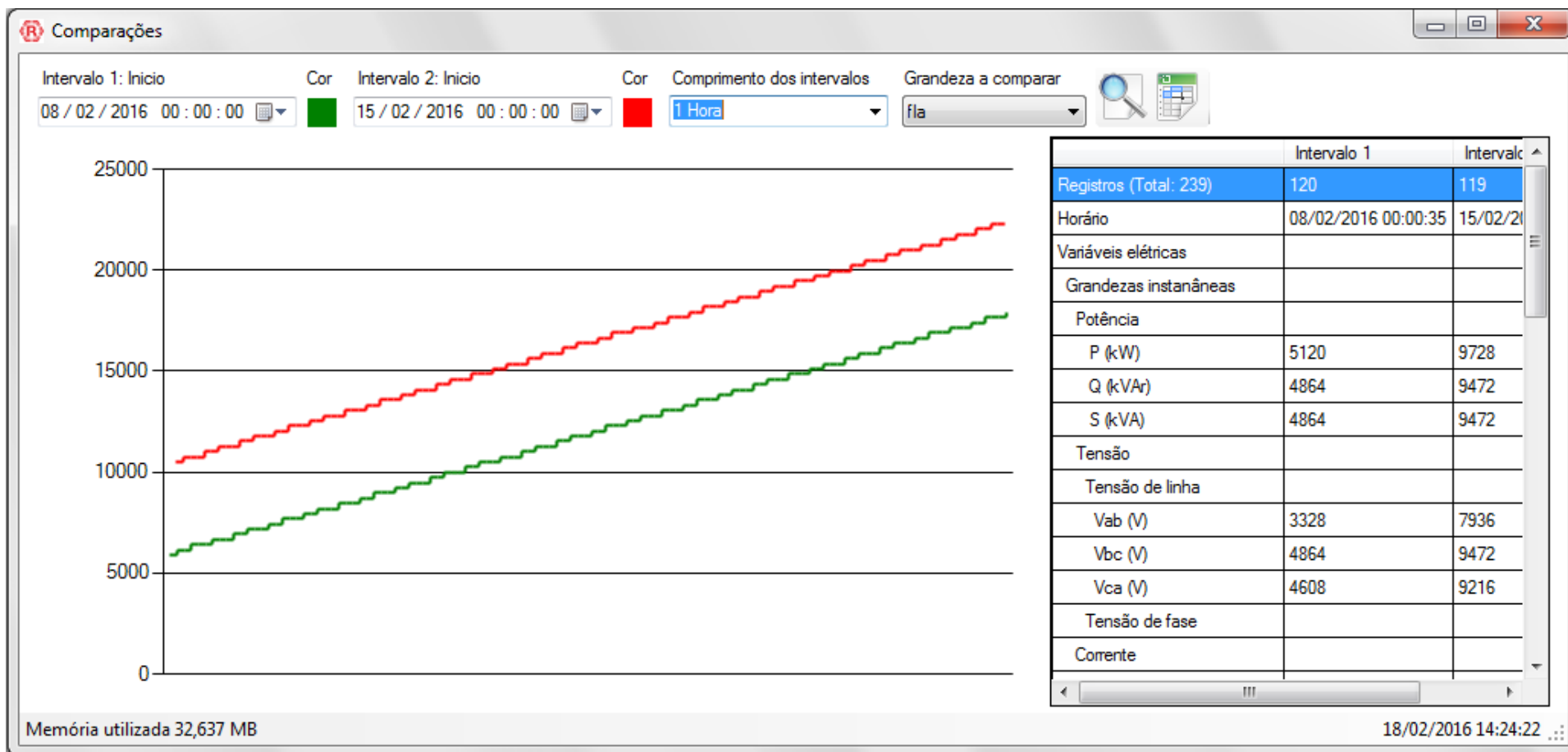
Interface gráfica do Sistema de Monitoramento Online (IGSIMON)

Modo Offline



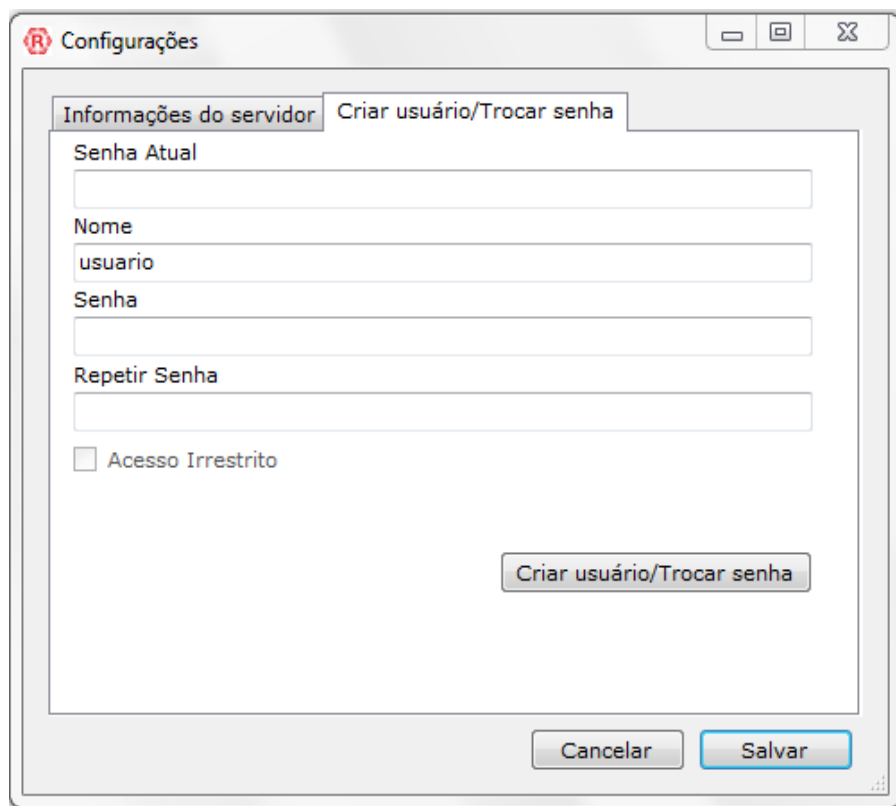
Interface gráfica do Sistema de Monitoramento Online (IGSIMON)

Modo Comparação



Interface gráfica do Sistema de Monitoramento Online (IGSIMON)

Modo Configuração



Configurações

Informações do servidor | Criar usuário/Trocar senha

Senha Atual

Nome

usuario

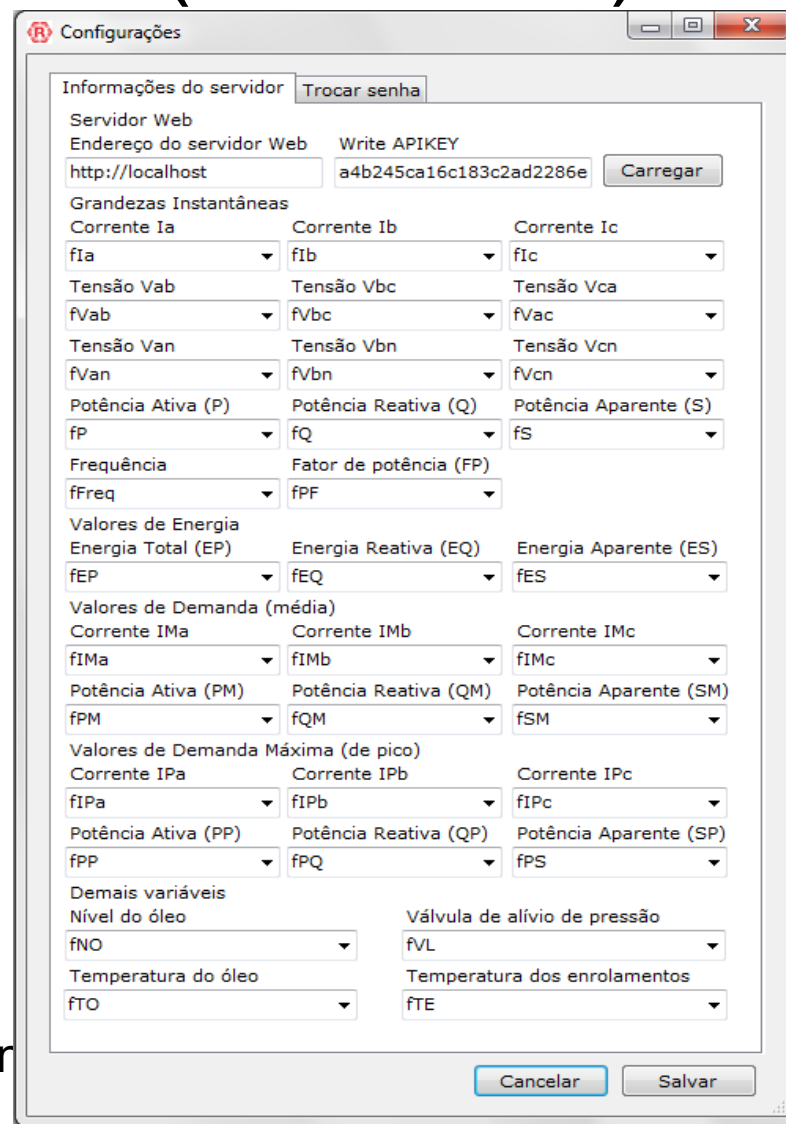
Senha

Repetir Senha

☐ Acesso Irrestrito

Criar usuário/Trocar senha

Cancelar Salvar



Configurações

Informações do servidor | Trocar senha

Servidor Web

Endereço do servidor Web Write APIKEY

http://localhost a4b245ca16c183c2ad2286e Carregar

Grandezas Instantâneas

Corrente Ia	Corrente Ib	Corrente Ic
fIa	fIb	fIc
Tensão Vab	Tensão Vbc	Tensão Vca
fVab	fVbc	fVac
Tensão Van	Tensão Vbn	Tensão Vcn
fVan	fVbn	fVcn
Potência Ativa (P)	Potência Reativa (Q)	Potência Aparente (S)
fP	fQ	fS
Frequência	Fator de potência (FP)	
fFreq	fPF	

Valores de Energia

Energia Total (EP)	Energia Reativa (EQ)	Energia Aparente (ES)
fEP	fEQ	fES

Valores de Demanda (média)

Corrente Ima	Corrente IMb	Corrente IMc
fIMa	fIMb	fIMc
Potência Ativa (PM)	Potência Reativa (QM)	Potência Aparente (SM)
fPM	fQM	fSM

Valores de Demanda Máxima (de pico)

Corrente IPa	Corrente IPb	Corrente IPc
fIPa	fIPb	fIPc
Potência Ativa (PP)	Potência Reativa (QP)	Potência Aparente (SP)
fPP	fPQ	fPS

Demais variáveis

Nível do óleo	Válvula de alívio de pressão
fNO	fVL
Temperatura do óleo	Temperatura dos enrolamentos
fTO	fTE

Cancelar Salvar

Interface gráfica do Sistema de Monitoramento Online (IGSIMON)

Versão tablet/smartphone : configuração

IGSIMON Mobile

Configurações:

Endereço do servidor WEB

192.168.130.182

Read API_Key

a4b245ca16c183c2ad2286efb342d09a

ABRIR INTERFACE

Interface gráfica do Sistema de Monitoramento Online (IGSIMON)

IGSIMON Mobile



ROMAGNOLE

ENERGIA QUE TRANSFORMA.

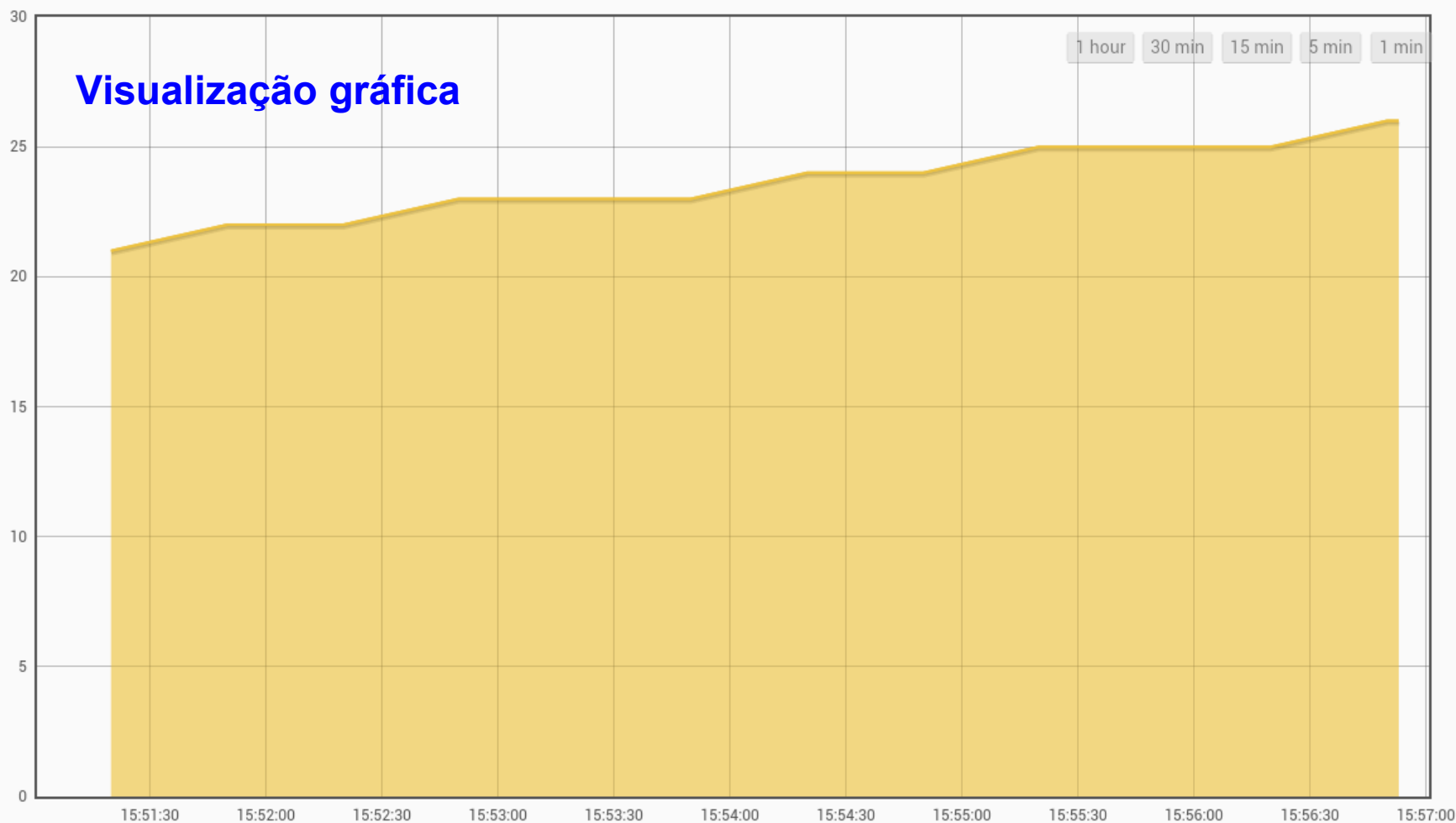
[Atualizar](#)

Variável	Valor	Gráfico
Horário	18-Feb-2016 17:55:53 UTC	
fEP	25	
fES	25	
fEQ	24	
fP	4864	
fS	4608	
fQ	4608	
fPF	0.5888	
fFreq	56.32	
fPM	5632	
fSM	4096	

Visualização

Interface gráfica do Sistema de Monitoramento Online (IGSIMON)

IGSIMON Mobile



Instalação e operação

- Requisitos:
 - Cartão SD
 - Cartão SIM GSM (chip)



Instalação e operação

- Procedimentos
 1. Realizar as conexões físicas dos sensores mecânicos e da comunicação RS485.



Conexões
dos sensores

Conexão
RS485

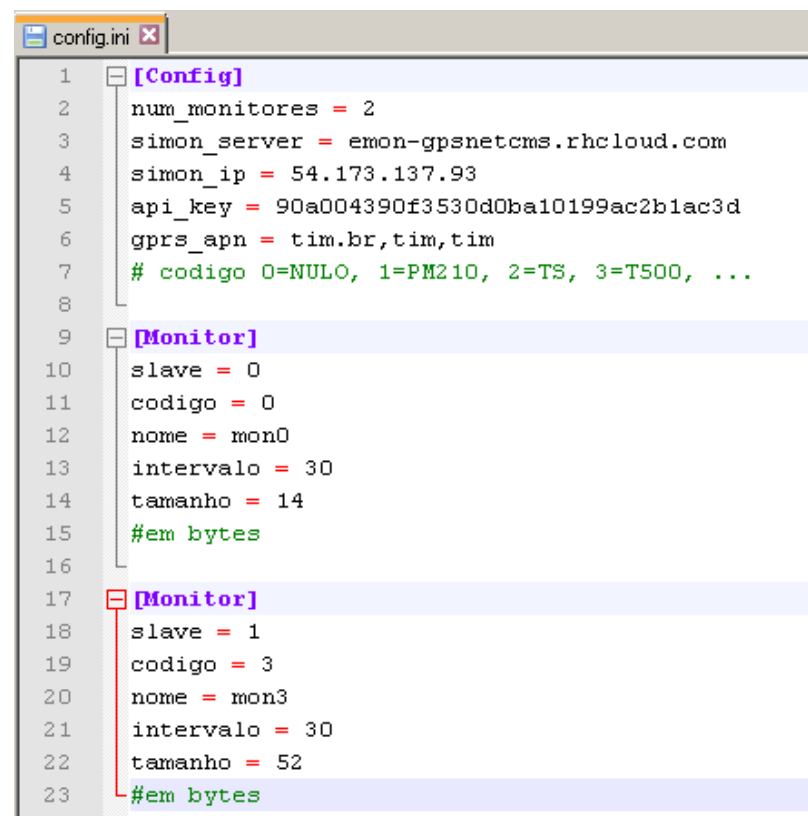


Instalação e operação

2. Realizar a configuração desejada através do arquivo “config.ini” no cartão SD e inserir o cartão SD.

Configura-se nº de monitores, endereço IP e nome do servidor, chave de acesso, e dados de acesso da operadora GSM.

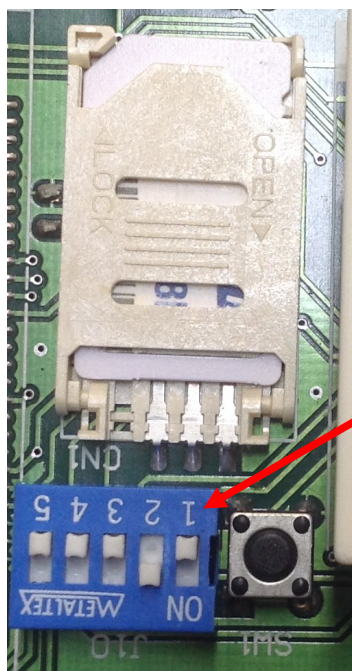
Para cada monitor, configura-se endereço do escravo Modbus (*slave*), código de identificação, nome do diretório dos arquivos, intervalo de medição em segundos e quantidade de dados lidos em bytes.



```
config.ini
1  [Config]
2  num_monitores = 2
3  simon_server = emon-gpsnetcms.rhcloud.com
4  simon_ip = 54.173.137.93
5  api_key = 90a004390f3530d0ba10199ac2b1ac3d
6  gprs_apn = tim.br,tim,tim
7  # codigo 0=NULLO, 1=PM210, 2=TS, 3=T500, ...
8
9  [Monitor]
10 slave = 0
11 codigo = 0
12 nome = mon0
13 intervalo = 30
14 tamanho = 14
15 #em bytes
16
17 [Monitor]
18 slave = 1
19 codigo = 3
20 nome = mon3
21 intervalo = 30
22 tamanho = 52
23 #em bytes
```

Instalação e operação

3. Inserir o cartão SIM no modem GPRS e iniciar o modem.



Inserir cartão SIM (chip).

Para iniciar o modem, conectá-lo à alimentação, ligar a chave 1 (no *dip switch* azul) por dois segundos e desligá-la novamente.

O LED vermelho no modem deverá ligar (COMM)

Instalação e operação

Para averiguar o funcionamento correto, observar os LEDs de sinalização.



- **LED vermelho:** indica que as aquisições de dados estão sendo realizadas.
- **LED amarelo:** indica que os dados estão sendo gravados no cartão SD.
- **LED verde:** indica que os dados estão enviados através do modem GPRS.

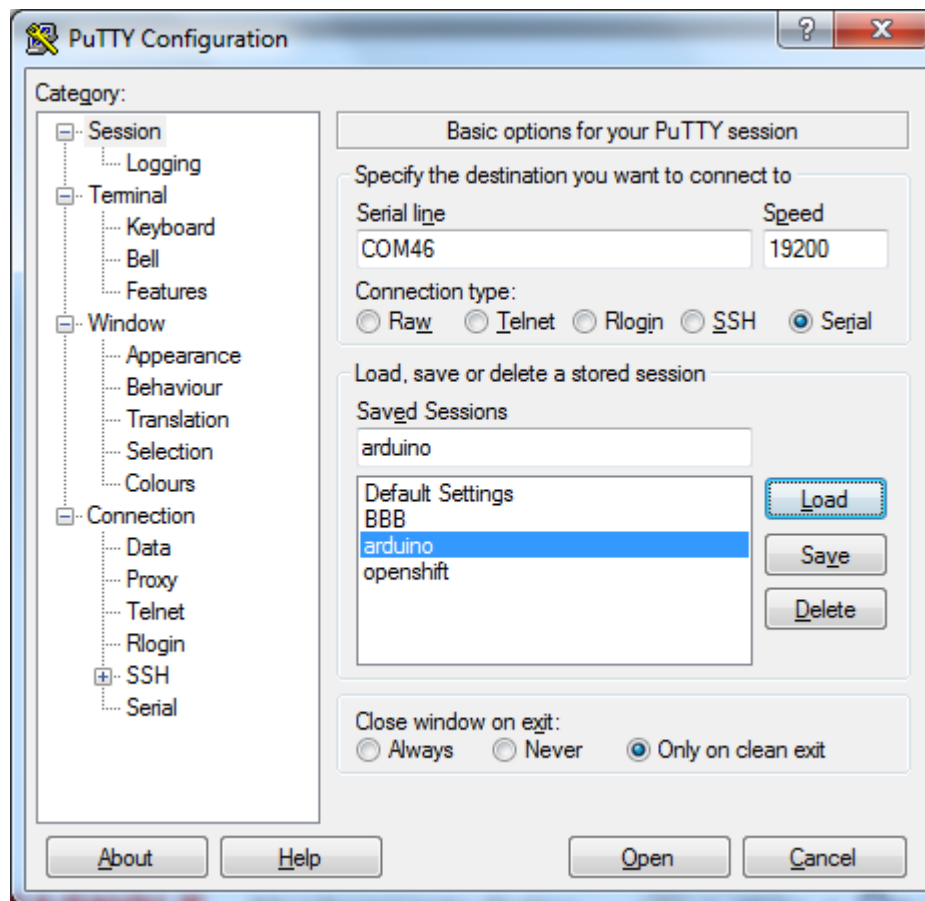
Manutenção

- Em caso de mau funcionamento, pode-se acompanhar as mensagens de aviso através de **terminal de comandos**.
- Também existe a possibilidade de ler as mensagens de aviso salvas nos arquivos “**debug.txt**” e “**erro.txt**” criados no cartão SD.

Manutenção

- Para usar o terminal de comandos, conecta-se o sistema de monitoramento na **porta USB** de um computador e utiliza-se um *software* de terminal, como o **Putty** (disponível no diretório */SOFTWARES/TERMINAL*).
- Abre-se o programa e configura-se para abrir a porta serial a **19200 baud**, sem paridade, um *stop bit*. O número da porta pode ser conferido em **Gerenciador de Dispositivos**, menu **Portas (COM e LPT)**.

Manutenção



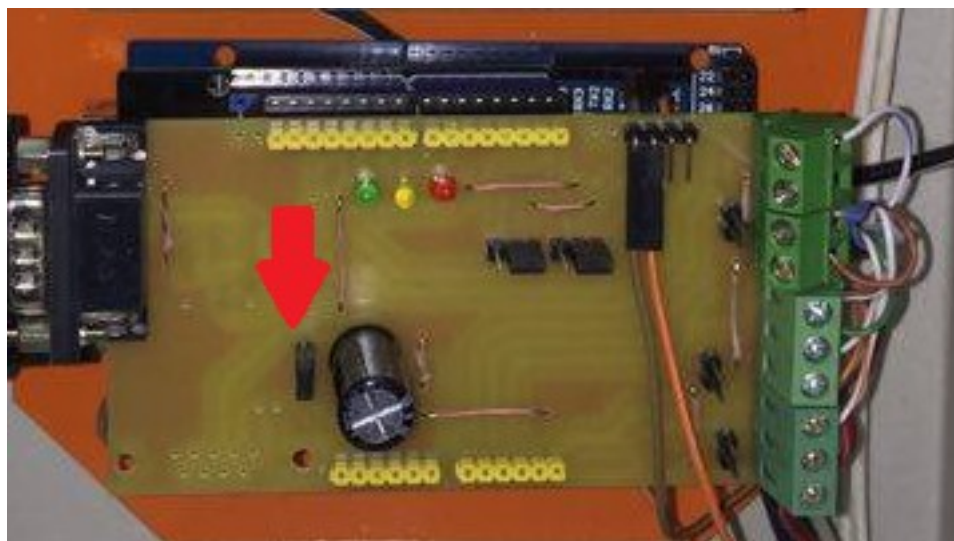
Atualização de firmware

Para realizar a atualização de firmware, deve-se conectar o sistema de monitoramento à porta USB de um computador.

A atualização de firmware é realizada com auxílio do **software AVRDUDESS**, disponível no diretório: [*/SOFTWARES/ISP_GRAVADOR*](#)

Atualização de firmware

Para habilitar a reprogramação é necessário remover o “jumper” de RESET (ao lado do capacitor).



Atualização de firmware

Passo-a-passo:

1. Configurar:

- Programmer: Wiring
- Port: “ver porta serial Arduino Mega 2560 em Gerenciador de Dispositivos, portas COM”. Ex. COM46
- Baud rate: 115200
- Flash: “selecionar arquivo *.hex”. Ex.: “brtos_atmega260.hex”
- MCU: ATmega 2560

2. Clicar em “Detect”

3. Marcar “Disable flash erase (-D)”

4. Clicar “Program”

