



Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
PTC3418 – Laboratório de Automação

LAB3

Controle de Processo Industrial

Guia de Instalação e Utilização

Simulador da Planta da Unidade de Aquecimento de Água de Alimentação

Sumário

1	Resumo executivo	3
2	Requisitos	3
3	Instalação	3
4	Utilização.....	10
5	Observações.....	14

1 Resumo executivo

Este documento apresenta o **simulador da planta**, isto é, da unidade de aquecimento de água de alimentação (UAAA), que deve ser utilizado em substituição ao processo industrial e o sistema de E/S remota para implementação do sistema de controle em CLP.

Todas as entradas e saídas do simulador (conforme a documentação da UAAA) estão disponíveis através de comunicação Modbus.

2 Requisitos

O simulador é implementado em uma máquina virtual Linux (Debian 10.8), com o uso do hipervisor VirtualBox (versão 6.1.22 ou superior), que é requerido para sua execução. O VirtualBox é disponível para Windows, Mac e Linux.

3 Instalação

Instale o VirtualBox. Opcionalmente instale o “VirtualBox Oracle VM VirtualBox Extension Pack”.

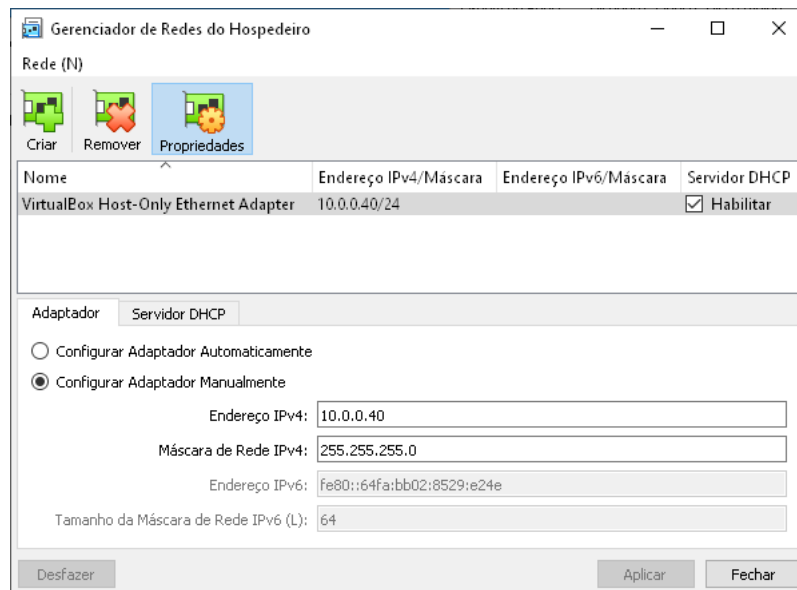
Baixe o arquivo com a máquina virtual do e-disciplinas e descompacte-o na pasta de máquinas virtuais do VirtualBox (e.g. /users/username/VirtualBox VMs).

Nota: A máquina virtual descompactada ocupa aproximadamente 1,5 Gb no disco.

Abra o VirtualBox e efetue a seguinte configuração, caso ela ainda não tenha sido feita:

Configuração de rede de hospedeiro (host network manager):

1. Acesse o menu (Arquivo (F) > Host Network Manager).
2. Na janela “Gerenciador de Redes de Hospedeiro” verifique se já há uma entrada na lista (e.g. “VirtualBox Host-Only Ethernet Adapter”), se houver edite-a e se não houver crie uma nova entrada, usando o botão “Criar”.
3. Edite a aba “Adaptador”, conforme a ilustração abaixo.



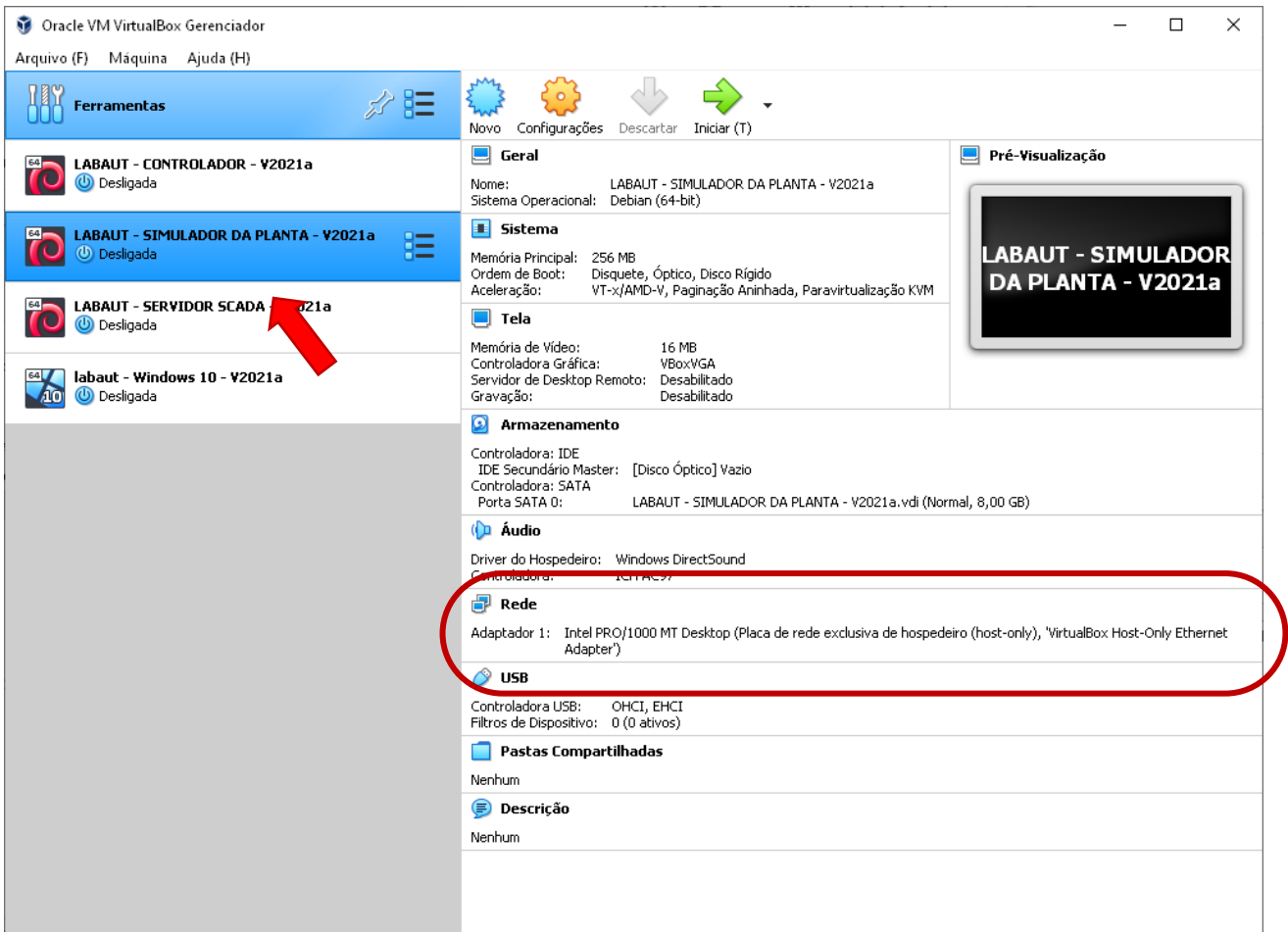
Certifique-se de usar o endereço “10.0.0.40” e máscara “255.255.255.0”.

4. Edite a aba “Servidor DHCP”, conforme a ilustração abaixo.

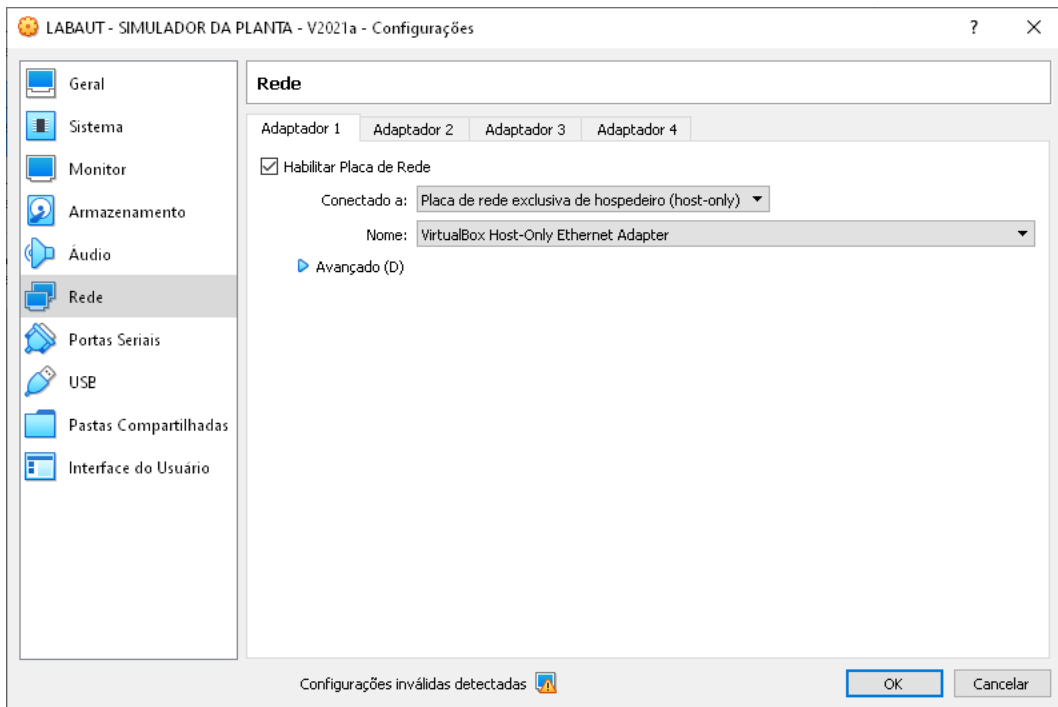


5. Feche a janela.

Em seguida selecione a máquina virtual na lista à esquerda da janela do VirtualBox, conforme a ilustração abaixo, e clique no item “Rede”.



Verifique as configurações de rede são similares às da ilustração abaixo. A placa de rede deve estar habilitada, e conectada a “Placa de rede exclusiva de hospedeiro (host-only)” com o nome configurado anteriormente (e.g. “VirtualBox Host-Only Ethernet Adapter”). Ao terminar, pressione “OK”



Inicie a máquina virtual, pressionando o botão iniciar, conforme a ilustração abaixo.

The screenshot displays the Oracle VM VirtualBox Manager interface. On the left, a list of virtual machines is shown, including 'LABAUT - CONTROLADOR - V2021a', 'LABAUT - SIMULADOR DA PLANTA - V2021a', 'LABAUT - SERVIDOR SCADA - V2021a', and 'labaut - Windows 10 - V2021a'. The 'LABAUT - SIMULADOR DA PLANTA - V2021a' VM is selected and highlighted in blue. The main area shows the configuration for this VM, with a red arrow pointing to the 'Iniciar (T)' button in the top toolbar. The configuration details are as follows:

- Nome:** LABAUT - SIMULADOR DA PLANTA - V2021a
- Sistema Operacional:** Debian (64-bit)
- Sistema:**
 - Memória Principal: 256 MB
 - Ordem de Boot: Disquete, Óptico, Disco Rígido
 - Aceleração: VT-x/AMD-V, Paginação Aninhada, Paravirtualização KVM
- Tela:**
 - Memória de Vídeo: 16 MB
 - Controladora Gráfica: VBoxVGA
 - Servidor de Desktop Remoto: Desabilitado
 - Gravação: Desabilitado
- Armazenamento:**
 - Controladora: IDE
 - IDE Secundário Master: [Disco Óptico] Vazio
 - Controladora: SATA
 - Porta SATA 0: LABAUT - SIMULADOR DA PLANTA - V2021a.vdi (Normal, 8,00 GB)
- Áudio:**
 - Driver do Hospedeiro: Windows DirectSound
 - Controladora: ICH AC97
- Rede:**
 - Adaptador 1: Intel PRO/1000 MT Desktop (Placa de rede exclusiva de hospedeiro (host-only), 'VirtualBox Host-Only Ethernet Adapter')
- USB:**
 - Controladora USB: OHCI, EHCI
 - Filtros de Dispositivo: 0 (0 ativos)
- Pastas Compartilhadas:** Nenhum
- Descrição:** Nenhum

On the right side, there is a 'Pré-Visualização' (Preview) window showing the virtual machine's desktop environment. The desktop background is black with the text 'LABAUT - SIMULADOR DA PLANTA - V2021a' in white.

A máquina virtual deve se iniciar e a seguinte janela deve aparecer.

```
LABAUT - SIMULADOR DA PLANTA - V2021a [Executando] - Oracle VM VirtualBox
Debian GNU/Linux 10 simulador tty1
#####
##                                     ##
##          PTC3418 - Laboratorio de Automacao          ##
##          SIMULADOR DA PLANTA                          ##
##          V2021a                                       ##
##                                     ##
#####
Endereco IP: 10.0.0.10
#####
Para acessar o sistema operacional (SSH disponivel):

  login: labaut
  senha: labaut

Para carregar as condicoes iniciais no servidor Modbus local
antes de cada simulacao:

  $ ./uaaa_init

Para iniciar a simulacao:

  $ ./uaaa_runtime_30min (por 30min, salva arquivo de dados)
ou
  $ ./uaaa_runtime_inf (loop infinito, com perturbacoes)
  $ ./uaaa_runtime_estac (loop infinito, sem perturbacoes)

  (use CTRL+C para interromper a simulacao).
#####
simulador login:
```


Para verificar se a máquina virtual está devidamente conectada à rede virtual 10.0.0.0/24, execute os seguintes passos:

Teste de conexão à rede virtual:

1. Abra um terminal no Windows e execute o comando

```
ping 10.0.0.10
```

que deve produzir uma resposta do tipo

```
Disparando 10.0.0.10 com 32 bytes de dados:  
Resposta de 10.0.0.10: bytes=32 tempo<1ms TTL=64  
Resposta de 10.0.0.10: bytes=32 tempo=1ms TTL=64  
Resposta de 10.0.0.10: bytes=32 tempo<1ms TTL=64  
Resposta de 10.0.0.10: bytes=32 tempo<1ms TTL=64
```

```
Estatísticas do Ping para 10.0.0.10:  
Pacotes: Enviados = 4, Recebidos = 4, Perdidos = 0 (0% de  
perda),  
Aproximar um número redondo de vezes em milissegundos:  
Mínimo = 0ms, Máximo = 1ms, Média = 0ms
```

Caso o comando falhe, isso é uma indicação de que a máquina host não consegue acessar a máquina virtual através da rede virtual.

2. Entre na máquina virtual (login: labaut, senha: labaut) e execute o seguinte comando

```
ping 10.0.0.40
```

que deve produzir uma resposta similar.

Caso o comando falhe, isso é uma indicação de que a máquina virtual não consegue acessar a máquina host através da rede virtual.

4 Utilização

Ao se iniciar, a máquina virtual dispara um servidor (escravo) Modbus, carregado com as condições iniciais de entradas e saídas nos respectivos endereços, conforme a documentação da UAAA. O servidor Modbus pode ser acessado no endereço IP 10.0.0.10 e porta 1502.

O funcionamento do servidor Modbus pode ser verificado seguindo-se os seguintes passos:

Teste do servidor Modbus local:

1. Abra o programa Radzio! Modbus Master Simulation e selecione no menu (Connection > Settings) os valores da ilustração abaixo.

Connection settings

Protocol

Modbus RTU Modbus TCP Modbus RTU over TCP/IP

Addressing convention

Register address (starting from 0) Register number (starting from 1)

Modbus RTU

Port: COM2

Baudrate: 115200

Parity: NONE

Stop bits: 1

DTR: Active Inactive

RTS: Active Inactive On TX

Modbus TCP

IP address: 10.0.0.10

TCP port: 1502

General

Timeout (ms): 1000

Delay between polls (ms): 10

OK Cancel

2. Acione o menu (Connection > Connect).

3. Acione o menu (File > New) quatro vezes e configure as janelas abertas conforme a ilustração abaixo.

The screenshot shows the Radzio! Modbus Master Simulator interface with four configuration windows. Each window has a 'Device Settings' section with 'Device ID' (1) and 'Address' (0), and a 'Display options' section with radio buttons for data formats. Below these are data tables for Alias 0 and Alias 10.

NONAME1: Device ID 1, Coil status, Address 0, Length 8. Display options: Decimal (selected), Integer, Hexadecimal, Binary, 32bit float, 32bit sw. floa, 64bit float, 64bit sw. floa. Status: Polls: 226, OK: 226, Errors: 0.

Alias	0
+0	1
+1	1
+2	1
+3	0
+4	0
+5	0
+6	0
+7	0
+8	8255
+9	13107

NONAME2: Device ID 1, Input registers, Address 0, Length 12. Display options: Decimal (selected), Integer, Hexadecimal, Binary, 32bit float, 32bit sw. floa, 64bit float, 64bit sw. floa. Status: Polls: 226, OK: 226, Errors: 0.

Alias	0	10
+0	39321	6553
+1	26214	28465
+2	30375	0
+3	21884	0
+4	45874	0
+5	52428	0
+6	54295	0
+7	45874	0
+8	8255	0
+9	13107	0

NONAME3: Device ID 1, Holding registers, Address 0, Length 3. Display options: Decimal (selected), Integer, Hexadecimal, Binary, 32bit float, 32bit sw. floa, 64bit float, 64bit sw. floa. Status: Polls: 226, OK: 226, Errors: 0.

Alias	0
+0	52428
+1	32767
+2	32767
+3	21884
+4	45874
+5	52428
+6	54295
+7	45874
+8	8255
+9	13107

NONAME4: Device ID 1, Input status, Address 0, Length 8. Display options: Decimal (selected), Integer, Hexadecimal, Binary, 32bit float, 32bit sw. floa, 64bit float, 64bit sw. floa. Status: Polls: 226, OK: 226, Errors: 0.

Alias	0
+0	0
+1	0
+2	0
+3	0
+4	0
+5	0
+6	0
+7	0
+8	8255
+9	13107

Bottom status bar: 10.0.0.10:1502 | Tx: 10,64 KB 0,234 KB/s | Rx: 15,26 KB 0,332 KB/s | Requests: 908 20,00/s | Responses: 908 20,00/s

Os valores apresentados são as condições iniciais das entradas e saídas da UAAA (e.g. o "Input Register 0000" com valor 39321 se refere ao nível de 6,0 m do TAL, codificado em 16 bits).

O aplicativo Radzio! é uma ferramenta bastante útil para a depuração de erros do projeto e verificação do funcionamento do sistema.

Assim que a máquina virtual é iniciada, as condições iniciais já são carregadas, mas para garantir que posteriormente as simulações iniciem sempre das condições nominais, use o comando

```
./uaaa_init
```

que deve produzir a seguinte resposta:

```
## UAAA_INIT - Inicializacao Modbus
## UAAA_INIT - (c) 2021 EPUSP (todos os direitos reservados)
## UAAA_INIT: Lendo arquivos de dados ... ok
## UAAA_INIT: Conectado com o servidor Modbus local (127.0.0.1:1502).
## UAAA_INIT: Carregados 4 inpcoils, 3 coils, 12 inpregs, 3 holdregs.
## UAAA_INIT: Inicializacao concluida com sucesso.
```

Há três comandos diferentes para iniciar a simulação, conforme a situação:

Comando	Observações
./uaaa_runtime_estac	<p>Simula a planta em tempo real em loop infinito, sem introduzir perturbações na vazão ou temperatura das linhas de água.</p> <p>Este comando é útil para realizar testes preliminares do sistema de controle, em condições brandas de operação.</p> <p>A simulação roda indefinidamente e pode ser interrompida por <CTRL-C>.</p> <p>Nenhum arquivo de dados é gerado.</p>
./uaaa_runtime_inf	<p>Simula a planta em tempo real em loop infinito, introduzindo perturbações na vazão e na temperatura das linhas de água.</p> <p>Este comando é útil para realizar testes finais do sistema de controle, em condições típicas de operação.</p> <p>A simulação roda indefinidamente e pode ser interrompida por <CTRL-C>.</p> <p>Nenhum arquivo de dados é gerado.</p>
./uaaa_runtime_30min	<p>É similar ao comando anterior, com as diferenças importantes de que a simulação é executada por apenas 30 min, ao final dos quais um arquivo de dados</p> <p>uaaa_runtime_30min.mat</p> <p>compatível com o Matlab é gravado no disco da máquina virtual.</p> <p>A simulação pode ser interrompida a qualquer tempo por <CTRL-C>, mas em caso de interrupção o arquivo de dados não é gerado.</p> <p>Este é o comando que deve ser executado quando o projeto estiver concluído para gerar dados para o relatório.</p>

Pode-se acompanhar o andamento da simulação através do terminal da máquina virtual, que imprime periodicamente os valores das entradas e saídas, por exemplo:

```
## UAAA_RUNTIME - V2021a - (c)2021 EPUSP (00:00:15)
## Entradas Digitais:
## AGA_OnOff: 1          AGL_OnOff: 1          BCA_OnOff: 1
## Entradas Analógicas:
## AQC_Pot: 80.00 (%)   BCA_vel: 50.00 (%)   Val_Pos: 50.00 (%)
## Saídas Digitais:
## LSL_010: 0          LSL_040: 0
## LSH_010: 0          LSH_040: 0
## Saídas Analógicas:
## LT_010: 6.00 (m)    LT_040: 3.50 (m)
## TT_020a: 40.00 (C)  TT_050a: 80.00 (C)
## TT_020b: 46.36 (C)  TT_050b: 82.85 (C)
## TT_050c: 69.99 (C)
## FT_030: 50.09 (l/s) TT_070: 20.00 (C)   PT_080: 0.10 (MPa)
## FT_060: 50.00 (l/s)
## FT_090: 130.29 (l/s)
```

O arquivo de dados gerado pela simulação pode ser transferido para a máquina host através do seguinte procedimento:

Transferência de arquivo da máquina virtual para a máquina host:

1. Abra um terminal no Windows e execute o comando

```
scp labaut@10.0.0.10:./uaaa_runtime_30min.mat .
```

onde:

scp (secure copy) é o comando para copiar arquivos de origem ou destino remotos;

labaut@10.0.0.10: indica o endereço (10.0.0.10) e conta (labaut) a se conectar;

./uaaa_runtime_30min.mat é o arquivo a ser copiado (nome completo **labaut@10.0.0.10:./uaaa_runtime_30min.mat**);

. indica que o arquivo será copiado para a pasta corrente da máquina host.

Caso seja solicitada, a senha do usuário labaut é labaut.

2. Carregue o arquivo no Matlab com o comando

```
>> load uaaa_runtime_30min.mat
```

e verifique que variáveis correspondentes ao tempo de simulação, entradas e saídas são carregadas no *Workspace* (com o prefixo "rt_").

5 Observações

- Ao instalar a máquina virtual, caso o VirtualBox pergunte se a máquina virtual foi copiada ou movida, responda que foi copiada.
- Para desligar a máquina virtual, feche a janela (ícone “X” no canto superior direito) e escolha a opção “Envia o sinal de desligamento” para desliga-la sem danificar o sistema operacional.
- A máquina virtual utiliza o sistema operacional Linux Debian 10.8. Alguns comandos uteis do Linux são os seguintes:

`ls -l` lista os arquivos do diretório corrente;

`ls -l /home/labaut` lista os arquivos do diretório /home/labaut;

`cd ..` muda para o diretório superior (e.g de /home/labaut para /home);

`cd /home/labaut` muda para o diretório /home/labaut;

`sudo [comando]` executa o comando [comando] com privilégios de super usuário (use com extremo cuidado).

`rm ./uaaa_runtime_30min.mat` remove o arquivo uaaa_runtime_30min.mat do diretório corrente.

- É mais conveniente usar o terminal do Linux a partir de um aplicativo de terminal remoto do que a partir da janela da máquina virtual, pois é possível copiar e colar texto ou comandos, recuperar o histórico do terminal, rolar a tela para cima ou para baixo, mudar o tamanho e o tipo das fontes, etc.
Além disso é possível executar diferentes comandos simultâneos a partir de diferentes terminais.
Um aplicativo popular para isso é o PUTTY, disponível em <https://www.putty.org/>.

V2021a (RPM)