



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

LAB3

Controle de Processo Industrial

Guia de Instalação e Utilização

Controlador da Unidade de Aquecimento de Água de Alimentação

Sumário

1	Resumo executivo	3
2	Requisitos	3
3	Instalação	3
4	Utilização	10
5	Observações	16

1 Resumo executivo

Este documento apresenta o **controlador** da unidade de aquecimento de água de alimentação (UAAA), que deve ser utilizado para controlar o **simulador da planta** e fornecer dados ao **servidor scada**.

O controlador é baseado no OpenPLC, disponível em <http://openplcproject.com/>.

A leitura e escrita de dados na unidade de E/S remota é feita através do protocolo Modbus. O simulador da planta, que também simula a E/S remota atua como servidor (escravo) Modbus e o controlador atua como cliente (mestre).

A troca de dados com o servidor scada também é feita através do protocolo Modbus. O controlador atua como servidor (escravo) e o servidor scada atua como cliente.

O controlador deve ser utilizado em conjunto com o aplicativo Windows OpenPLC editor.

2 Requisitos

O controlador 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.

O aplicativo OpenPLC editor é necessário para programar o CLP, e deve ser instalado na máquina host.

3 Instalação

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

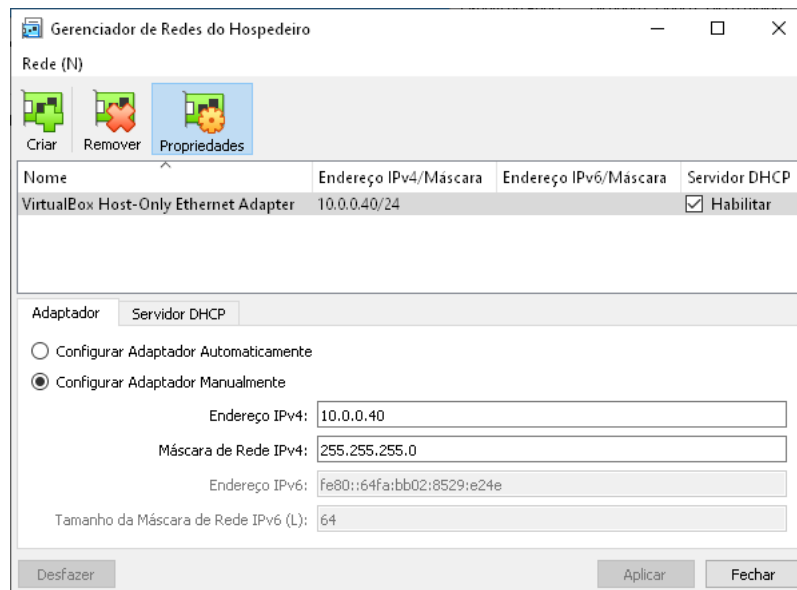
Baixe o arquivo com a máquina virtual do e-disciplinas e descompacte-o na pasta de máquinas virtuais do VirtualBox (e.g. /users/username/VirtualBox VMs).

Nota: A máquina virtual descompactada ocupa aproximadamente 3,0 Gb no disco.

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

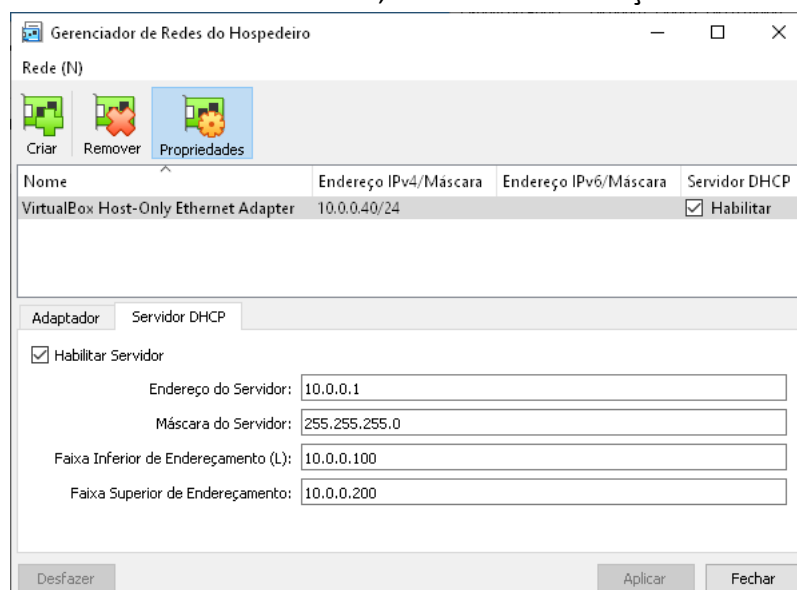
Configuração de rede de hospedeiro (host network manager):

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.



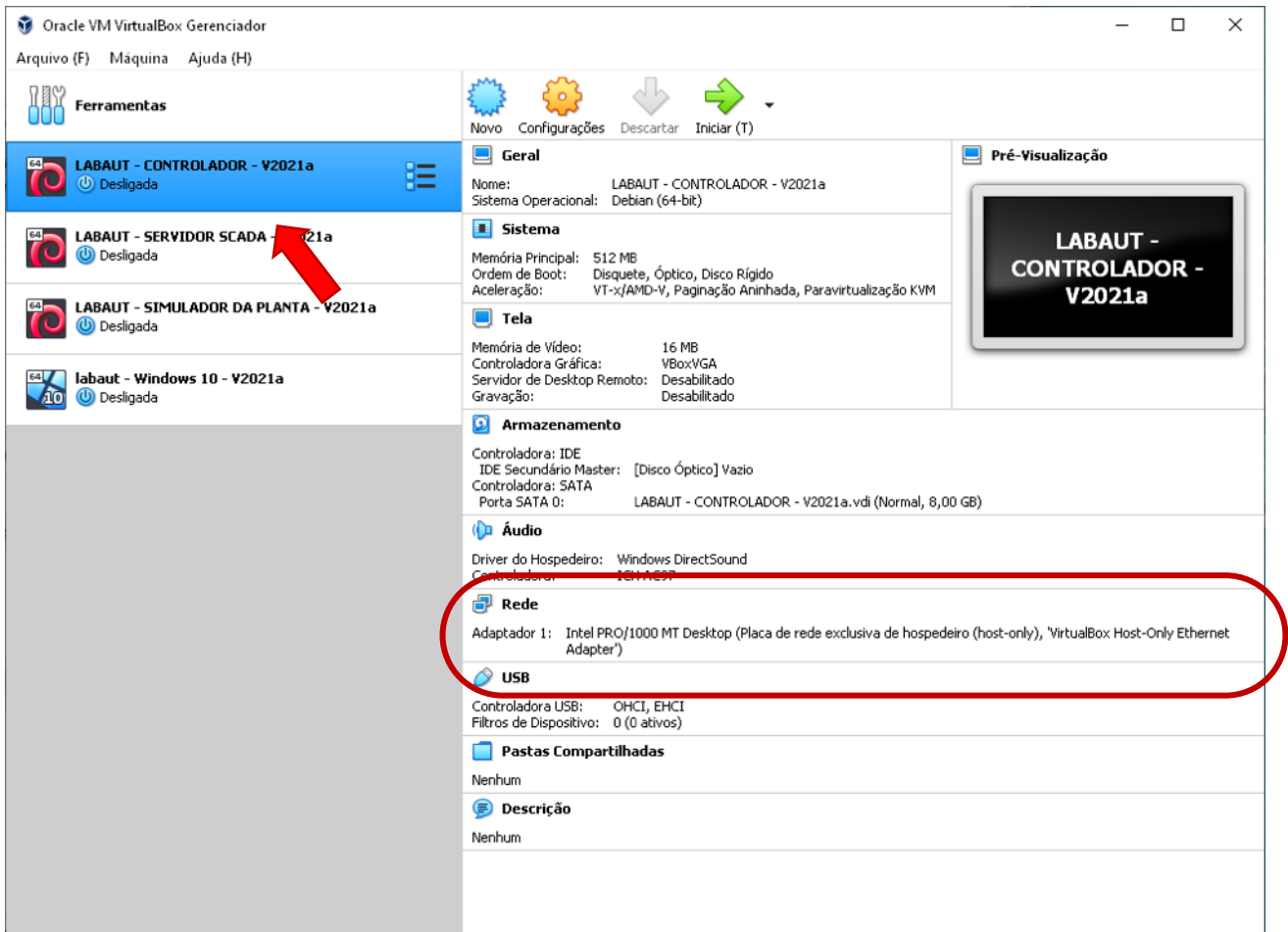
Certifique-se de usar o endereço “10.0.0.40” e máscara “255.255.255.0”.

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

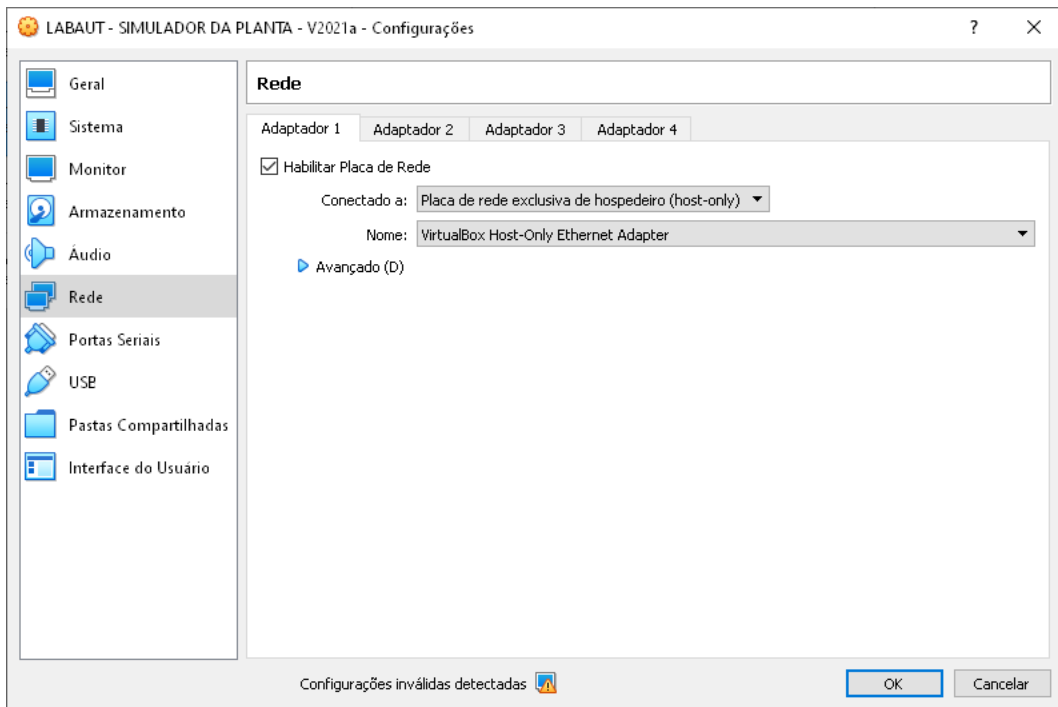


5. Feche a janela.

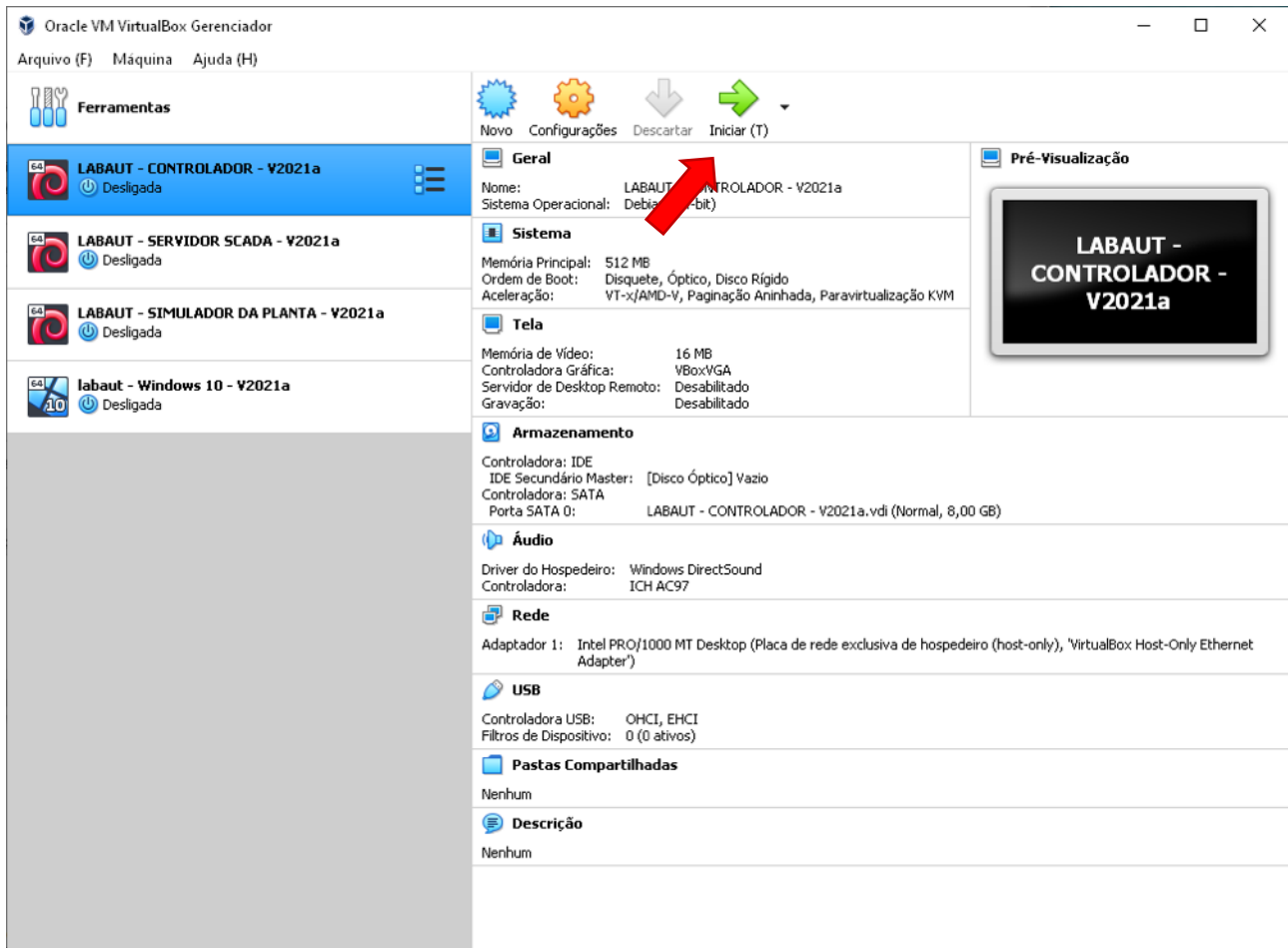
Em seguida selecione a máquina virtual na lista à esquerda da janela do VirtualBox, conforme a ilustração abaixo, e clique no item “Rede”.



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.



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

```
LABAUT - CONTROLADOR - V2021a [Executando] - Oracle VM VirtualBox
Debian GNU/Linux 10 controlador tty1
#####
##                                     ##
##          PTC3418 - Laboratorio de Automacao          ##
##          CONTROLADOR (OpenPLC)                      ##
##          V2021a                                     ##
##                                     ##
#####
Endereco IP: 10.0.0.20
#####
Para acessar a interface web do OpenPLC:
    http://10.0.0.20:8080
    login: openplc
    senha: openplc
#####
Para acessar o sistema operacional (caso necessario):
    login: labaut
    senha: labaut
#####
controlador 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 10.0.0.20
```

que deve produzir uma resposta do tipo

```
Disparando 10.0.0.20 com 32 bytes de dados:  
Resposta de 10.0.0.20: bytes=32 tempo<1ms TTL=64  
Resposta de 10.0.0.20: bytes=32 tempo=1ms TTL=64  
Resposta de 10.0.0.20: bytes=32 tempo<1ms TTL=64  
Resposta de 10.0.0.20: bytes=32 tempo<1ms TTL=64
```

Estatísticas do Ping para 10.0.0.20:

```
    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 carrega todos os aplicativos necessários à operação do controlador da UAAA (sem a lógica de controle).

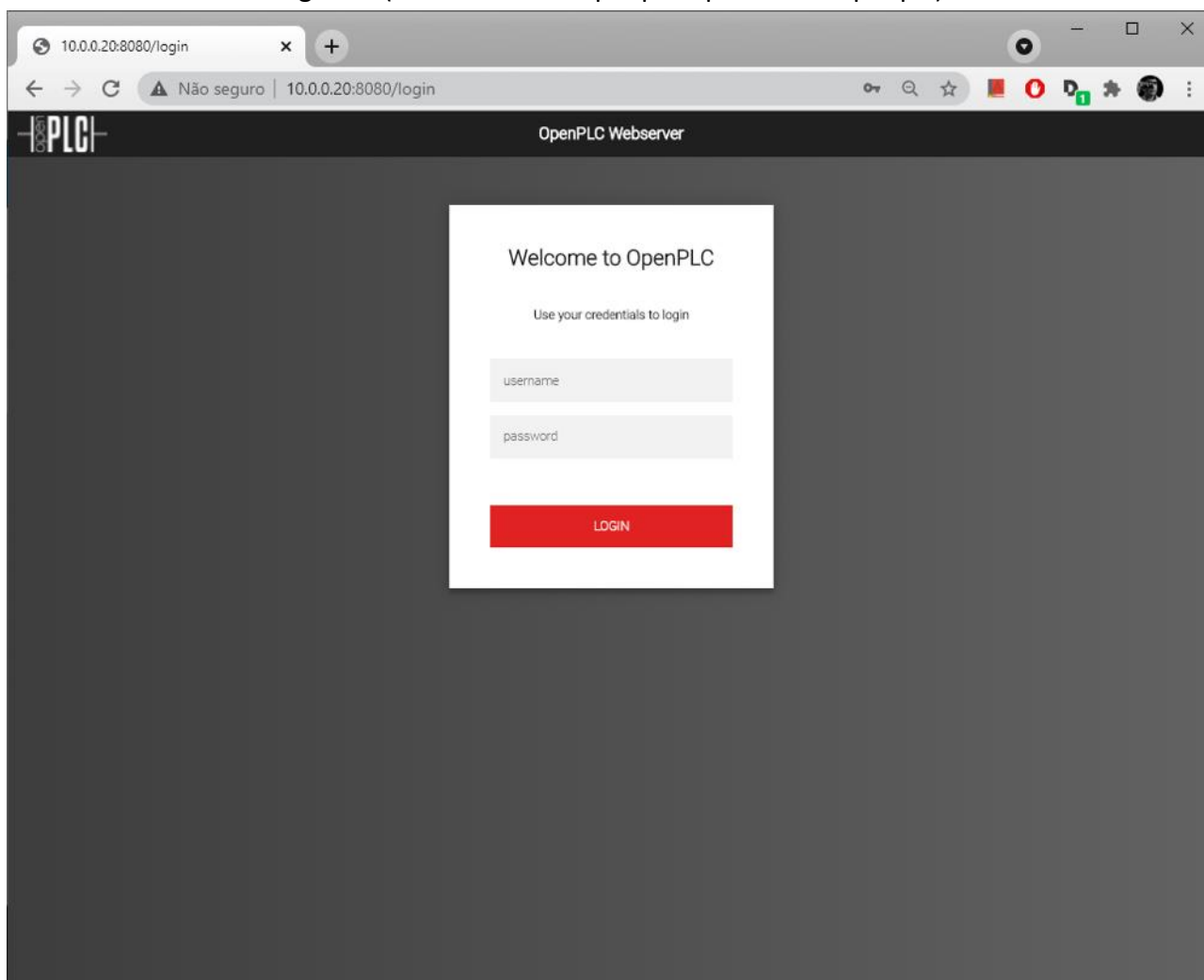
O servidor Modbus do controlador, utilizado pelo servidor scada para coletar os dados da planta, pode ser acessado no endereço IP 10.0.0.20 e porta 502, porém somente é ativado quando o programa de controle é disparado (veja a seguir).

O funcionamento do servidor Modbus, com o programa de controle ativo, pode ser verificado utilizando-se o aplicativo Radzio! De forma similar ao feito com o simulador da planta, com as diferenças importantes de que o servidor do controlador se encontra no endereço IP 10.0.0.20 e ouve as conexões na porta 502.

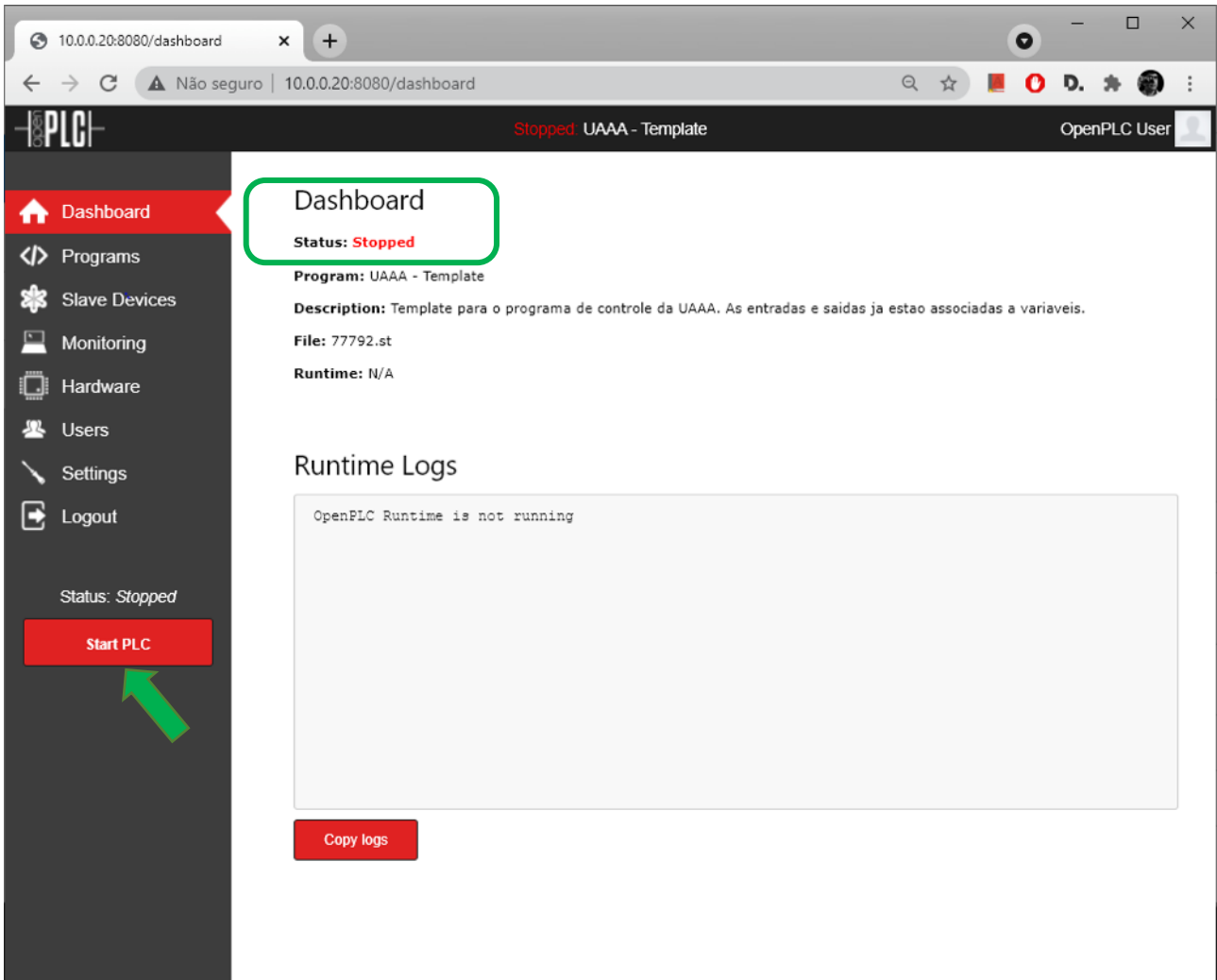
Normalmente não é necessário utilizar o terminal do sistema operacional da máquina virtual. Todas as ações são realizadas através de um navegador acessando o endereço

`http://10.0.0.20:8080`

A tela inicial é a seguinte (use username: openplc e password: openplc):



Ao se registrar, a tela “Dashboard” deve aparecer. Note o Status “Stopped” e a mensagem “Program: UAAA – Template”. Para iniciar o programa do controlador, basta pressionar o botão “Start PLC”.



Nota: Às vezes o navegador não atualiza a tela após o botão ser pressionado. Recarregar a página costuma resolver o problema.

Verifique, na aba “Slave Devices”, que o servidor Modbus do simulador da planta está registrado como “Remote I/O”.

Running: UAAA - Template OpenPLC User

Slave Devices

List of Slave devices attached to OpenPLC.

Attention: Slave devices are attached to address 100 onward (i.e. %IX100.0, %IW100, %QX100.0, and %QW100)

Device Name	Device Type	DI	DO	AI	AO
Remote I/O	TCP	%IX100.0 to %IX100.7	%QX100.0 to %QX100.7	%IW100 to %IW111	%QW100 to %QW102

[Add new device](#)

Status: *Running*

[Stop PLC](#)

Caso a máquina virtual do simulador da planta esteja ativa e corretamente configurada, o controlador se conectará e iniciará a troca de dados a intervalos regulares.

As variáveis do programa podem ser monitoradas durante a operação, através da aba “Monitoring”.

The screenshot shows the OpenPLC Monitoring interface. The browser address bar indicates the URL is 10.0.0.20:8080/monitoring. The interface title is "Running UAAA - Template" and the user is "OpenPLC User". A sidebar on the left contains navigation options: Dashboard, Programs, Slave Devices, Monitoring (highlighted in red), Hardware, Users, Settings, and Logout. Below the sidebar, the status is "Status: Running" and there is a red "Stop PLC" button.

Variable Name	Type	Address	Value	Indicator
LSH_010_ED	BOOL	%IX100.1	No	FALSE
LSL_040	BOOL	%QX0.2	No	FALSE
LSL_040_ED	BOOL	%IX100.2	No	FALSE
LSH_040	BOOL	%QX0.3	No	FALSE
LSH_040_ED	BOOL	%IX100.3	No	FALSE
AGA_OnOff	BOOL	%QX1.0	No	TRUE
AGA_OnOff_SD	BOOL	%QX100.0	No	TRUE
AGL_OnOff	BOOL	%QX1.1	No	TRUE
AGL_OnOff_SD	BOOL	%QX100.1	No	TRUE
BCA_OnOff	BOOL	%QX1.2	No	TRUE
BCA_OnOff_SD	BOOL	%QX100.2	No	TRUE
LT_010	REAL	%MD0	No	6.0000
LT_010_EA	UINT	%IW100	No	39321
TT_020a	REAL	%MD1	No	40.0000
TT_020a_EA	UINT	%IW101	No	26214
TT_020b	REAL	%MD2	No	46.3500

Para se atualizar o programa ou carregar um novo, utiliza-se a aba “Programs”.

The screenshot shows the OpenPLC web interface. The browser address bar indicates the URL is 10.0.0.20:8080/programs. The page title is "Running: UAAA - Template" and the user is logged in as "OpenPLC User". The sidebar on the left contains the following menu items: Dashboard, Programs (highlighted), Slave Devices, Monitoring, Hardware, Users, Settings, and Logout. Below the sidebar, the status is "Status: Running" and there is a red "Stop PLC" button. The main content area is titled "Programs" and contains the text: "Here you can upload a new program to OpenPLC or revert back to a previous uploaded program shown on the table." Below this text is a table with the following data:

Program Name	File	Date Uploaded
UAAA - Template	77792.st	May 18, 2021 - 11:57AM
Blank Program	blank_program.st	May 24, 2018 - 02:02PM

Below the table is a link labeled "List all programs". Underneath the table is the "Upload Program" section, which includes a file selection button labeled "Escolher arquivo" (with the text "Nenhum arquivo selecionado" next to it) and an "Upload Program" button.

Os programas devem ser escritos na máquina host com o uso do aplicativo OpenPLC editor, compilados e transferidos para o controlador através da interface web.

Um exemplo de tela do OpenPLC editor (com o programa UAAA – Template carregado) é apresentado na ilustração abaixo.

OpenPLC Editor - Template

Arquivo Editar Exibir Ajuda

Projeto

Sem nome

program0

Res0

program0

Descrição: Class Filter: Todos

#	Nome	Class	Tipo	Localização	Valor Inicial	Opção	Documentação
1	LSL_010	Local	BOOL	%QX0.0	0		Nível baixo TAL
2	LSL_010_ED	Local	BOOL	%IX100.0	0		Nível baixo TAL
3	LSH_010	Local	BOOL	%QX0.1	0		Nível alto TAL
4	LSH_010_ED	Local	BOOL	%IX100.1	0		Nível alto TAL
5	LSL_040	Local	BOOL	%QX0.2	0		Nível baixo TAC
6	LSL_040_ED	Local	BOOL	%IX100.2	0		Nível baixo TAC

Template para controle da UAAA - P2021a
As variáveis tem como condições iniciais os valores nominais.
(c)2021 - EPUSP - Todos os direitos reservados.

Coloque aqui as logicas de controle.
(o template tem apenas placeholders com os valores nominais)

AGA_OnOff_SD
()

AGL_OnOff_SD
()

BCA_OnOff_SD
()

52428 MOVE IN OUT AQC_Pot_SA

32767 MOVE IN OUT BCA_Vel_SA

32767 MOVE IN OUT VAL_Pos_SA

Copie tambem todas as entradas e saidas digitais para o servidor Modbus do OpenPLC para que elas fiquem disponiveis para o sistema SCADA.
(no template isso e' feito com apenas um sinal de cada tipo)

LSH_010_ED LSH_010
()

AGA_OnOff_SD AGA_OnOff
()

LT_010_EA

UINT_TO_REAL IN OUT

0.0

SUB IN1 OUT IN2

6553.S

DIV IN1 OUT IN2

MOVE IN OUT

LT_010

AQC_Pot_SA

UINT_TO_REAL IN OUT

0.0

SUB IN1 OUT IN2

655.3S

DIV IN1 OUT IN2

MOVE IN OUT

AQC_Pot

Biblioteca Debugger

Q BUSCAR

- Blocos de função padrão
- Blocos de função adicionais
- Type conversion
- Numerico
- Aritmética
- Tempo
- Bit-shift
- Bitwise
- Seleção
- Comparação
- Character string
- Native POUs
- Python POUs
- POUs definidos pelo usuário

Config0.Res0.instance0

- LSL_010 (BOOL)
- LSL_010_ED (BOOL)
- LSH_010 (BOOL)
- LSH_010_ED (BOOL)
- LSL_040 (BOOL)
- LSL_040_ED (BOOL)
- LSH_040 (BOOL)
- LSH_040_ED (BOOL)
- AGA_OnOff (BOOL)
- AGA_OnOff_SD (BOOL)
- AGL_OnOff (BOOL)
- AGL_OnOff_SD (BOOL)
- BCA_OnOff (BOOL)
- BCA_OnOff_SD (BOOL)
- LT_010 (REAL)
- LT_010_EA (UINT)
- TT_020a (REAL)
- TT_020a_EA (UINT)
- TT_020b (REAL)
- TT_020b_EA (UINT)
- FT_030 (REAL)
- FT_30_EA (UINT)
- LT_040 (REAL)
- LT_40_EA (UINT)
- TT_050a (REAL)
- TT_050a_EA (UINT)
- TT_050b (REAL)
- TT_050b_EA (UINT)
- TT_050c (REAL)
- TT_050c_EA (UINT)
- FT_060 (REAL)
- FT_060_EA (UINT)

Buscar Console Log do CLP:

Desconectado

Note que este é apenas um esqueleto para o programa de controle.

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 desligá-la sem danificar o sistema operacional.
- A máquina virtual utiliza o sistema operacional Linux Debian 10.8. Não se espera que seja necessário utilizar o terminal da máquina virtual do controlador. Em todo caso, alguns comandos úteis 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)