



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**KEVIN MOTA AMARILO**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SCADA PARA PLANTAS DE  
VENTILAÇÃO INDUSTRIAL**

**FORTALEZA**

**2016**

KEVIN MOTA AMARILO

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SCADA PARA PLANTAS DE VENTILAÇÃO  
INDUSTRIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Dr. Tobias Rafael Fernandes Neto

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

A521d    Amarello, Kevin Mota.  
Desenvolvimento de um sistema scada para plantas de ventilação industrial / Kevin Mota Amarello. – 2016.  
46 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia,  
Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2016.  
Orientação: Prof. Dr. Tobias Rafael Fernandes Neto.

1. Supervisórios. 2. ScadaBR. 3. Automação. 4. Ventilação. I. Título.

CDD 621.3

---

KEVIN MOTA AMARILO

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA SCADA PARA PLANTAS DE VENTILAÇÃO  
INDUSTRIAL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Curso de Graduação em Engenharia Elétrica do  
Centro de Tecnologia da Universidade Federal  
do Ceará, como requisito parcial à obtenção do  
grau de bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Tobias Rafael Fernandes Neto (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

M.Sc. Kleymilson do Nascimento Souza  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

M.Sc. Jorge Luiz Wattes Oliveira Junior  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À todos que acreditaram em mim e me deram suporte nessa trajetória. Em especial à meus pais, que sempre fizeram de tudo por minha educação.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, por me darem todo o suporte, amor e forças desde o início dos meus tempos. Sem vocês como modelo, nunca teria conseguido chegar até aqui.

Aos meus irmãos por serem os meus parceiros e primeiros amigos.

À minha namorada, companheira e amiga, Mone, por entregar todo o seu amor e carinho dados a mim, e por estar comigo nos momentos mais difíceis. Sem você não poderia terminar esse trabalho, dei o meu melhor por você.

Ao Prof. Dr.-Ing Tobias Rafael Fernandes Neto, por me orientar nesse trabalho e ser um modelo do que um professor deve ser.

Aos membros do LAMOTRIZ, por todo o suporte em meu trabalho.

Aos meus amigos de graduação: Mapse (Mapin), Orcetti (Cecel), Jefferson Maia, Paulo Wesley (Pazenés), Thiago Azevedo, Janderson (Jandim), Arthur (Guri), Antônio Barros (Barrin), Daniel Gomes, Everton Leite, Dênio Silva, Eduardo Maia, Eduardo Apoliano (Molinha), Ícaro Silvestre, Victor Fialho, Lucas Rebouças (Lucão), Marcelo de Oliveira. Obrigado a todos vocês e aos outros não mencionados por esses 5 anos.

À todos os Professores que eu tive na UFC por me passarem o que tem de mais importante na vida, o conhecimento.

“O conhecimento torna a alma jovem e diminui a amargura da velhice. Colhe, pois, a sabedoria. Armazena suavidade para o amanhã.”

(Leonardo da Vinci)

## RESUMO

Esse trabalho tem como objetivo a criação de um sistema supervisório para a bancada de ventilação do LAMOTRIZ-UFC, para isso, são utilizados o CLP Siemens S7-200 e o *software* ScadaBR. Na bancada existem dois ventiladores, um radial e um axial, que estão equipados com transdutores de pressão, temperatura, vazão, tensão e corrente, um encoder, um inversor e um damper em cada. Utilizando o protocolo de comunicação Modbus é possível enviar todos os dados necessários para o ScadaBR, este deve passar as informações coletadas ao usuário de maneira intuitiva, além de oferecer formas de controlar as plantas. Os resultados obtidos foram satisfatórios, de forma que podem ser utilizados como base para a elaboração de supervisórios para outras aplicações, utilizando o *software* proposto.

**Palavras-chave:** Supervisórios. ScadaBR. CLP. Automação. Ventilação.



## **ABSTRACT**

This work has the objective of creating a supervisory system for the LAMOTRIZ-UFC fan testbed, using the Siemens S7-200 CLP and the ScadaBR software. On the testbed there are two fans, one radial and one axial, which are equipped with pressure, temperature, flow, voltage and current transducers, an encoder, an inverter and a damper on each. Using the Modbus communication protocol it is possible to send all the necessary data to the ScadaBR, it must pass the collected information to the user in an intuitive way, besides offering ways to control the plants. The results were satisfactory, so that they can be used as a basis for the development of supervisors for other applications, using the proposed software.

**Keywords:** Supervisory. ScadaBR. PLC. Automation. Ventilation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sistema SCADA. . . . .	16
Figura 2 – Representação de um ventilador radial. . . . .	19
Figura 3 – Representação de um ventilador axial. . . . .	19
Figura 4 – Modalidades construtivas de rotores de ventiladores. . . . .	20
Figura 5 – Quadro de automação (a) fechado e (b) aberto. . . . .	20
Figura 6 – Quadro de comando (a) fechado e (b) aberto. . . . .	21
Figura 7 – Esquemático do Ventilador Radial. . . . .	22
Figura 8 – Ventilador Radial. . . . .	22
Figura 9 – Esquemático do Ventilador Axial. . . . .	23
Figura 10 – Ventilador Axial. . . . .	23
Figura 11 – MIT acoplado no ventilador radial. . . . .	24
Figura 12 – Curvas parametrizadas V/f. . . . .	24
Figura 13 – Inversor de Frequência Altivar 31. . . . .	25
Figura 14 – Ventilador acionado à velocidade constante com <i>damper</i> para controle de vazão. . . . .	26
Figura 15 – Transdutor de posição do <i>damper</i> . . . . .	27
Figura 16 – Transdutor de tensão e corrente ETM 50. . . . .	28
Figura 17 – Transdutor de pressão LP <i>series</i> . . . . .	29
Figura 18 – Transdutor de vazão ESF-35. . . . .	30
Figura 19 – Multimedidor de grandezas elétricas PowerLogic PM850. . . . .	31
Figura 20 – CLP SIMATIC S7-200. . . . .	32
Figura 21 – Exemplo de aplicação desenvolvida com o ScadaBR. . . . .	34
Figura 22 – Topologia da Rede. . . . .	34
Figura 23 – Configuração do Modbus Serial para (a) o ScadaBR e (b) o CLP. . . . .	35
Figura 24 – Medidas das grandezas do ventilador. . . . .	36
Figura 25 – Controle do inversor na interface gráfica. . . . .	37
Figura 26 – Esquema de controle do <i>damper</i> em malha fechada. . . . .	38
Figura 27 – Controle do <i>damper</i> na interface gráfica. . . . .	38
Figura 28 – Fluxograma do processo do supervisório. . . . .	39
Figura 29 – Configuração de um alarme no ScadaBR. . . . .	40
Figura 30 – Interface gráfica de controle do ventilador radial. . . . .	41

Figura 31 – Interface gráfica de controle do ventilador axial. . . . .	42
Figura 32 – Aquisição de gráficos dinâmicos. . . . .	42
Figura 33 – Teste dos alarmes dos inversores após detectado o defeito (a) e após sanado (b). . . . .	43

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificações do MIT. . . . .	22
Tabela 2 – Especificações do inversor Altivar 31. . . . .	25
Tabela 3 – Especificações do atuador do <i>damp</i> er. . . . .	26
Tabela 4 – Especificações do transdutor de tensão e corrente ETM 50. . . . .	28
Tabela 5 – Especificações do transdutor de pressão. . . . .	29
Tabela 6 – Especificações do transdutor de vazão. . . . .	30
Tabela 7 – Conexão dos instrumentos com as entradas e saídas digitais do CLP. . . . .	46
Tabela 8 – Conexão dos instrumentos com as entradas e saídas analógicas do CLP. . . . .	46
Tabela 9 – Configurações dos <i>data points</i> . . . . .	47

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	<i>Application Programming Interface</i> /Interface de Programação de Aplicativos
CLP	Controlador Lógico Programável
IHM	Interface Homem-Máquina
IP	Índice de Proteção
MIT	Motor de Indução Trifásico
SCADA	<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i> /Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
<b>1.1</b>	<b>Controladores Lógicos Programáveis</b>	<b>15</b>
<b>1.2</b>	<b>Supervisórios</b>	<b>16</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos</b>	<b>17</b>
<b>1.4</b>	<b>Estrutura do Trabalho</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>VENTILADORES RADIAL E AXIAL</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Ventilação Industrial</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>Bancada de Ventilação</b>	<b>20</b>
<b>2.2.1</b>	<i>Quadros de Comando e Automação</i>	<b>20</b>
<b>2.2.2</b>	<i>Ventilador Radial</i>	<b>21</b>
<b>2.2.3</b>	<i>Ventilador Axial</i>	<b>21</b>
<b>2.2.4</b>	<i>Motor de Indução Trifásico</i>	<b>21</b>
<b>2.2.5</b>	<i>Inversor de Frequência</i>	<b>23</b>
<b>2.2.6</b>	<i>Damper</i>	<b>26</b>
<b>2.2.7</b>	<i>Encoder</i>	<b>27</b>
<b>2.2.8</b>	<i>Transdutor de Tensão e de Corrente</i>	<b>27</b>
<b>2.2.9</b>	<i>Transdutor de Pressão</i>	<b>28</b>
<b>2.2.10</b>	<i>Transdutor de Vazão</i>	<b>29</b>
<b>2.2.11</b>	<i>Aquisição de temperatura</i>	<b>30</b>
<b>2.2.12</b>	<i>Multimedidor de grandezas elétricas</i>	<b>30</b>
<b>2.2.13</b>	<i>Controlador Lógico Programável</i>	<b>31</b>
<b>2.3</b>	<b>Conclusões</b>	<b>32</b>
<b>3</b>	<b>DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE SCADA</b>	<b>33</b>
<b>3.1</b>	<b>ScadaBR</b>	<b>33</b>
<b>3.2</b>	<b>Topologia da Rede</b>	<b>34</b>
<b>3.3</b>	<b>Atribuição dos <i>data points</i></b>	<b>35</b>
<b>3.4</b>	<b>Interfaceamento com os Instrumentos de Medição e Controle</b>	<b>36</b>
<b>3.4.1</b>	<i>Transdutores</i>	<b>36</b>
<b>3.4.2</b>	<i>Inversores</i>	<b>37</b>
<b>3.4.3</b>	<i>Damper</i>	<b>37</b>

3.4.4	<i>Encoder</i> . . . . .	38
3.5	<b>Fluxograma do supervisor</b> . . . . .	38
3.6	<b>Alarmes</b> . . . . .	39
3.7	<b>Considerações Finais</b> . . . . .	40
4	<b>RESULTADOS</b> . . . . .	41
5	<b>CONCLUSÕES</b> . . . . .	44
5.1	<b>Propostas de trabalhos futuros</b> . . . . .	44
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	45
	<b>APÊNDICES</b> . . . . .	46
	<b>APÊNDICE A</b> – Dados das conexões dos instrumentos com o CLP . . . . .	46
	<b>APÊNDICE B</b> – Dados das configurações dos <i>data points</i> . . . . .	47

# 1 INTRODUÇÃO

O monitoramento e controle de atividades industriais sempre foi muito importante para manter a qualidade e evitar desperdícios durante o processo. Dessa forma, o desenvolvimento de supervisórios, que resumem toda ou parte do sistema em um painel ou tela, trazem diversas vantagens para os operadores.

Antigamente, a supervisão era feita em painéis sinóticos, que mostravam em grandes painéis as informações necessárias. Atualmente, softwares SCADA são utilizados com ajuda de protocolos de comunicação para aquisição dos dados de dispositivos. É possível monitorar grandes sistemas na tela de um computador, controlando-os e tratando os dados de forma a gerar gráficos, analisar tendências, acionar alarmes dentre outras funcionalidades.

## 1.1 Controladores Lógicos Programáveis

Com o desenvolvimento de sistemas microprocessados foi possível desenvolver controladores, dispositivos embarcados com alta capacidade de processamento e para muitas aplicações. O Controlador Lógico Programável (CLP) é um controlador muito utilizado em indústrias para automatizar e monitorar os processos. Foram desenvolvidos na década de 70 e podiam incorporar todos os tipos de funções necessárias para a realização de controle de eventos discretos (ROSARIO, 2009).

Os CLPs possuem uma interface de entradas e saídas controladas por um microprocessador, que são idealizados para suportar as condições adversas que podem ocorrer em uma indústria, como poeira, umidade e temperatura, portanto, possuem um alto Índice de Proteção (IP). O IP são medidas aplicadas ao invólucro do equipamento elétrico, visando a proteção de pessoas contra o contato com partes energizadas, partes móveis e contra a entrada de corpos estranhos e proteção do equipamento contra o ingresso de água no seu interior.

Inicialmente foram produzidos para os circuitos de comandos, com o avanço da tecnologia foi possível aumentar a aplicabilidade dos CLPs, a exemplo da inserção de entradas e saídas analógicas, que permitem a leitura de valores de transdutores, portas de comunicação e módulos específicos para desenvolvimento de controladores PID.

As principais características de um CLP são:

- Podem ser facilmente reprogramados sem parar o processo industrial;
- Têm tamanho reduzido e possuem baixo consumo de energia;



- Permitem comunicação em rede entre outros dispositivos.

Por esses motivos, os CLPs são largamente utilizados, trazendo maior confiabilidade e otimização aos processos.

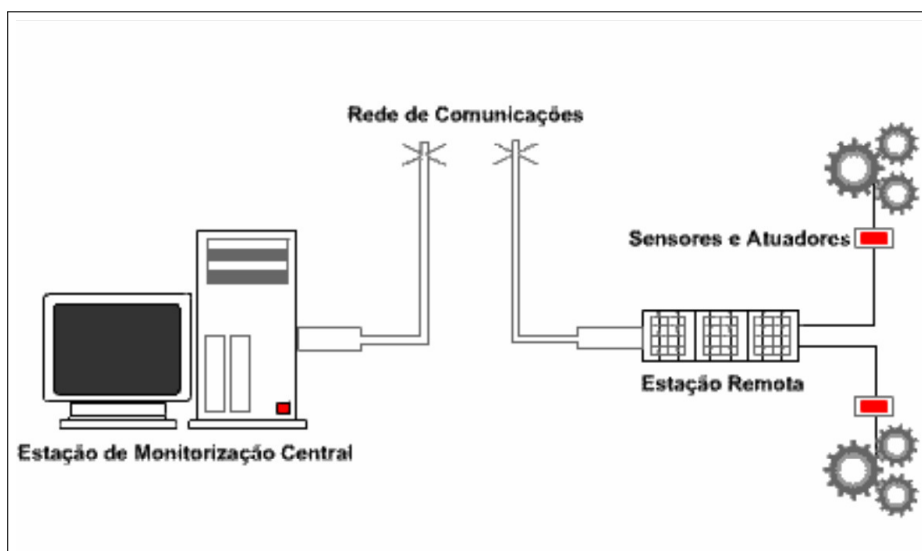
## 1.2 Supervisórios

Em adição aos CLPs, softwares específicos para controle e aquisição de dados são utilizados, os *Supervisory Control and Data Acquisition*/Sistemas de Supervisão e Aquisição de Dados (SCADA) ou supervisórios.

Os sistemas supervisórios são Interface Homem-Máquina (IHM), ou seja, facilitam a interação entre as pessoas e as máquinas. São responsáveis por apresentar as informações tratadas pelo CLP de forma que seja possível acessá-la de forma fácil e ágil pelo operador (SILVA; SALVADOR, 2004).

Para disponibilizar as informações, é necessário identificar os *tags*, que são todas as variáveis utilizadas na aplicação para representar os valores de sensores ou atuadores. São adquiridas geralmente a partir de uma rede de comunicação com uma estação remota ou de um banco de dados, como mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Sistema SCADA.



Fonte: Silva e Salvador (2004).

As principais funcionalidades de um SCADA são:

- Aquisição de dados via rede de comunicação ou banco de dados;
- Geração de gráficos a partir dos dados coletados;

- Habilitação do controle dos estados de atuadores e máquinas;
- Criação de interfaces gráficas;
- Acionamento de alarmes de acordo com a necessidade do usuário.

Assim, em conjunto com um CLP, os supervisórios formam uma ferramenta poderosa no controle e supervisão de qualquer sistema.

### **1.3 Objetivos**

Esse trabalho tem como objetivo desenvolver um supervisório da bancada de ventilação industrial do Laboratório de Eficiência Energética em Sistemas Motrizes Industriais (LAMOTRIZ/UFC): configurar o protocolo de comunicação entre o SCADA e o CLP; disponibilizar as informações dos transdutores ao operador; criar uma interface gráfica de fácil utilização; e gerar gráficos e alarmes.

### **1.4 Estrutura do Trabalho**

No capítulo 2 são apresentados os fundamentos da ventilação industrial, bem como uma discussão sobre as plantas industriais e seus dispositivos.

O capítulo 3 demonstra o desenvolvimento do supervisório. As interfaces de comunicação, os *tags* e as interfaces gráficas são concebidas.

No capítulo 4 os resultados do projeto são mostrados, apresentando os valores obtidos dos transdutores, e toda a interface do supervisório.

Por fim, no capítulo 5 é dada a conclusão do trabalho e sugestões de trabalhos futuros.

## 2 VENTILADORES RADIAL E AXIAL

Nesse capítulo é apresentada a bancada de ventilação, com as plantas industriais e seus dispositivos, além disso, é feita uma introdução à ventilação industrial, demonstrando suas classificações, aplicações e características.

### 2.1 Ventilação Industrial

A ventilação tem uma importância enorme em indústrias, tem como objetivo trazer ao ar pureza e velocidade de escoamento necessários para a saúde humana ou acondicionamento dos produtos. Conforme MOREIRA (2006) a ventilação:

É a operação realizada através de meios mecânicos que visa o controle de parâmetros, tais como: a temperatura, a distribuição do ar, a umidade, e eliminar agentes contaminantes ou poluentes, entre eles: gases, vapores, poeiras, névoas, micro-organismos e odores.

É também necessário que o sistema de ventilação possa descartar adequadamente os poluentes, de forma a não entregá-los diretamente ao ambiente externo, trazendo diversos problemas para a natureza.

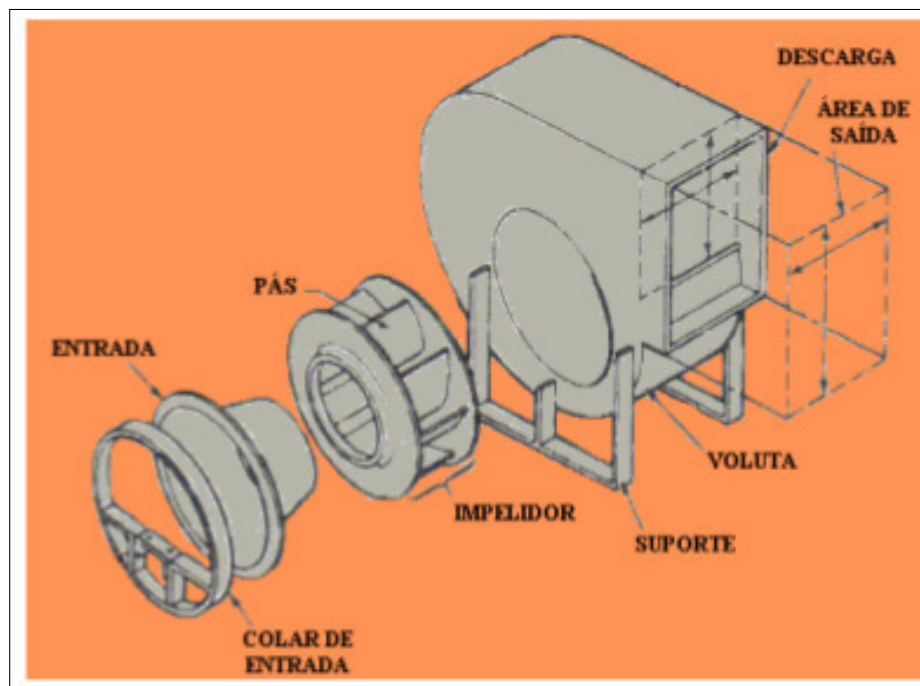
A ventilação tanto pode ser natural, como pode se utilizar meios mecânicos para sua realização, que pode ser por insuflação, exaustão ou uma combinação de ambos os modos, chamada de mista.

Quanto à forma do rotor, os ventiladores se classificam entre: radial, axial e mistos de acordo com a norma NBR 10131:2015 (ABNT, 2015).

Os ventiladores radiais podem operar com grandes pressões e pequenas vazões, dessa forma é aplicado em situações que necessitam de uma alta capacidade exaustora. É composto por um rotor com pás chamado de impelidor, uma carcaça de conversão de pressão e um motor de acionamento. O ar entra pelo centro do rotor e é acelerado pelas pás para a abertura das descargas. A Figura 2 apresenta a configuração desse tipo de ventilador.

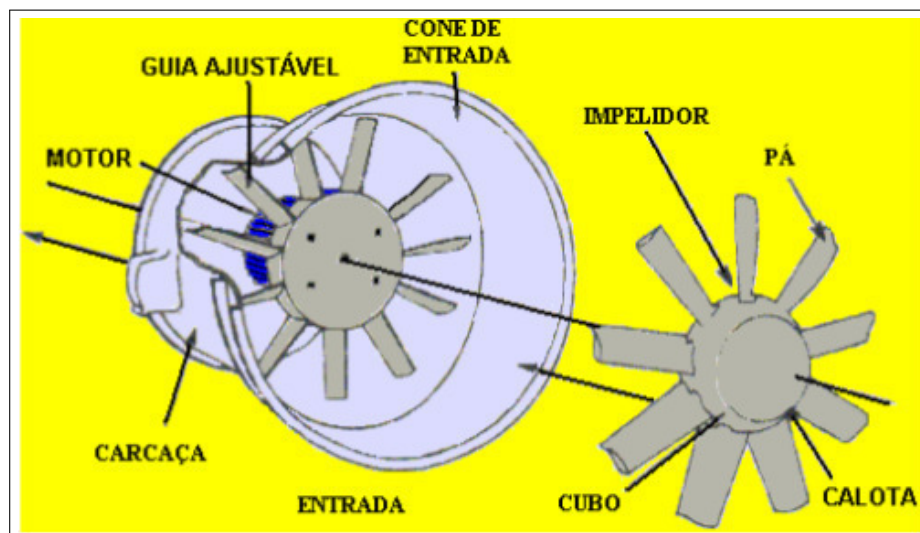
Os ventiladores axiais podem operar com pequenas pressões e grandes vazões, têm um aspecto construtivo parecido com um ventilador de mesa utilizado em residências. Produz pressão a partir da velocidade adquirida pelo fluido ao passar pelo impelidor, e é aplicado geralmente em ventilação ambiente (MOREIRA, 2006). A Figura 3 demonstra uma representação desse tipo de rotor.

Figura 2 – Representação de um ventilador radial.



Fonte: MOREIRA (2006).

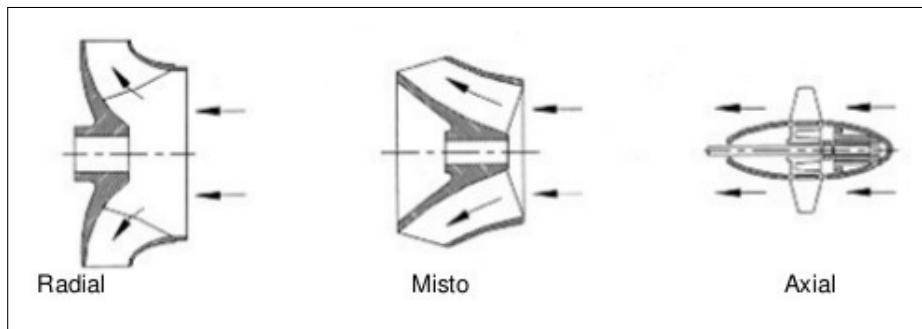
Figura 3 – Representação de um ventilador axial.



Fonte: MOREIRA (2006).

Os sistemas de ventilação mistos são adequados para operar em pressões e vazões médias, possuem características mescladas entre um rotor radial e um axial. A Figura 4 apresenta as modalidades construtivas dos rotores.

Figura 4 – Modalidades construtivas de rotores de ventiladores.



Fonte: MOREIRA (2006).

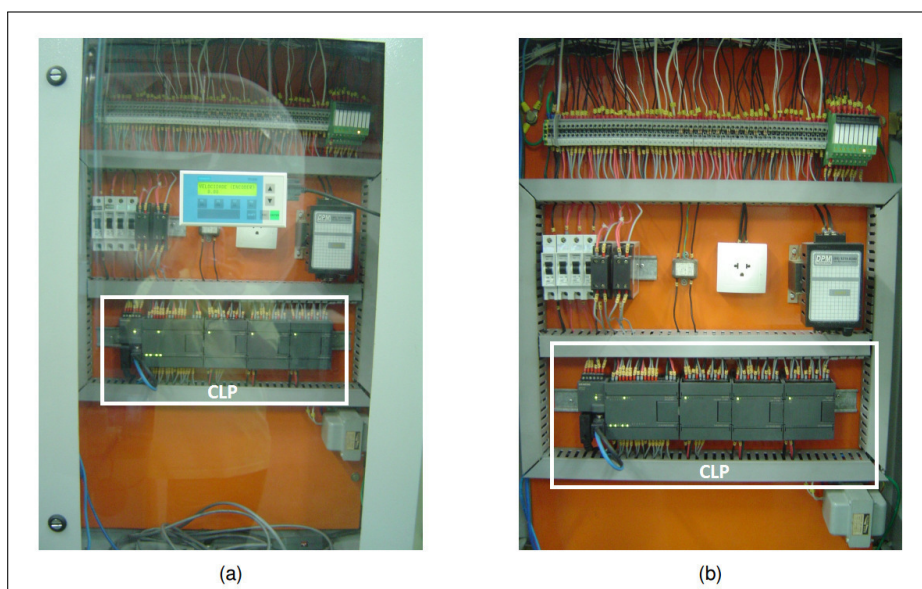
## 2.2 Bancada de Ventilação

A bancada de ventilação industrial do LAMOTRIZ-UFC possui dois ventiladores, um radial e um axial, é utilizada para a análise de operação de um sistema de ventilação para várias situações de carregamento através do estrangulamento da passagem de ar por um *damper*.

### 2.2.1 Quadros de Comando e Automação

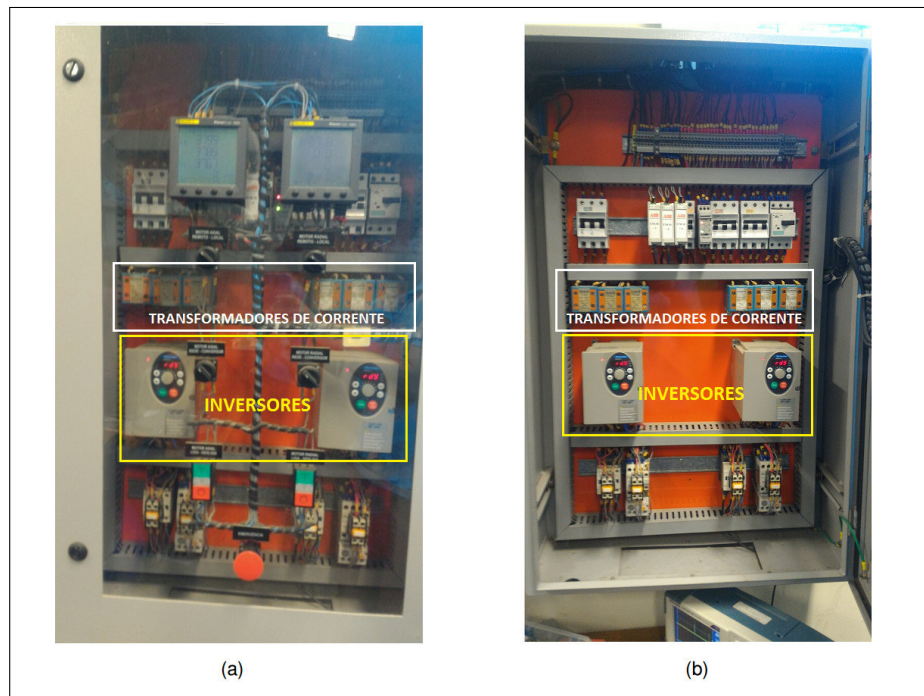
A Figura 5 (a) e (b) apresenta o quadro de automação, onde se encontra o CLP. A Figura 6 (a) e (b) mostra o quadro de comando, do lado esquerdo fica o acionamento do ventilador axial e a direita o do ventilador radial.

Figura 5 – Quadro de automação (a) fechado e (b) aberto.



Fonte: Próprio autor.

Figura 6 – Quadro de comando (a) fechado e (b) aberto.



Fonte: Próprio autor.

### 2.2.2 Ventilador Radial

Na Figura 7, observa-se o esquemático do ventilador radial da bancada de ventilação do LAMOTRIZ. Expõe-se todos os transdutores e as formas de acionamento via rede elétrica ou via inversor.

A Figura 8, mostra o sistema de ventilação radial da bancada. É possível ver o motor que é acoplado diretamente no impelidor.

### 2.2.3 Ventilador Axial

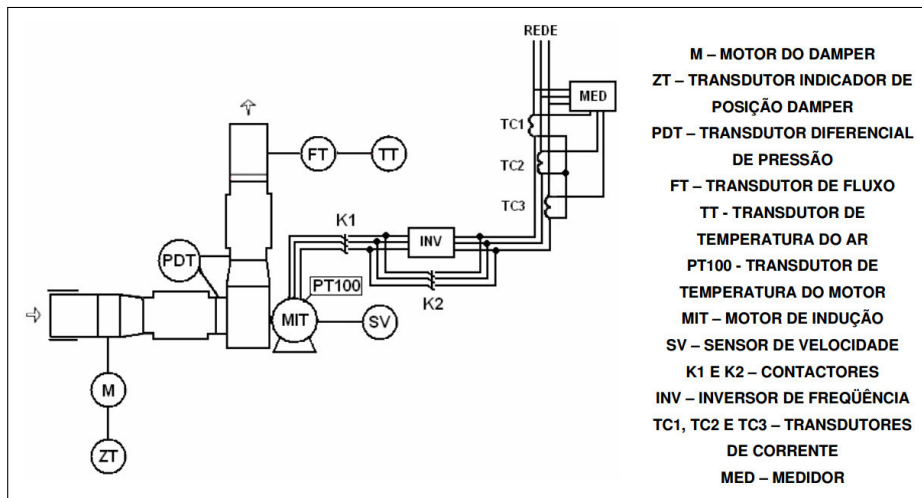
Na Figura 9, têm-se o esquema do ventilador axial, assim como no caso anterior, é possível acioná-lo tanto diretamente na rede como com o inversor e todos os transdutores estão representados. O sistema de ventilação está representado na Figura 10.

### 2.2.4 Motor de Indução Trifásico

Os ventiladores são acionados por um Motor de Indução Trifásico (MIT) cada um. São fornecidos pelo fabricante KOHLBACH, do tipo Standart, mostrado na Figura 11.

As especificações elétricas do motor podem ser encontradas na Tabela 1

Figura 7 – Esquemático do Ventilador Radial.



Fonte: MOREIRA (2006).

Figura 8 – Ventilador Radial.



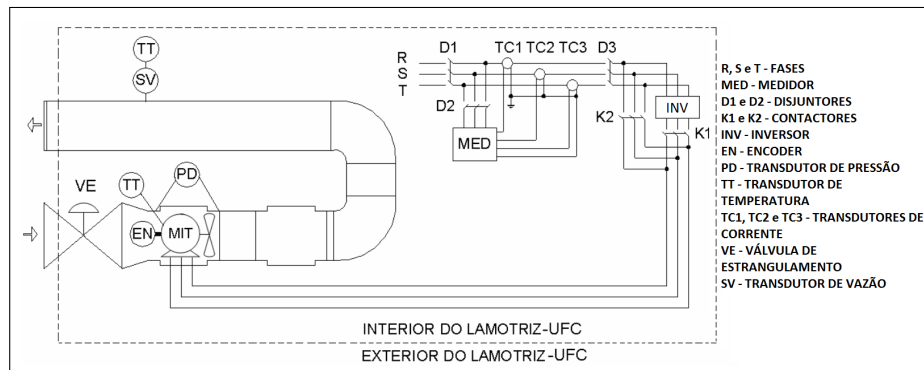
Fonte: Disponível em <http://www.lamotriz.ufc.br/estrutura.html>.

Tabela 1 – Especificações do MIT.

Potência[hp]	Tensão[V]	Corrente[A]	Velocidade[rpm]	FP	$\eta$ [%]
2	220/380/440	5,8/3,3/2,9	1735	0,81	81,5

Fonte: Dados de placa do MIT.

Figura 9 – Esquemático do Ventilador Axial.



Fonte: MOREIRA A. B. (2009) (Adaptado).

Figura 10 – Ventilador Axial.



Fonte: Disponível em <http://www.lamotriz.ufc.br/estrutura.html>.

### 2.2.5 Inversor de Frequência

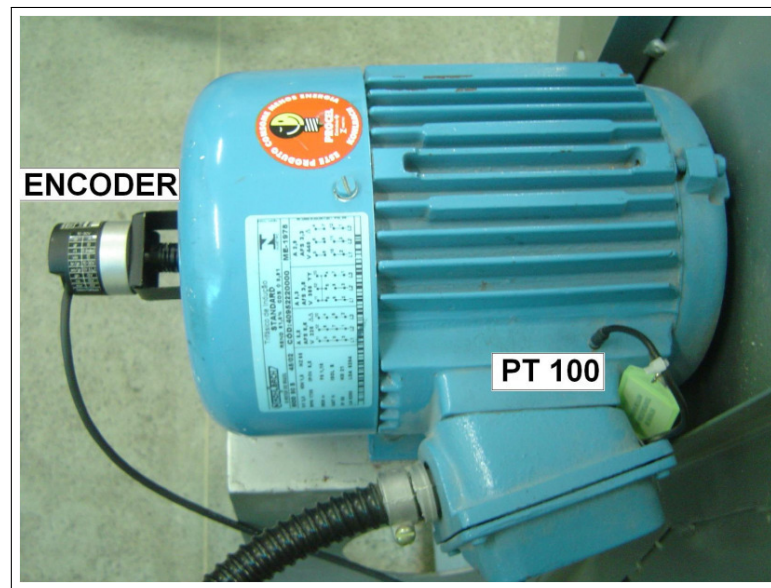
O inversor utilizado nos dois ventiladores é o ALTIVAR 31 fabricado pela TELEMECANIQUE, que hoje faz parte da SCHNEIDER ELECTRIC, demonstrado na Figura 13. Possui 2 hp de potência e aciona o motor com modulação de PWM senoidal.

Esse inversor pode ser utilizado para diversas aplicações, e permite a escolha da parametrização da relação V/f, que determina a relação entre a tensão e a frequência do inversor, as relações que podem ser escolhidas são:

- relação L: Recomendada para aplicações de conjugado constante para motores em paralelo ou motores especiais;



Figura 11 – MIT acoplado no ventilador radial.

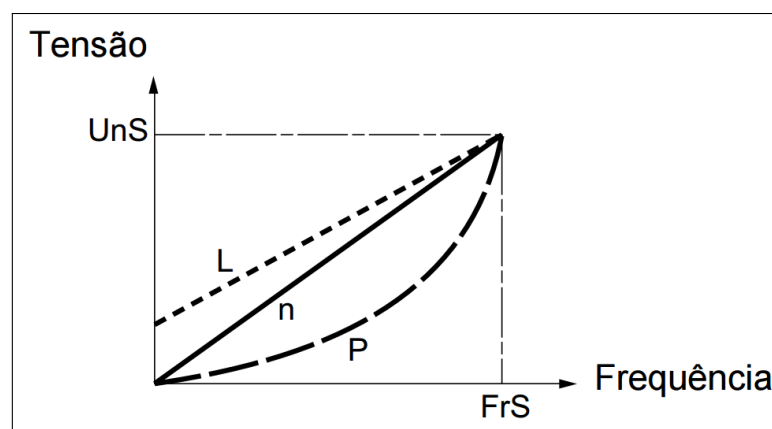


Fonte: MOREIRA (2006).

- relação P: Para operação com conjugado variável em bombas e ventiladores;
- relação n: Com controle vetorial de fluxo sem realimentação para aplicações com conjugado constante; e
- relação nLd: Economia de energia, para aplicações com conjugado variável sem necessidade de dinâmica importante (comportamento próximo da relação P sem carga e da relação n com carga).

A Figura 12 mostra as curvas parametrizadas para as relações L, P e n.

Figura 12 – Curvas parametrizadas V/f.



Fonte: Telemecanique (2009).

Tal inversor é equipado com um pequeno visor, usado para configurar seus parâmetros

de acionamento e de comunicação, bem como mostrar caso haja algum defeito ou a sua frequência de sua saída, caso esteja em operação.

Figura 13 – Inversor de Frequência Altivar 31.



Fonte: Telemecanique (2009).

A Tabela 2 apresenta algumas especificações desse inversor.

Tabela 2 – Especificações do inversor Altivar 31.

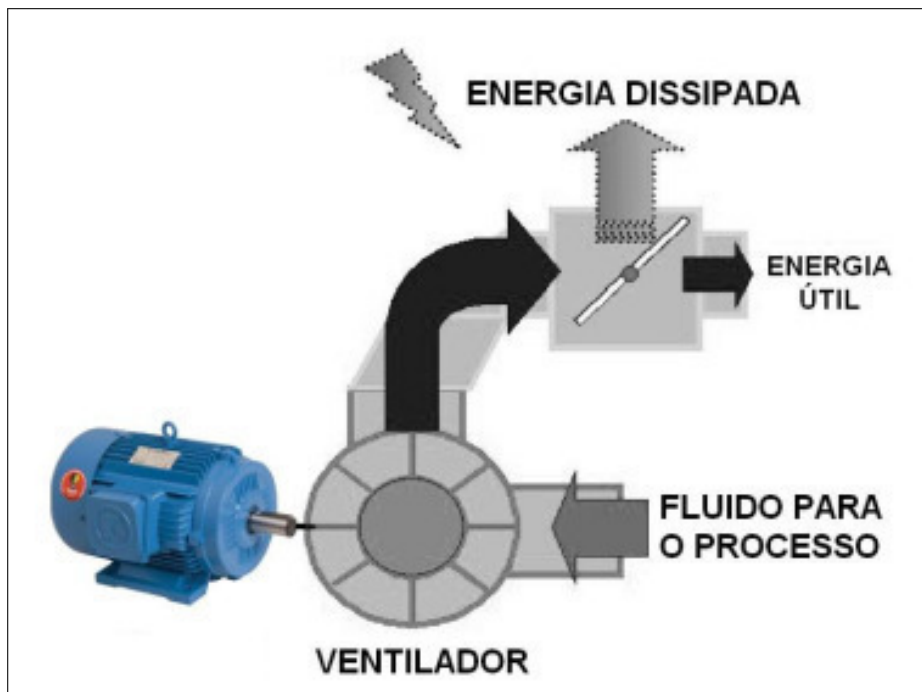
Potência[hp]	2
Tensão de alimentação[V]	380...500
Frequência de alimentação[Hz]	50/60
Tensão Máxima de Saída[V]	mesma que a tensão de alimentação
Frequência de chaveamento[kHz]	2...16
Frequência de saída[Hz]	0...60

Fonte: Telemecanique (2009).

### 2.2.6 Damper

O *Damper* é um dispositivo mecânico utilizado para regular o fluxo de ar em um duto. Consiste em aletas que abrem ou fecham de forma a estrangular o duto, dessa forma, há um aumento de pressão no duto, bem como uma diminuição da vazão. Conforme mostrado na Figura 14, o uso desse tipo de equipamento faz com que boa parte da energia do sistema seja dissipada, diminuindo a eficiência total do sistema. Uma forma de melhorar a eficiência é utilizando-se conversor para regular a velocidade do motor (CHARY *et al.*, 2000).

Figura 14 – Ventilador acionado à velocidade constante com *damper* para controle de vazão.



Fonte: MOREIRA (2006).

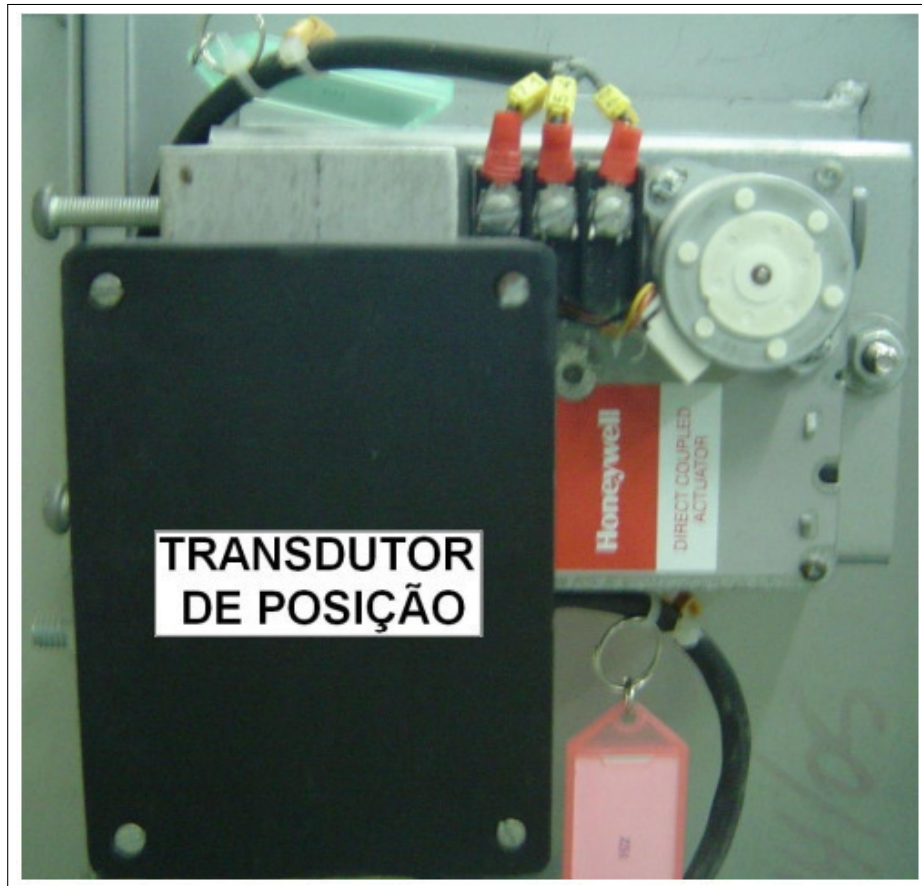
Para o controle de abertura do *damper*, utiliza-se um transdutor de posição fabricado pela Honeywell, demonstrado na Figura 15, algumas de suas especificações são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3 – Especificações do atuador do *damper*.

Tensão de alimentação[V]	17...28
Frequência da alimentação[Hz]	50/60
Potência consumida[VA]	2,1 máx.
Conjugado de partida[N.m]	4
Temperatura de operação[°C]	0...54

Fonte: MOREIRA (2006).

Figura 15 – Transdutor de posição do *damper*.



Fonte: MOREIRA (2006).

### 2.2.7 *Encoder*

Para medição de velocidade de rotação do rotor utiliza-se o encoder. Na Figura 11 é possível observá-lo acoplado ao eixo do motor. O encoder converte o movimento rotativo da máquina em impulsos elétricos de onda quadrada, a quantidade de impulsos é proporcional ao deslocamento do motor, dessa forma, utilizando contadores, é possível determinar a posição do rotor ou medir a velocidade do ventilador, utilizando-o como um tacômetro.

### 2.2.8 *Transdutor de Tensão e de Corrente*

Os transdutores de tensão e corrente utilizados são o ETM 50 do fabricante ABB, o qual se baseia no princípio da retificação para a aquisição dos dados de tensão e corrente. A planta de ventilação radial possui um transdutor de tensão e um de corrente e a planta de ventilação axial possui apenas um de corrente. Os dispositivos são representados na Figura 16 e algumas de suas especificações estão na Tabela 4.

Figura 16 – Transdutor de tensão e corrente ETM 50.



Fonte: ABB (2005).

Tabela 4 – Especificações do transdutor de tensão e corrente ETM 50.

Tensão de alimentação[V]	85...265 AC/90...300 AC
Entrada (tensão)[V]	0...100/110/220/380/500
Entrada (Corrente)[A]	0...1A ou 0...5A
Frequência de entrada[Hz]	50/60 $\pm$ 10%
Saída	0...20mA, 4...20mA, 0...10V
Temperatura de operação[°C]	-25...70

Fonte: ABB (2005).

Nota: O sensor é especificado apenas para frequências 60/50 Hz, assim quando utilizado com o inversor, apresenta medidas errôneas.

### 2.2.9 Transdutor de Pressão

O transdutor utilizado é o modelo LP *Series* fabricado pela ACI demonstrado na Figura 17. Este transdutor se baseia na propriedade piezoresistiva (variação da resistência elétrica com a variação da pressão aplicada no material) do silício micro-usinado, que pode fazer a medida de valores de pressão com elevada precisão (ACI, 2006).

Algumas especificações desse transdutor são encontradas na Tabela 5.

Figura 17 – Transdutor de pressão LP series.



Fonte: Próprio autor.

Tabela 5 – Especificações do transdutor de pressão.

Tensão de alimentação[V]	24...36 CC/24, $\pm 10\%$ 50/60 Hz AC
Saída[mA]	4...20
Precisão[%]	1.1
Temperatura de operação[°C]	-25...85

Fonte: ACI (2006).

### 2.2.10 Transdutor de Vazão

Para medição de vazão é utilizada o transdutor ESF-35 da OJ Electronics, pode ser aplicado para aquisição de velocidade do ar tanto em sistemas de ventilação natural ou forçada, além disso, também faz a medida da temperatura do ar em um intervalo de 0 até 50°C utilizando uma saída de 0 até 10  $V_{cc}$  e para leitura de vazão uma saída de 4 até 20 mA (OJ ELECTRONICS, 2010). A Figura 18 mostra o transdutor.

As suas especificações estão apresentadas na Tabela 6.

Figura 18 – Transdutor de vazão ESF-35.



Fonte: OJ Electronics (2010).

Tabela 6 – Especificações do transdutor de vazão.

Tensão de alimentação[V]	16...30 CC/24, $\pm 15\%$ 50/60 Hz AC
Saída (vazão)[V]	0...10
Saída (temperatura)[mA]	4...20
Temperatura de operação[°C]	-20...50

Fonte: OJ Electronics (2010).

### 2.2.11 Aquisição de temperatura

A aquisição da temperatura é feito por dois equipamentos, um sensor de temperatura PT-100, e um transdutor de temperatura, o MTT 101, ambos fabricados pela MARKARE. O PT-100 é uma termorresistência feita de platina, e seu funcionamento se baseia na variação de resistência de acordo com a variação de temperatura (NOVUS, 2016). O valor de resistência do PT-100 é medido pelo MTT 101 é linearizado e convertido em um sinal de 4 a 20 mA. A Figura 11 demonstra a instalação do PT-100 em contato com as chapas do estator do MIT.

### 2.2.12 Multimetro de grandezas elétricas

O quadro de comando apresenta o multimetro de grandezas elétricas *PowerLogic* PM850 da SCHNEIDER ELECTRIC mostrado na Figura 19, ele é usado para fazer medições

das três fases e o neutro simultaneamente, e pode ser utilizado para adquirir os valores de tensão, corrente, potência ativa e reativa, taxa de distorção harmônica entre outros com precisão de 0,1 %. Além disso, apresenta porta de comunicação RS-485 utilizando protocolo Modbus RTU.(SCHNEIDER ELECTRIC, 2008).

Figura 19 – Multimedidor de grandezas elétricas PowerLogic PM850.



Fonte: MOREIRA (2006).

### 2.2.13 Controlador Lógico Programável

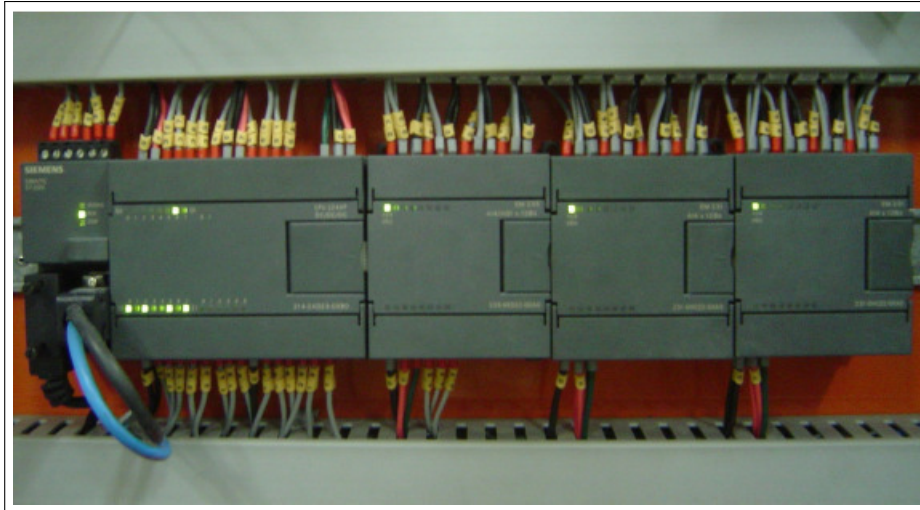
O CLP utilizado é o SIMATIC S7-200 modelo CPU 224XP da SIEMENS, equipado com três módulos de expansão, um EMS-235 e dois EMS-231, para aumentar a quantidade de entradas e saídas analógicas, que podem medir valores tanto de tensão, como de corrente. A Figura 20 mostra o CLP e seus módulos de expansão.

Para a programação é utilizado o *software* STEP7 Micro/WIN e pode ser feita em ladder. A conexão com o computador é feita com um cabo RS-232/PPI fornecido pelo fabricante.



O módulo principal possui 14 entradas e 10 saídas digitais, 10 contadores de alta velocidade. A comunicação é feita por uma porta RS-485 utilizando o protocolo Modbus RTU ou o protocolo proprietário PROFIBUS. Suporta uma taxa de transferência de dados de até 187,5 kbps (SIEMENS, 2007).

Figura 20 – CLP SIMATIC S7-200.



Fonte: Próprio Autor.

### 2.3 Conclusões

Nesse capítulo foram apresentados os processos industriais e a bancada de ventilação utilizados nesse trabalho com o objetivo de se familiarizar com todos os equipamentos utilizados. O desenvolvimento do software SCADA será descrito no próximo capítulo.

### 3 DESENVOLVIMENTO DO *SOFTWARE* SCADA

Esse capítulo tem como o objetivo mostrar o desenvolvimento do supervisor, os requisitos necessários para a programação do CLP, a configuração da comunicação com o SCADA, a designação dos tags, e o desenvolvimento dos tags e interface gráfica.

#### 3.1 ScadaBR

O ScadaBR é um *software* SCADA desenvolvido em modelo *open-source*, assim toda a documentação e código-fonte é disponibilizado e é possível modificá-lo e redistribuí-lo gratuitamente.

É baseado em Java e portanto é multiplataforma, pode ser instalado em um computador com plataforma Windows ou Linux, e a partir de um servidor de aplicações, como o Apache Tomcat (instalado por padrão), é possível executá-lo inclusive em *smartphones* a partir de um navegador web (MCA, 2010).

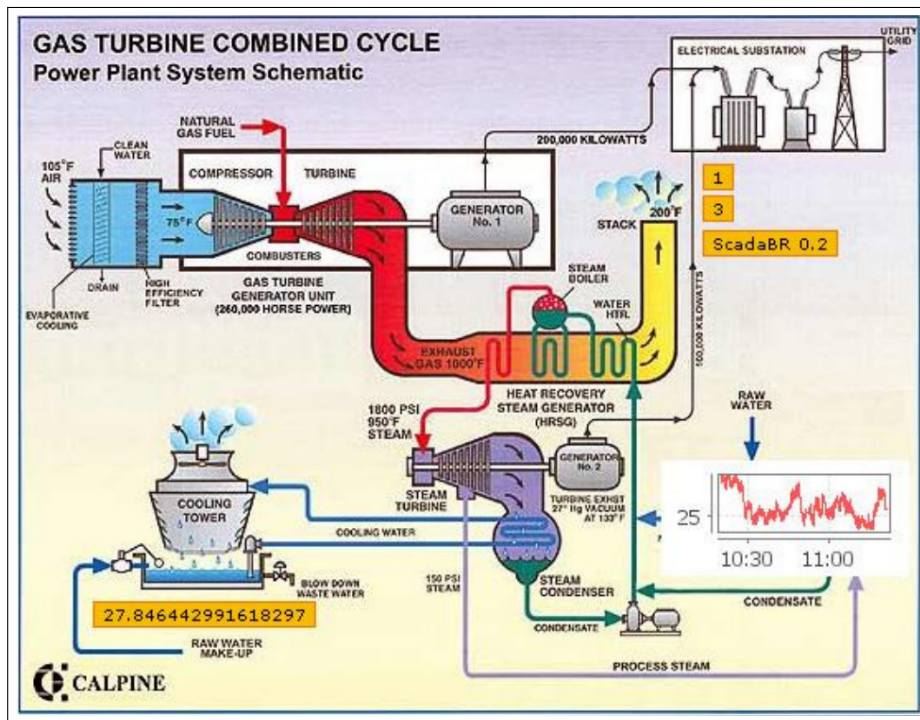
Para a aquisição de dados é necessário configurar um protocolo de comunicação, o ScadaBR têm os principais protocolos utilizados, como o Modbus, implementados, basta configurá-los. Além disso é possível adicionar um protocolo caso seja necessário para a aplicação.

As interfaces gráficas podem ser criadas a partir da aplicação web do ScadaBR, utilizando programação em JavaScript, HTML, CSS e Flash, assim é possível criar aplicações bem complexas de forma a atender as especificações do usuário.

Ademais, é possível criar aplicativos personalizados em linguagens de programação mais modernas, como o Python e o Visual Basic, utilizando a *Application Programming Interface*/Interface de Programação de Aplicativos (API) do ScadaBR.

A Figura 21 mostra um exemplo de uma aplicação simples criada com esse *software*.

Figura 21 – Exemplo de aplicação desenvolvida com o ScadaBR.

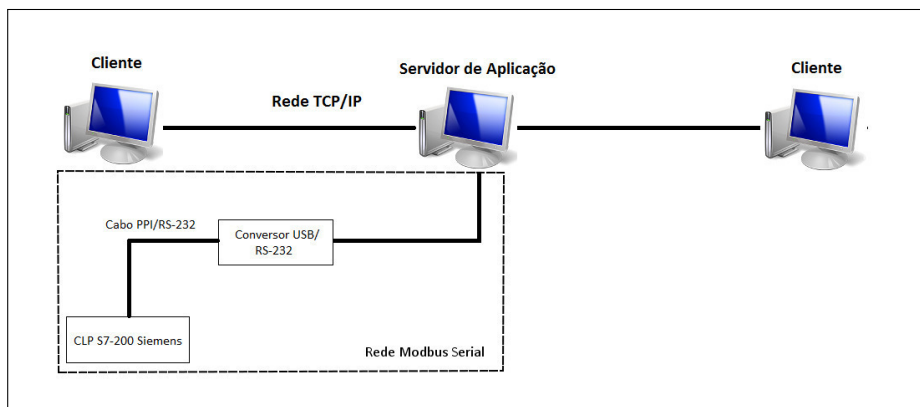


Fonte: MCA (2010)

### 3.2 Topologia da Rede

A comunicação em rede é feita resumidamente com a utilização de dois protocolos, o TCP/IP, que faz a interface entre o servidor de aplicação e os clientes na rede interna, e o Modbus Serial, utilizado para a comunicação entre o CLP e o servidor. Além disso, é utilizado um cabo PPI/RS-232, que converte os dados do padrão RS-485 para RS-232 e um conversor RS-232/USB pois o computador utilizado não possui porta serial, como esquematizado na Figura 22.

Figura 22 – Topologia da Rede.

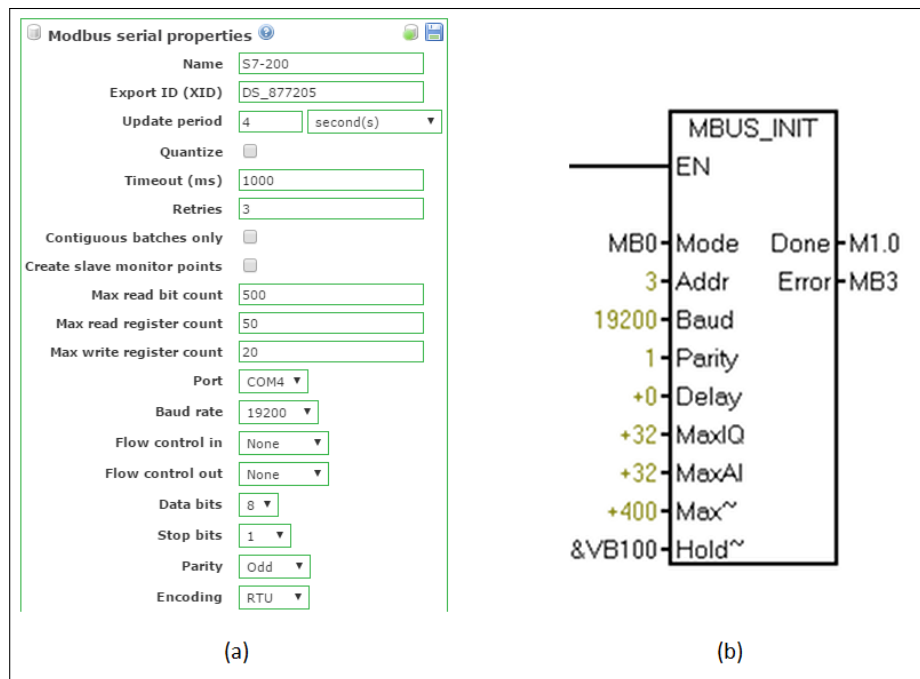


Fonte: Próprio autor.

A instalação do ScadaBR vêm por padrão com o Apache Tomcat configurado, de forma que não é necessário fazer mudanças nas configurações de rede TCP/IP.

Para a configuração do Modbus Serial é necessário inicialmente definir um *data source*, que aponta para o ScadaBR onde ele deve procurar os dados, no caso a configuração foi feita de acordo com a Figura 23 (a) e (b).

Figura 23 – Configuração do Modbus Serial para (a) o ScadaBR e (b) o CLP.



Fonte: Próprio autor.

A partir daí é possível testar se o ScadaBR encontra o endereço do CLP na rede Modbus, no caso, o endereço utilizado é o 3. Dessa forma já é possível executar as leituras dos dados do CLP e fazer a atribuição dos *tags* ou *data points*.

### 3.3 Atribuição dos *data points*

Para iniciar a atribuição dos *data points* no ScadaBR é bem simples, bastando designar um nome, indicar o endereço do escravo (CLP), a faixa do registro, o tipo de dados e os registradores e bits onde estão os dados.

Os valores de entrada e saídas digitais são acessados no ScadaBR pela faixa de registro status de entrada e status do *coil* respectivamente. As entradas e saídas analógicas devem ser encontradas nos registradores *holding*.

No CLP, as alterações nos registradores *holding* devem ser feitas em pontos específi-

cos da memória, nesse caso, foram utilizados os bytes 100 até o 500 da memória V para serem acessados, assim, é necessário copiar os valores para essa área da memória V para que sejam acessados pela rede Modbus. No ScadaBR os valores dos registradores *holding* são mapeados em 16 bits, começando a partir do valor 0. dessa forma é necessário tomar o devido cuidado quando for preencher os campos, sempre fazendo a correspondência entre os registradores.

As Tabelas 7 e 8 do apêndice A apresentam as conexões de todos os instrumentos com o CLP, a partir destas é possível programar o CLP com o objetivo de apresentar os valores corretamente ao ScadaBR.

As configurações dos *data points* são apresentados na Tabela 9 do apêndice B.

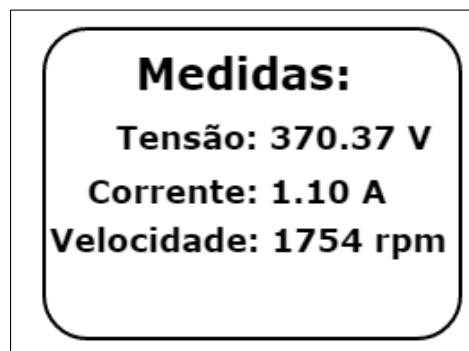
### 3.4 Interfaceamento com os Instrumentos de Medição e Controle

Para que o supervisor apresente os dados corretamente, é necessário que os dados sejam adquiridos e convertidos. Para tanto, o CLP precisa tratar esses dados antes de comunicá-los ao ScadaBR. A seguir é apresentado com mais detalhes, como foi feita a interface com os instrumentos.

#### 3.4.1 Transdutores

Cada transdutor é conectado em uma entrada analógica do CLP, a saída dos transdutores são linearizadas, portanto o valor analógico pode ser facilmente convertido. A conversão é feita diretamente no CLP, e é enviada em um registrador *holding* para o supervisor. Assim é possível apresentar as medidas conforme mostrado na Figura 24.

Figura 24 – Medidas das grandezas do ventilador.



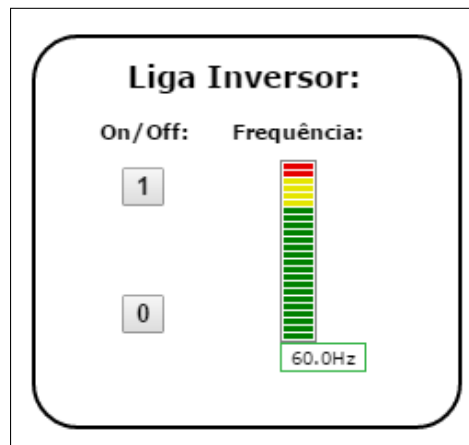
Fonte: Próprio autor.

### 3.4.2 Inversores

A entrada analógica do inversor é ligada à saída analógica do CLP, dessa forma a frequência do inversor pode ser controlada com valores de 0 a 10 V. É necessário apenas fazer uma correspondência dos valores de frequência com os valores de escrita na saída analógica.

Como forma de proteção, é importante ter em mente que os contatores que ligam o motor pela rede e pelo inversor não devem ser acionados simultaneamente. Ademais, a frequência do inversor sempre deve ser igual a zero caso seu contator esteja desenergizada. A Figura 25 mostra como é feito o controle do inversor no supervisório.

Figura 25 – Controle do inversor na interface gráfica.



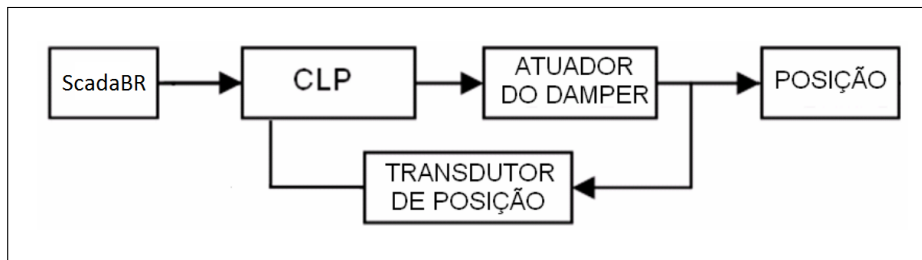
Fonte: Próprio autor.

### 3.4.3 Damper

O controle do *damper* é mais complexo, ele possui dois relés, uma de abertura e outra de fechamento, que controla o atuador elétrico. Além disso, há um transdutor de posição, assim é necessário utilizar duas saídas digitais e uma entrada analógica. Dessa forma, é feito um sistema em malha fechada, onde o supervisório envia o valor de abertura para o CLP e este aciona o atuador até que a leitura do transdutor indique que o *damper* se posicionou corretamente, como mostrado na Figura 26.

A Figura 27 mostra a interface gráfica do controle do *damper*.

Figura 26 – Esquema de controle do *damper* em malha fechada.



Fonte: MOREIRA (2006) (adaptado).

Figura 27 – Controle do *damper* na interface gráfica.



Fonte: Próprio autor.

#### 3.4.4 Encoder

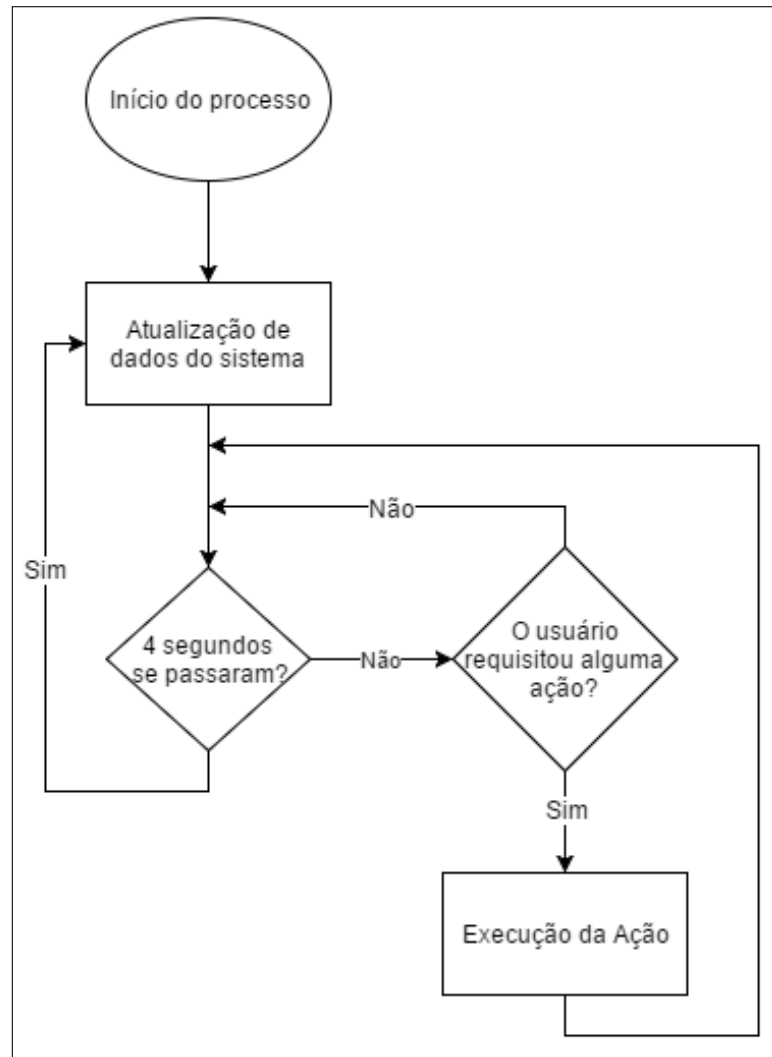
O encoder é conectado à uma entrada que esteja disponível um contador rápido, pois seus pulsos ocorrem na ordem de 7000 vezes por segundo, assim a partir da contagem da quantidade de pulsos, da quantidade de pulsos por rotação e do tempo da medida é possível obter o valor da velocidade rotativa do motor.

### 3.5 Fluxograma do supervisor

O supervisor funciona adquirindo as informações do sistema constantemente em um intervalo de quatro segundos, tempo considerado satisfatório para o projeto, o tempo pode ser reduzido com o aumento da velocidade de comunicação. As mudanças são processadas e demonstradas ao usuário. Caso o usuário necessite interferir no processo, parando uma máquina

ou mudando a frequência da mesma, o ScadaBR enviará a informação ao CLP, que processará a requisição sem esperar os 4 segundos para a aquisição de dados. A Figura 28 apresenta o fluxograma do processo descrito.

Figura 28 – Fluxograma do processo do supervisor.



Fonte: Próprio autor.

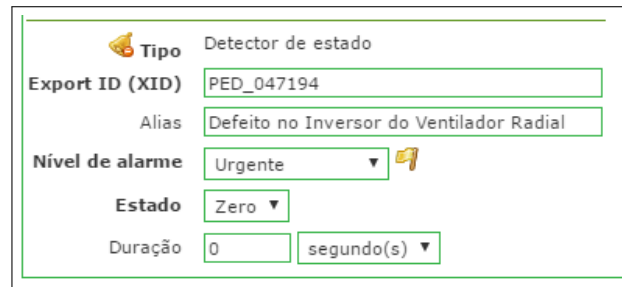
### 3.6 Alarmes

Os alarmes são implementados para chamar a atenção do usuário para algum evento que ocorra, existem alarmes que já são configurados por padrão no ScadaBR, a exemplo de problemas com os *data sources* e a autenticação do administrador no sistema. Também é possível criar os alarmes, bastando configurar o *data point* para o acionamento de um alarme caso haja um evento.




Caso haja um defeito no inversor, as entradas I0.2 e I0.7 vão a zero para o ventilador axial e radial, respectivamente. Dessa forma, são configurados alarmes para detectar esses estados. A Figura 29 mostra a configuração de um alarme.

Figura 29 – Configuração de um alarme no ScadaBR.



The image shows a configuration window for an alarm in ScadaBR. The window has a title bar and contains the following fields:

<b>Tipo</b>	Detector de estado
<b>Export ID (XID)</b>	PED_047194
<b>Alias</b>	Defeito no Inversor do Ventilador Radial
<b>Nível de alarme</b>	Urgente 
<b>Estado</b>	Zero
<b>Duração</b>	0 segundo(s)

Fonte: Próprio autor.

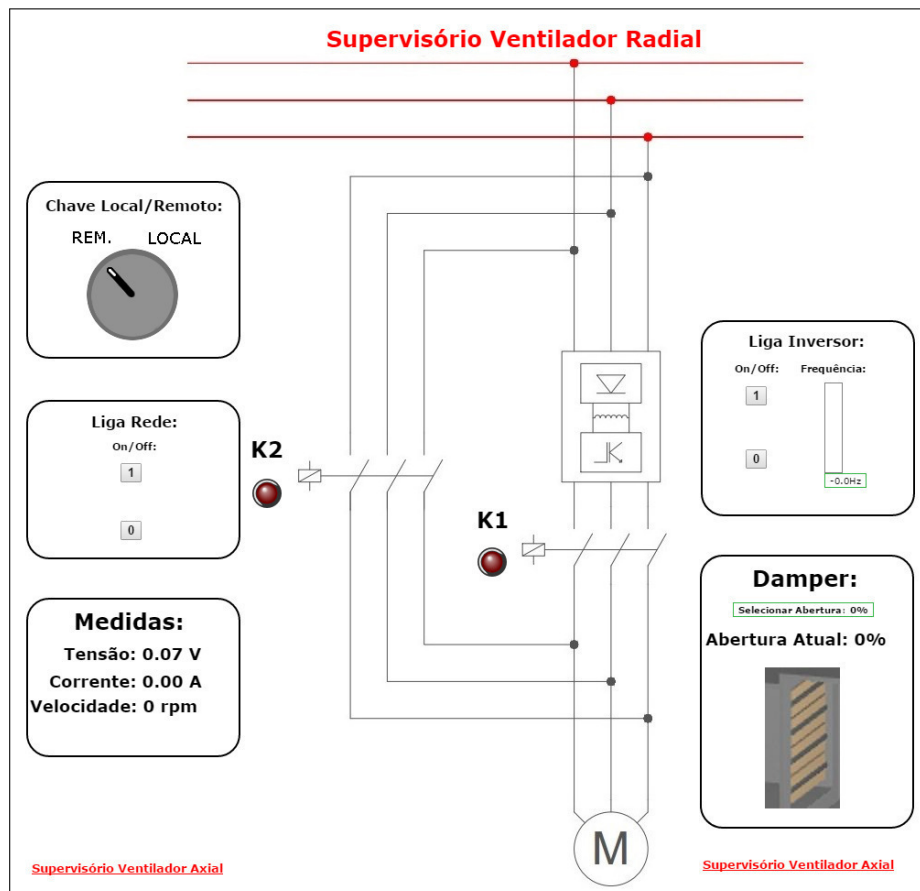
### 3.7 Considerações Finais

Nesse capítulo foi apresentado o processo de desenvolvimento do supervisório, com o objetivo de mostrar as funcionalidades do ScadaBR e como ele pode ser utilizado em conjunto de um CLP para a integração de um sistema industrial. No próximo capítulo serão apresentados discutidos os resultados obtidos.

## 4 RESULTADOS

Foram criadas três *views*, uma para a supervisão e comando do ventilador radial, outra para a supervisão e comando o ventilador axial, e a última para disponibilização de gráficos dinâmicos de velocidade e corrente dos dois ventiladores. as Figuras 30, 31 e 32, mostram as *views* implementadas.

Figura 30 – Interface gráfica de controle do ventilador radial.

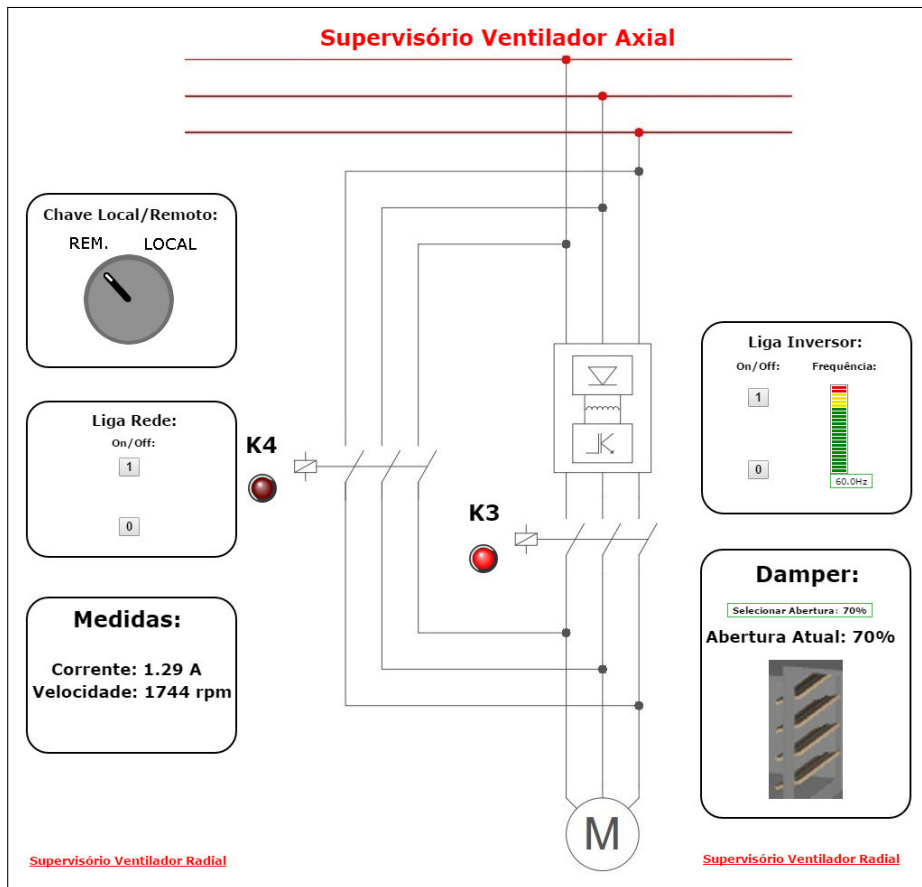


Fonte: Próprio autor.

A partir das *views* é possível ter todo o controle e monitoramento de cada um dos ventiladores. É possível ligar o motor pela rede ou pelo inversor, escolher sua frequência, caso ligado via inversor, e selecionar a abertura do damper conforme mostrado nas Figuras 30 e 31.

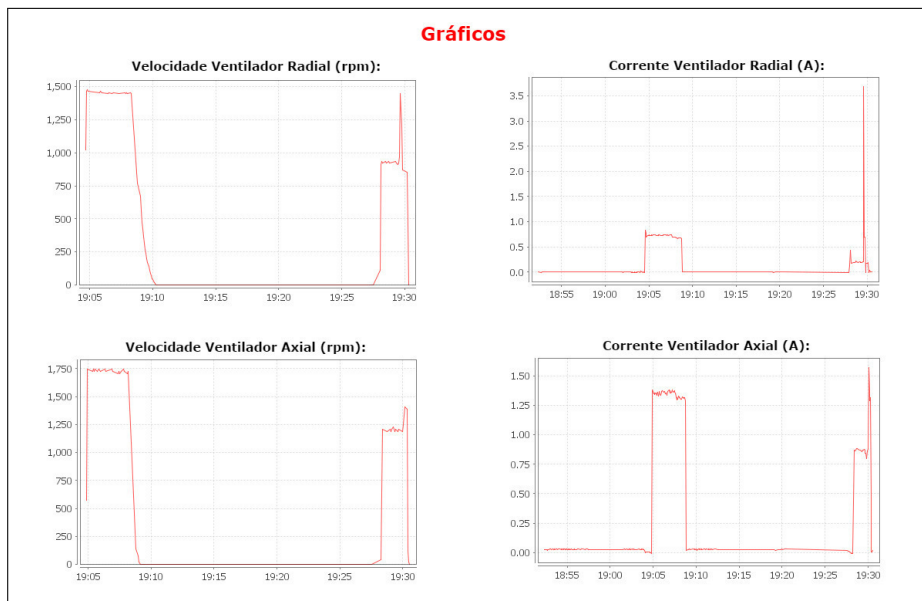
Na Figura 32 é demonstrada a opção de plotagem de gráficos dinâmicos, onde os dois ventiladores foram operados à velocidade variável e foram observadas suas medidas de velocidade e corrente. A aquisição de dados é dinâmica, e é mostrada no gráfico por um período de uma hora, dessa forma o operador pode fazer uma análise dos gráficos e detectar possíveis falhas.

Figura 31 – Interface gráfica de controle do ventilador axial.



Fonte: Próprio autor.

Figura 32 – Aquisição de gráficos dinâmicos.



Fonte: Próprio autor.

Quanto aos alarmes, os inversores foram forçados a ativar sua proteção abrindo o contator a jusante durante sua operação, de forma a testar se a configuração estava feita corretamente. Foi evidenciado que o alarme foi ativado, mostrando ao usuário que os inversores estavam com defeito conforme a Figura 33 (a). Após sanado o defeito, o *software* mostrou que o problema foi solucionado, como demonstrado na 33 (b).

Figura 33 – Teste dos alarmes dos inversores após detectado o defeito (a) e após sanado (b).

Alarmes pendentes						Reconhecer todos ✓	Silenciar todos 📢
Id	Nível de alarme	Tempo	Mensagens	Tempo de inatividade			
1896	🔊	19:09:00	Defeito no Inversor do Exaustor Axial	Ativo 🔊	✓	📢	🗑️
1897	🔊	19:09:00	Defeito no Inversor do Ventilador Radial	Ativo 🔊	✓	📢	🗑️

(a)

Alarmes pendentes						Reconhecer todos ✓	Silenciar todos 📢
Id	Nível de alarme	Tempo	Mensagens	Tempo de inatividade			
1896	🔇	19:09:00	Defeito no Inversor do Exaustor Axial	19:10:24 - Retornou ao normal	✓	📢	🗑️
1897	🔇	19:09:00	Defeito no Inversor do Ventilador Radial	19:10:24 - Retornou ao normal	✓	📢	🗑️

(b)

Fonte: Próprio autor.

Houveram problemas quanto a aquisição de dados de vazão, pressão e temperatura devido a defeitos apresentados em alguns transdutores, assim, os dados dos transdutores que apresentaram problemas foram enviados para interface do supervisão, mas não utilizados. Dessa forma, caso sejam substituídos é possível integrá-los ao sistema com apenas ajustando a conversão de seus valores no CLP.

Como os transdutores de tensão e corrente não são feitos para tensões não-senoidais e com frequências diferentes de 60 Hz, quando ligado via inversor, os mesmos apresentam leituras errôneas, de forma que só é possível utilizá-los quando ligado diretamente à rede.

Mesmo com esses problemas, os resultados obtidos foram bastante satisfatórios. O supervisão cumpre os seus objetivos e pode ser utilizado para aquisição dados e comando das plantas.

## 5 CONCLUSÕES

A motivação desse trabalho foi o desenvolvimento de um supervisório para a bancada de ventilação industrial do LAMOTRIZ-UFC, utilizando o ScadaBR e o CLP S7-200 para construir toda a interface.

O ScadaBR apresenta uma interface de criação de supervisórios bastante eficaz, com a facilidade de já vir implementado com os protocolos de comunicação mais usuais. Por ser uma solução de código aberto, apresenta a vantagem de ter o código-fonte disponibilizado, de forma que é possível modificá-lo a vontade, diferentemente de outros *softwares* SCADA.

Mesmo assim, protocolos proprietários não estão implementados por padrão, às vezes dificultando a integração desse *software* em algumas aplicações.

Mesmo com os problemas apresentados por alguns transdutores, foi possível obter informações da planta e apresentá-las de maneira simples ao usuário, conforme evidenciado pelas Figuras 30, 31, 32.

Conclui-se que os objetivos desse projeto foram cumpridos, e que é possível utilizá-lo como base para a criação de supervisórios para outras bancadas, automatizando suas tarefas.

### 5.1 Propostas de trabalhos futuros

Como tópicos para estudos futuros pode-se sugerir:

- Utilização do ScadaBR para criação de supervisórios de outras bancadas do LAMOTRIZ-UFC;
- Usar a API do ScadaBR para criação de supervisórios em linguagens de mais auto nível;
- Implementar técnicas de controle às plantas industriais e integrá-los ao ScadaBR.

## REFERÊNCIAS

- ABB. **Transdutor ETM 50 - Ficha Técnica**. [S.l.], 2005. Disponível em: <<https://goo.gl/pxuA3J>>. Acesso em: 24 nov. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10131: Bombas hidráulicas de fluxo**. Rio de Janeiro, 2015. 18 p.
- AUTOMATION COMPONENTS INC. **Product Data - Low Diferencial Pressure Transmitters - ACI/LP Series**. [S.l.], 2006. Disponível em: <<https://goo.gl/nEGWoR>>. Acesso em: 23 nov. 2016.
- CHARY, M. V.; SREENIVASULU, N.; RAO, K. N.; SAIBABU, D. Energy saving through vfd's for fan drives in tobacco threshing plants. **Proceedings of IEEE International Conference on Industrial Technology 2000**, IEEE, v. 1, n. 2, p. 606–608, 2000.
- MCA SISTEMAS. **Manual do Software ScadaBR**. [S.l.], 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/ALDe5e>>. Acesso em: 23 nov. 2016.
- MOREIRA, A. B. **Análise da Operação de Sistemas de Ventilação Industrial Visando a Eficiência Energética**. Dissertação (Doutorado) — Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2006.
- MOREIRA A. B., e. a. Eficiência energética em sistemas de ventilação axial. 2009. Disponível em: <<https://goo.gl/LnkqiQ>>. Acesso em: 16 out. 2016.
- NOVUS PRODUTOS ELETRÔNICOS LTDA. **TERMORRESISTÊNCIAS Pt100**. [S.l.], 2016. Disponível em: <<https://goo.gl/bml3UU>>. Acesso em: 29 nov. 2016.
- OJ ELECTRONICS A/S. **Transducer ESF-35**. [S.l.], 2010. Disponível em: <<https://goo.gl/fgaehv>>. Acesso em: 23 nov. 2016.
- ROSARIO, J. M. **Automação industrial**. [S.l.]: Editora Baraúna, 2009.
- SCHNEIDER ELECTRIC. **PM800 - Schneider Electric Brasil**. [S.l.], 2008. Disponível em: <<https://goo.gl/5schPT>>.
- SIEMENS LTDA. **S7-200 Programable Controller System Manual**. [S.l.], 2007. Disponível em: <<https://goo.gl/GANulc>>. Acesso em: 23 nov. 2016.
- SILVA, A. P. G.; SALVADOR, M. O que são sistemas supervisórios? 2004. Disponível em: <<https://goo.gl/vUNPsp>>. Acesso em: 8 out. 2016.
- TELEMECANIQUE. **Manual de Operação e Programação Altivar 31**. [S.l.], 2009. Disponível em: <<https://goo.gl/A6aiEJ>>. Acesso em: 28 out. 2016.

## APÊNDICE A – DADOS DAS CONEXÕES DOS INSTRUMENTOS COM O CLP

Tabela 7 – Conexão dos instrumentos com as entradas e saídas digitais do CLP.

Instrumento	Entrada/Saída Digital
Chave man/auto ventilador axial	I0.0
Status inversor ventilador axial	I0.1
Defeito inversor ventilador axial	I0.2
Encoder ventilador axial	I0.3 e I0.4
Chave man/auto ventilador radial	I0.5
Status inversor ventilador radial	I0.6
Defeito inversor ventilador radial	I0.7
Ventilador radial ligado no inversor	I1.0
Ventilador radial ligado na rede	I1.1
Encoder ventilador radial	I1.2 e I1.3
Ventilador axial ligado no inversor	I1.4
Ventilador axial ligado na rede	I1.5
Contator inversor do ventilador radial	Q0.0
Contator rede do ventilador radial	Q0.1
Contator inversor do ventilador axial	Q0.2
Contator rede do ventilador axial	Q0.3
Relé de fechamento do damper do ventilador radial	Q0.4
Relé de abertura do damper do ventilador radial	Q0.5
Relé de fechamento do damper do ventilador axial	Q0.6
Relé de abertura do damper do ventilador axial	Q0.7

Fonte: Próprio autor.

Tabela 8 – Conexão dos instrumentos com as entradas e saídas analógicas do CLP.

Instrumento	Entrada/Saída Analógica
Transdutor de temperatura externa	AIW0
Transdutor de vazão do vent. radial	AIW2
Transdutor de temperatura do vent. radial	AIW4
Transdutor de pressão do vent. radial (entrada)	AIW6
Transdutor de pressão do vent. radial (saída)	AIW8
Transdutor de pressão do vent. axial (entrada)	AIW10
Transdutor de pressão do vent. axial (saída)	AIW12
Transdutor de temperatura do vent. axial	AIW14
Transdutor de vazão do vent. axial	AIW16
Transdutor de tensão do vent. radial	AIW18
Transdutor de corrente do vent. axial	AIW20
Transdutor de corrente do vent. radial	AIW22
Transdutor de posição do damper do vent. radial	AIW24
Transdutor de posição do damper do vent. axial	AIW26
Frequência do inversor do vent. axial	AQW0
Frequência do inversor do vent. radial	AQW4

Fonte: Próprio autor.

## APÊNDICE B – DADOS DAS CONFIGURAÇÕES DOS *DATA POINTS*

Tabela 9 – Configurações dos *data points*.

Nome	Tipo de dado	Faixa do registro	Endereço no ScadaBR	Registrador no CLP
axialAbrirDamper	Binário	Status do coil	7	Q0.7
axialChaveSel	Binário	Status de entrada	0	I0.0
axialDamperValor	Numérico	Registrador holding	182	VD464
axialDefeitoInv	Binário	Status de entrada	2	I0.2
axialFecharDamper	Binário	Status do coil	6	Q0.6
axialInvFreq	Numérico	Registrador holding	100	VW300
axialLigadoInv	Binário	Status de entrada	12	I1.4
axialLigadoRede	Binário	Status de entrada	13	I1.5
axialLigaInv	Binário	Registrador holding	1/1	V103.1
axialLigaRede	Binário	Registrador holding	1/0	V103.0
axialSelDamper	Numérico	Registrador holding	107	VD314
axialStatusInv	Binário	Status de entrada	1	I0.1
axialTransCorrente	Numérico	Registrador holding	170	VD440
axialTransPressao1	Numérico	Registrador holding	160	VD420
axialTransPressao2	Numérico	Registrador holding	162	VD424
axialTransTemp	Numérico	Registrador holding	164	VD428
axialTransVazao	Numérico	Registrador holding	166	VD432
axialVelocidade	Numérico	Registrador holding	57	VD214
radialAbrirDamper	Binário	Status do coil	5	Q0.5
radialChaveSel	Binário	Status de entrada	5	I0.5
radialDamperValor	Numérico	Registrador holding	180	VD460
radialDefeitoInv	Binário	Status de entrada	7	I0.7
radialFecharDamper	Binário	Status do coil	4	Q0.4
radialInvFreq	Numérico	Registrador holding	101	VW302
radialLigadoInv	Binário	Status de entrada	8	I1.0
radialLigadoRede	Binário	Status de entrada	9	I1.1
radialLigaInv	Binário	Registrador holding	2/9	V104.1
radialLigaRede	Binário	Registrador holding	2/8	V104.0
radialSelDamper	Numérico	Registrador holding	105	VD310
radialStatusInv	Binário	Status de entrada	6	I0.6
radialTransCorrente	Numérico	Registrador holding	172	VD444
radialTransPressao1	Numérico	Registrador holding	156	VD412
radialTransPressao2	Numérico	Registrador holding	158	VD416
radialTransTemp	Numérico	Registrador holding	154	VD408
radialTransVazao	Numérico	Registrador holding	152	VD404
radialVelocidade	Numérico	Registrador holding	63	VD226
TransTempExterna	Numérico	Registrador holding	150	VD400
TransTensao	Numérico	Registrador holding	168	VD436

Fonte: Próprio autor.