

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
ESCOLA POLITÉCNICA

GUILHERME ULLMANN GREMMELMAIER  
JULIANA ELIAS MESQUITA  
MARCOS DALLEMOLE SARTOR  
MARIANA DI LUCA

**Sistema de Automação Residencial utilizando Redes de Controle LONWORKS**

São Paulo  
2006

GUILHERME ULLMANN GREMMELMAIER  
JULIANA ELIAS MESQUITA  
MARCOS DALLEMOLE SARTOR  
MARIANA DI LUCA

**Sistema de Automação Residencial utilizando Redes de Controle LONWORKS**

Projeto de Formatura apresentado à disciplina PCS  
2502 – Laboratório de Projeto de Formatura II, da  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Área de concentração: Engenharia Elétrica -  
Ênfase Computação.  
Orientador: Prof. Dr Carlos Eduardo Cugnasca

São Paulo  
2006

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Guilherme Ullmann Gremmelmaier

Juliana Elias Mesquita

Marcos Dallemole Sartor

Mariana Di Luca

Sistema de Automação Residencial utilizando Redes de Controle LONWORKS

Projeto de Formatura apresentado à disciplina PCS  
2502 – Laboratório de Projeto de Formatura II, da  
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.  
Área de concentração: Engenharia Elétrica -  
Ênfase Computação.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Prof. Dr. \_\_\_\_\_

Instituição: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

*"Há homens que lutam um dia e são bons.  
Há outros que lutam um ano e são melhores.  
Há os que lutam muitos anos e são muito bons.  
Porém, há os que lutam toda a vida.  
Esses são os imprescindíveis."*

Bertolt Brecht.

## **AGRADECIMENTOS**

### Agradecimentos de Guilherme

Eu gostaria de agradecer inicialmente aos meus colegas de grupo, Mariana, Marcos e Juliana, por compartilharem comigo todas as experiências que tive neste projeto e em outras atividades na faculdade. Hoje vejo que tive a sorte de encontrar estas pessoas tão sinceras e verdadeiras, que me proporcionaram inúmeros momentos de alegria e de aprendizado.

Agradeço aos meus pais e a minha irmã, que estiveram sempre presentes nos meus momentos de alegria e de tristezas, sempre me apoioando e me motivando. Estas pessoas são meus melhores amigos nesta vida, que sempre levarei em meu coração.

Agradeço a todas as pessoas que interagiram comigo neste período importante de superação da minha vida. Acredito todos os momentos de minha vida contribuíram para que eu me tornasse uma pessoa melhor e mais feliz.

Gostaria por fim de agradecer especialmente a todos os amigos que meus olhos não podem ver, mas que sei que estão ao meu lado.

### Agradecimentos de Juliana

Agradeço aos meus companheiros de projeto, Mari, Marcos e Guilherme, amigos com quem dividi momentos de pressão e trabalho, além de muitos de alegria, que souberam entender meus momentos de stress e problemas. Saibam que considero vocês grandes amigos e pretendo levá-los por minha vida inteira e espero que o tempo não nos separe.

Agradeço à minha família por me suportar em momentos de crise, de entender minha falta de tempo e me ajudar a transpor todos os desafios, sempre presentes e dando todo o apoio possível e conselhos muito valiosos.

Agradeço também meus amigos, por entenderem minha ausência em alguns eventos, prometo que isso não acontecerá de agora em diante.

E por fim, um agradecimento especial para a Nati e a Sá, super amigas que sempre estiveram dispostas a escutar meus problemas, me dar conselhos e conforto emocional e quando necessário sempre prontas para me distrair e me divertir.

### Agradecimentos de Marcos

Agradeço a minha família, por dar todo o suporte necessário nas horas críticas e por serem compreensivos não só pelo pouco tempo em que estive em casa nos últimos meses, mas também pelo mau humor freqüente e pela distância que mantive mesmo quando estava presente.

Agradeço ao Guilherme, à Ju e à Mari, amigos com quem tive o prazer de trabalhar junto neste período final da faculdade e que foram responsáveis por alguns dos melhores momentos pelos quais passei recentemente, mesmo quando o pano de fundo era algum dos muitos trabalhos sob pressão que enfrentamos juntos.

Agradeço à Pata e ao Kim por terem sido sinceros em momentos em que era fácil mentir para agradar ao amigo, mas ao invés disso me ajudaram a enfrentar dilemas e assim provaram que são pessoas para a vida toda.

E, por fim, agradeço à Vet e ao Rei, que foram fundamentais para nos ajudar a lidar com as responsabilidades trazidas por este projeto.

### Agradecimentos de Mariana

A meus companheiros de projeto, Ju, Marcos e Guilherme, por todo o esforço e dedicação, pela paciência em meus momentos de crise, e por transformar as intermináveis manhãs, tardes e noites de trabalho em momentos divertidos e engraçados. Tenho em vocês amigos que levarei pelo resto da vida.

A meu pai, que, do alto dos seus 25 anos de engenheiro, meu deu idéias, conselhos e ajudas valiosíssimas na confecção do projeto. Foi pai, amigo e professor, e esteve mais presente em minha vida do que nunca.

À minha mãe, por entender os inúmeros dias de nervosismo, os horários malucos e por estar sempre com um sorriso no rosto e um prato de comida quentinho e gostoso quando eu chego em casa.

A meus irmãos, que, apesar de todas as brigas, entenderam as dificuldades da minha vida ao longo do ano e me deram o máximo de sossego que conseguiram.

A meus amigos, a quem não pude dar a devida atenção durante o ano, negligenciando aniversários, viagens e encontros. Prometo que no ano que vem será diferente.

Por fim, um agradecimento especial a meu namorado, por todo o amor, carinho, colo, apoio e compreensão com as mudanças de humor, a falta de tempo e os finais de semana perdidos

fazendo trabalho. Se me dediquei dessa forma foi pela perspectiva de nosso futuro juntos. Te amo demais.

Agradecimentos conjuntos

Ao nosso orientador Prof. Dr.Carlos Cugnasca, que tanto nos auxiliou em nosso projeto, mostrando calma e confiança até nos momentos de maior nervosismo, e nos apoiando em todas as situações.

Ao nosso co-orientador Rafael de Aquino Cunha, pela paciência e prestabilidade ao longo de todo o ano.

À TAC Americas e à Schneider Electric, por nos fornecerem os módulos e as ferramentas de desenvolvimento.

À Conceito tecnologia, por nos ter dado o suporte técnico necessário durante o ano.

Aos funcionários do Laboratório de Formatura, que facilitaram nosso trabalho com toda a sua solicitude.

A nossos amigos, por todo o companheirismo, o afeto, e as cervejas que fizeram esse ano se tornar inesquecível.

## **RESUMO**

GREMMELMAIER, G. U., MESQUITA, J. E., SARTOR, M. D., DI LUCA, M. **Sistema de Automação Residencial utilizando Redes de Controle LONWORKS.** 2006. 91 f. Projeto de Formatura – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

O projeto de graduação tem como objetivo explorar as principais competências dos integrantes desenvolvidas durante seu período de faculdade. Para este projeto foi escolhido o tema de Automação Residencial, que visa controlar algumas das principais funcionalidades existentes em uma residência. Visando atender a estes requisitos, foi escolhida a tecnologia LonWorks, que é uma plataforma para a construção de sistemas de controle já consagrada por sua segurança e confiabilidade. Foi utilizado o ferramental TAC, que foi construído em cima da tecnologia LonWorks, e facilita enormemente o desenvolvimento das lógicas de controle e a passagem das lógicas para os módulos de controle, além de já possuir estrutura para o desenvolvimento de interface web. Por isso, foram utilizados nós de controle TAC Xenta, compatíveis com o ferramental. A rede de controle TAC utiliza nós de diversos tipos, que atendem às funcionalidades de processar a lógica de controle, monitorar as entradas, controlar as saídas do sistema, efetuar o armazenamento de interfaces de controle Web, e conectar-se à Internet. Com base nesta tecnologia foi desenvolvida a rede de controle, dividida em módulos funcionais: controle de iluminação, temperatura, incêndio, irrigação, presença e envio de mensagens a um terminal). Cada um deles explora diversas possibilidades de controle, atrelando o funcionamento dos atuadores a lógicas desenvolvidas com, por exemplo, valores de sensores, temporização e valores de variáveis controlados através da interface Web. Dessa forma, foi possível demonstrar a vasta gama de possibilidades de redes de controle utilizando a tecnologia Lonworks.

Palavras chave: automação residencial, rede de controle, tecnologia LonWorks.

## ABSTRACT

GREMMELMAIER, G. U., MESQUITA, J. E., SARTOR, M. D., DI LUCA, M. **Home Automation System using LONWORKS control networks.** 2006. 91 f. Graduation Project – Escola Politecnica, University of Sao Paulo, Sao Paulo, 2006.

The Graduation Project has the intent of exploring the main competencies acquired during the time spent in college. It has been chosen for this project the theme Home Automation, which aims to control the main features of a house with. In order to fulfill these requirements, the technology LonWorks has been chosen. It is a platform for building control systems already recognized for its security, safety and reliability. TAC tools, built over Lonworks technology, have also been used, which facilitated enormously the development of the control logics and its passage into the control devices. Due to unique compatibility, the utilization of TAC Xenta devices has also been required. The TAC control network uses different types of devices, that have the ability of processing control logic, monitoring inputs, controlling outputs, storing web interfaces and connecting to the Internet. Based on this technology, the control network has been developed, divided into functional modules: light control, temperature control, plant watering control, presence control and communication with an operator panel, used to display short messages. Each one of them explores different control possibilities, linking the actuators functionalities to logical circuits which were developed using values from sensors, scheduling and variables coming from the Web interface. Therefore, a great variety of possibilities from control networks using LonWorks technology have been shown.

Keywords: Home Automation, control network, LonWorks technology.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1	Objetivo.....	15
1.2	Motivação.....	16
1.3	Organização do documento.....	17
<b>2</b>	<b>ASPECTOS CONCEITUAIS .....</b>	<b>19</b>
2.1	Automação Residencial .....	19
2.2	Sistemas de Controle .....	19
2.2.1	Sistemas de Controle Centralizados .....	20
2.2.2	Redes de Controle.....	22
2.3	Tecnologia LonWorks .....	23
2.4	Protocolo LonWorks .....	24
2.5	Interoperabilidade e Associação LONMARK® .....	27
2.6	Componentes de um sistema LonWorks .....	28
2.7	Ferramentas de desenvolvimento e suporte.....	29
2.7.1	TAC Menta .....	29
2.7.2	TAC Explorer .....	31
2.7.3	TAC XBuilder.....	33
2.7.4	TAC Graphic Editor .....	35
<b>3</b>	<b>ESPECIFICAÇÃO DETALHADA .....</b>	<b>37</b>
3.1	Iluminação .....	38
3.2	Temperatura.....	40
3.3	Detecção de presença.....	41
3.4	Irrigação do jardim .....	42
3.5	Controle de incêndio.....	44

<b>3.6</b>	<b>Comunicação .....</b>	<b>45</b>
<b>3.7</b>	<b>Interface remota .....</b>	<b>45</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>47</b>
<b>5</b>	<b>PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO.....</b>	<b>50</b>
<b>5.1</b>	<b>Lógicas de controle .....</b>	<b>50</b>
5.1.1	Lógica de controle de iluminação.....	53
5.1.2	Lógica de controle de irrigação.....	57
5.1.3	Lógica de controle de presença .....	60
5.1.4	Lógica de controle de temperatura .....	62
5.1.5	Lógica de controle de incêndio.....	64
5.1.6	Terminal de mensagens .....	64
<b>5.2</b>	<b>Interface Web .....</b>	<b>65</b>
<b>5.3</b>	<b>Módulos TAC Xenta.....</b>	<b>67</b>
5.3.1	Xenta 511 .....	67
5.3.2	Xenta 401 .....	68
5.3.3	Xenta 422 .....	68
5.3.4	Xenta 452 .....	69
5.3.5	Xenta OP.....	69
<b>5.4</b>	<b>Maquete .....</b>	<b>70</b>
5.4.1	Sensores e atuadores.....	71
5.4.2	Circuito de dimmerização .....	76
<b>5.5</b>	<b>Cronograma Final .....</b>	<b>78</b>
5.5.1	Primeira fase.....	78
5.5.2	Segunda fase .....	80
<b>5.6</b>	<b>Custos envolvidos .....</b>	<b>83</b>

<b>6</b>	<b>TESTES E AVALIAÇÃO .....</b>	<b>84</b>
6.1	Iluminação .....	84
6.2	Temperatura.....	85
6.3	Detecção de presença.....	85
6.4	Irrigação .....	86
6.5	Controle de incêndio.....	86
6.6	Terminal de mensagens de aviso.....	86
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>87</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>88</b>
	<b>APÊNDICE I – ESTRUTURA DO CD.....</b>	<b>90</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

O projeto aqui documentado consiste num sistema de automação residencial que utiliza redes de controle com a tecnologia LonWorks. Sua implantação foi feita sobre um modelo simples de uma residência, que procura demonstrar a capacidade de monitoramento e atuação permitida pelos nós inteligentes, sensores e atuadores que compõem a rede. Através deste sistema, é possível controlar via Web elementos como temperatura de um cômodo e nível de luminosidade, além da programação de um irrigador de jardim, um terminal de comunicação simples e um dispositivo de controle de incêndio.

### **1.1 Objetivo**

O objetivo deste projeto é construir um sistema confiável de automação residencial que permita ser monitorado e controlado remotamente. O sistema possui diversas funções de controle, que podem ser divididas em seis grandes grupos:

- Controle de iluminação;
- Controle de temperatura do ambiente;
- Detecção de presença;
- Irrigação do jardim;
- Controle de incêndio;
- Terminal de mensagens de aviso.

O monitoramento e a atuação sobre as variáveis de cada um destes grupos são permitidos através de nós inteligentes específicos para cada função (sensores e atuadores). Já a comunicação entre estes nós e o terminal do usuário é feita com a tecnologia LonWorks – que

já é amplamente utilizada devido à simplicidade e versatilidade – e através de uma interface Web para permitir o acesso do usuário ao sistema.

## 1.2 Motivação

Quando se fala em automação predial na atualidade, geralmente são feitas associações imediatas com a indústria – que teve sua automatização iniciada já na década de 70 e hoje se encontra num estágio avançado, mesmo no Brasil – e no comércio – onde é comum encontrar sistemas de automação nos mais variados segmentos, como supermercados, hotéis, hospitais, entre outros. Assim, é natural que as atenções se voltem para a automação residencial, já que é uma área menos explorada até o momento. Soluções práticas e comercialmente viáveis ainda são escassas e, portanto, há muitas possibilidades de pesquisa e desenvolvimento.

Um outro fator motivacional para a escolha deste tema é que, apesar de já terem sido realizados projetos relacionados a automação residencial, a maioria deles focou-se no desenvolvimento de novos nós inteligentes compatíveis com a tecnologia LonWorks. O foco deste projeto é utilizar nós já existentes no mercado; o diferencial, porém, é a forma de utilização dos mesmos, mais elaborada em comparação ao que já foi feito em trabalhos anteriores. Os principais elementos de diferenciação consistem no conjunto de funcionalidades – que apresentam muitos elementos, sendo alguns deles bastante elaborados como o controle gradual de luminosidade e ativação de atuadores dependendo da combinação de diversas variáveis, que é o que acontece na lógica de irrigação do jardim – e na interface Web personalizada – que possibilita monitorar o status de todos os elementos do sistema na casa além de permitir atuar sobre diversas variáveis do ambiente, como temperatura e grau de luminosidade.

### **1.3 Organização do documento**

Este documento está dividido em sete capítulos. Este primeiro (Introdução) apresenta uma visão geral do sistema de automação residencial, mostrando seu objetivo, a motivação para sua realização e a estrutura de sua documentação.

O segundo capítulo (Aspectos conceituais) contextualiza o projeto em seus aspectos científicos e detalha a tecnologia e ferramentas utilizadas.

No terceiro capítulo (Especificação detalhada) são apresentadas todas as funcionalidades do sistema, sendo subdividido de acordo com os grupos de funções especificados.

A forma como a equipe trabalhou ao longo do ano no desenvolvimento do projeto é apresentada no quarto capítulo (Metodologia).

No quinto capítulo (Projeto e implementação) é feito um detalhamento das lógicas utilizadas para implementar cada função e da interface remota do usuário. Além disso, são listados todos os elementos utilizados na maquete (sensores, atuadores e nós da TAC). O cronograma final e as diferenças em relação aos anteriores. Por fim, é feita a listagem dos custos relacionados ao projeto.

O processo de testes e a avaliação dos grupos de funções do sistema são apresentados no sexto capítulo (Testes e Avaliação).

No sétimo capítulo (Considerações finais) é discutido o que o projeto agregou, bem como as principais dificuldades encontradas e, a partir disso, é feita uma avaliação final do trabalho.

Por fim, há as referências aos trabalhos, especificações e páginas da Internet que serviram como material de pesquisa para o projeto, além dos apêndices contendo um CD com os códigos-fonte das lógicas dos nós e da interface Web, os datasheets dos nós TAC Xenta, os relatórios intermediários e o arquivo digital deste documento. A estrutura detalhada do CD também se encontra como apêndice.

## **2 ASPECTOS CONCEITUAIS**

### **2.1 Automação Residencial**

Atualmente a vida moderna demanda das pessoas mais tempo para trabalho e outras atividades, deixando-as com menos tempo disponível para as tarefas domésticas.

A idéia da Automação Residencial consiste em adicionar à vida de um indivíduo o conforto e a praticidade do controle de funcionalidades de sua residência que antes demandariam trabalho e dedicação, tudo isso com segurança e confiabilidade.

Automação Residencial significa, portanto a automatização de diversas funcionalidades de uma residência, como controle de Iluminação, de irrigação, de temperatura e controles de funções importantes para a segurança como alarmes de incêndios, entre outros. Com o advento da Internet torna-se possível a realização destes controles remotamente, aumentando ainda mais a praticidade.

### **2.2 Sistemas de Controle**

Sistemas de controle são dispositivos ou grupos de dispositivos conectados ou relacionados, que controlam ou ajustam a si mesmos ou a outros sistemas. Eles são compostos por dois elementos principais: sensores e atuadores.

Sensores são elementos que permitem coletar dados do ambiente que o sistema controla. Eles são classificados pela forma de energia que detectam. Assim, há sensores de luz, som, temperatura, calor, corrente elétrica, etc.

Atuadores são, dentro de uma malha de controle, os elementos finais de controle. Eles têm por objetivo reposicionar uma variável, de acordo com um sinal gerado por um controlador, atuando diretamente no processo. São dispositivos utilizados para conversão de sinais elétricos provenientes dos controladores em ações requeridas pelos sistemas que estão sendo controlados.

Para efetuar a ligação entre estes dispositivos e outros elementos do sistema, utilizam-se canais de comunicação, em que são transmitidas as informações coletadas pelos sensores e as ordens que os atuadores devem executar.

Os sistemas de controle podem ser divididos em duas categorias, tomando como base a distribuição do processamento de seus sinais: sistemas de controles centralizados, onde um único dispositivo recebe os dados de todos os sensores, toma as decisões adequadas e as envia aos atuadores; e redes de controle distribuídas, em que os sensores e atuadores possuem capacidade própria de processamento dos dados captados e transmitidos na rede de comunicação.

### **2.2.1 Sistemas de Controle Centralizados**

A principal característica dos sistemas centralizados é a presença de vários elementos, de capacidade de processamento nula ou muito pequena, conectados a um processador central de alta capacidade.

Dentro do contexto de sistemas de controle, as unidades periféricas são os sensores e atuadores. Os primeiros apenas recebem dados capturados do ambiente e os enviam para o processador central em forma de tensão elétrica. Este, por sua vez, interpreta o valor recebido de cada sensor e efetua o processamento adequado, de acordo com o significado físico que cada sinal representa. Por fim, os resultados do processamento da unidade de controle são enviados de forma independente para cada atuar, também na forma de tensão elétrica, para que haja o reposicionamento adequado das variáveis do ambiente. A Figura 1 apresenta a topologia típica de um sistema de controle centralizado.

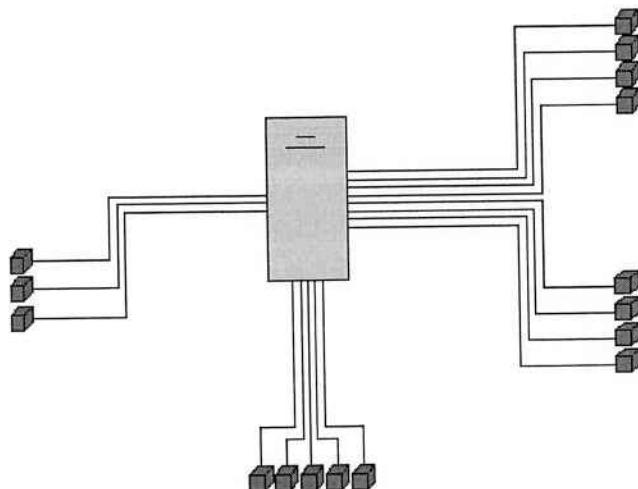


Figura 1 – Modelo típico de um sistema de controle centralizado

A simplicidade da arquitetura é sua principal vantagem, pois facilita no projeto e implantação dos sistemas que utilizam este conceito.

Uma desvantagem considerável da arquitetura centralizada é a dependência que o sistema possui em relação ao elemento central. Isto acaba se traduzindo em requisitos altíssimos de

confiabilidade e disponibilidade, pois uma falha na unidade de controle resulta em parada total do sistema.. Além disso, o número de canais de comunicação é proporcional ao número de unidades periféricas, e este geralmente é muito grande. Na prática, isto significa um aumento considerável no custo de implantação do sistema, visto que cada canal de comunicação é um fio que deve ser instalado.

### **2.2.2 Redes de Controle**

Em oposição aos sistemas de controle centralizados, nas redes de controle distribuídas o processamento dos sinais é feito por diversas unidades, não havendo um elemento único que se destaque perante os outros. Estas redes são constituídas por sensores e atuadores inteligentes, e cada um deles é chamado de nó. Sua inteligência é devida a microprocessadores, acoplados a cada dispositivo, que armazenam os programas de processamento dos sinais da rede.

Na arquitetura das redes de controle distribuídas, há um canal de comunicação no qual todos os nós da rede estão conectados. O processo todo funciona da seguinte forma: cada sensor captura a variável de ambiente pela qual é responsável, processa o sentido físico deste dado e o lança no canal comum num formato padronizado e comprehensível a todos os nós, ou seja, utilizando um protocolo de comunicação. Os atuadores então lêem estas informações e verificam se devem ou não atuar sobre o ambiente. Na Figura 2 é possível ver a topologia típica de uma rede de controle distribuída.

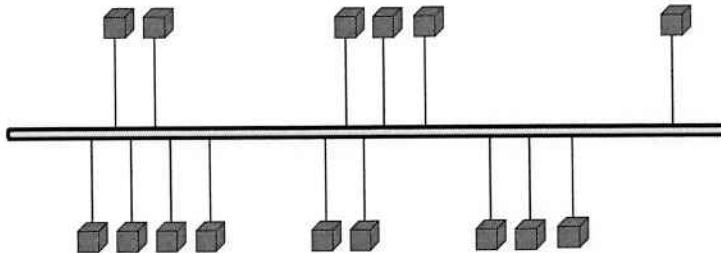


Figura 2 – Modelo típico de uma rede de controle

O canal de comunicação deste modelo de rede representa uma grande evolução em relação aos sistemas centralizados. Por não haver nenhum nó crítico para todos os outros, a disponibilidade do sistema naturalmente se torna maior: se, por exemplo, um dos sensores falhar, apenas os atuadores que utilizam os dados gerados por ele serão afetados; os outros nós continuam funcionando normalmente.

Outra vantagem resultante da topologia das redes de controle distribuídas é a economia de fios para interligar todos os elementos da rede, o que representa um barateamento nos custos de instalação. Além disso, o uso de um protocolo de comunicação comum permite que nós de diferentes fabricantes possam interagir; isto geralmente não ocorre com os sistemas centralizados, que são próprios dos fabricantes.

### **2.3 Tecnologia LonWorks**

A LonWorks é uma plataforma de rede especificamente criada para lidar com uma performance única, confiabilidade, instalação e necessidade de manutenção de aplicações de controle. A plataforma é baseada em um protocolo de baixa largura de banda criado pela Echelon Corporation para dispositivos de rede que funcionam sobre qualquer meio como par

trançado, PLCs(Power line communication), fibra ótica e rádio freqüência. É popular para automação de várias funcionalidades prediais.

Em um ambiente LonWorks, dispositivos de fabricantes variados podem ser conectados à rede, não restringindo assim o cliente a um único fornecedor. As redes Lon suportam sistemas de porte variado, podendo estes terem acoplados poucos dispositivos até milhares de nós controlando diversos processos.

O Neuron, microprocessador acoplado a cada dispositivo (nó), executa as funcionalidades de rede e dados dos nós. É ele que garante a interoperabilidade entre os dispositivos de fabricantes diferentes, através do uso do protocolo de comunicação LonTalk.

#### **2.4 Protocolo LonWorks**

O protocolo LonWorks, também conhecido como LonTalk, é quem permite que os dispositivos da rede enviem dados para e recebam dados dos outros dispositivos sem se preocupar com a topologia da rede, sem saber a interface na qual os dados trafegam ou quais funções executam os demais dispositivos.

O protocolo é baseado no modelo OSI de camadas. Porém é destinado a redes de controle, não podendo ser utilizado para transferência de dados. As camadas são definidas na figura abaixo:

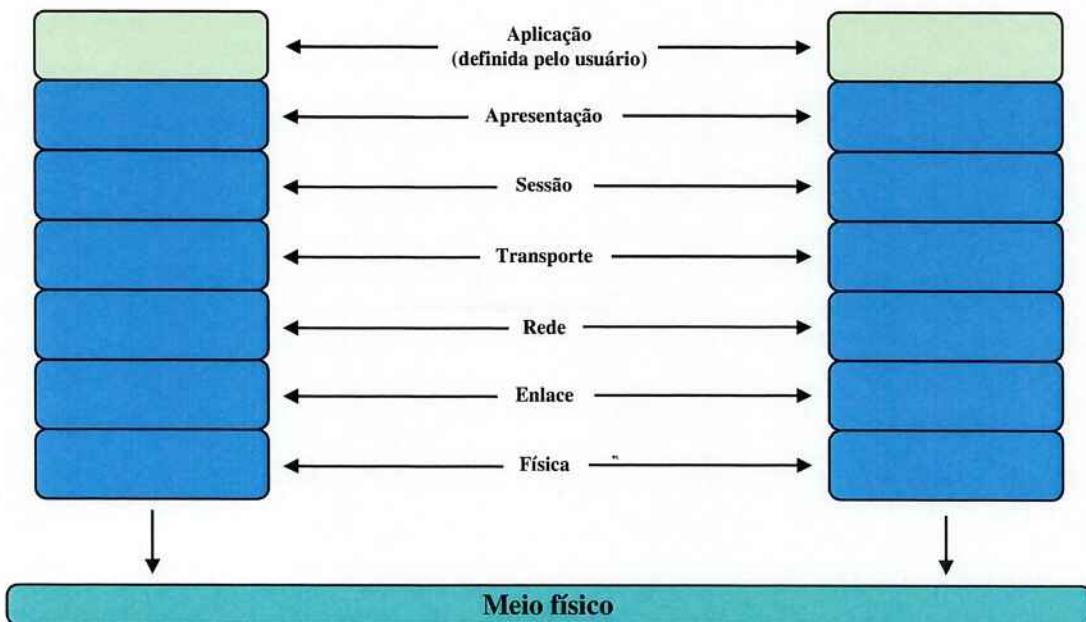


Figura 3 - Modelo de camadas com a aplicação definida pelo usuário

Essa arquitetura, além de permitir a compatibilidade na troca de dados entre os dispositivos, também garante a adequação aos padrões da ISO. As funcionalidades suportadas também incluem garantia na entrega de pacotes, mensagens com prioridade, autenticação de mensagens, controle e administração remotos da rede.

Outra característica é a flexibilidade quanto às interfaces de comunicação da rede. Os dados podem trafegar em um número variado de meios físicos, podendo, numa mesma rede, existir mais de um meio em uma mesma rede.

A rede LONWORKS deve possuir um método de controle de fluxo de seus dados que evite ou minimize as colisões de pacotes. Essa característica é realizada por um algoritmo de Controle de Acesso a Mídia (*Media Access Control*), desenvolvido especialmente para o LonTalk, o CSMA.

O protocolo também possui diversos modos de endereçamento. Todas as suas mensagens possuem os endereços de origem e destino em seus cabeçalhos. Os endereços de destino podem ser especificados para um único dispositivo, para grupos de dispositivos ou para toda a rede. Assim podem coexistir até mais de uma rede LONWORKS em um mesmo meio de comunicação, especificadas como domínios de rede.

Outro conceito importante é o de variáveis de rede. Essas variáveis representam um dado que uma aplicação espera receber de um outro dispositivo na rede ou que uma aplicação pretende disponibilizar na rede.

A um nó que necessita receber algum dado é atribuída uma variável de rede de entrada. Similarmente, a um nó que envia dados é atribuída uma variável de saída. A Figura 4 demonstra as variáveis de entrada e saída e a comunicação entre os dispositivos.

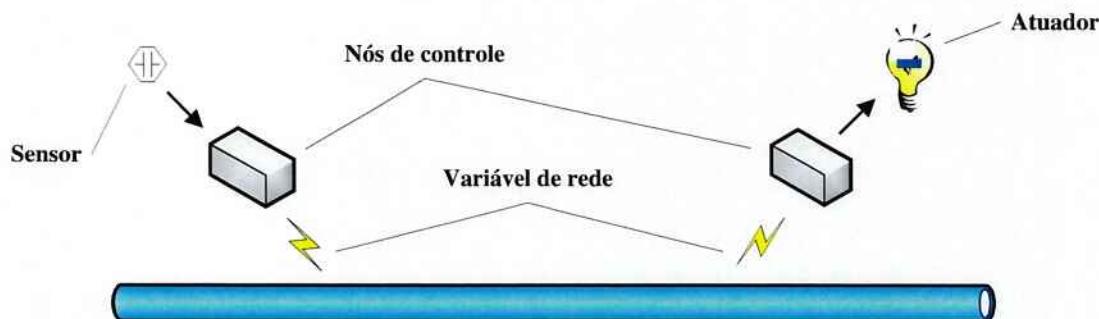


Figura 4 - Conceito de Variável de Rede

A essas variáveis também são atribuídos tipos de dados, como temperatura ou estado de um interruptor e, para que um nó de recepção possa reconhecê-la, é necessário que o tipo de sua variável de entrada seja o mesmo tipo da variável enviada por outro nó.

Com as variáveis de rede, um aplicativo não necessita saber de onde vêm ou para onde vão seus dados. O link entre os dispositivos é realizado durante a compilação num processo denominado *binding*, em que aí sim, o *firmware* do dispositivo saberá o endereço dos dispositivos para os quais deve enviar os dados.

## 2.5 Interoperabilidade e Associação LONMARK®

Interoperabilidade é a capacidade de dispositivos ou sistemas de fabricantes diversos poderem ser integrados em uma rede de controle sem a necessidade de adaptações.

A tecnologia LonWorks possibilita que esta característica seja implementada, porém como os componentes LonWorks não possuem uma definição do modo de operação de suas aplicações, o fato de ligar dois dispositivos nem mesmo sistema não garante que este operará corretamente.

Para que a compatibilidade seja mantida, criou-se uma associação chamada LonMark Association. A associação reúne fabricantes, integradores de soluções e usuários finais da tecnologia LonWorks. Ela também emite certificados para os dispositivos que atendem às especificações. Esses dispositivos utilizam o logo abaixo:



Figura 5 - Selo da LONMARK

A padronização dos meios de comunicação entre os nós e a definição de alguns padrões para a aplicação também são fatores que a associação se preocupa. A padronização de software inclui definição de alguns tipos para as variáveis de rede mais utilizadas e também a definição de propriedades de configuração para os dispositivos.

## **2.6 Componentes de um sistema LonWorks**

A plataforma LonWorks é formada basicamente por seis componentes:

- Protocolo de comunicação: o Protocolo de comunicação é o que está por trás da rede de controle LonWorks. Atualmente já possui um padrão internacional.
- Microprocessadores dedicados: Inventado pela Echelon, este processador (também conhecido como Neuron Chip) é altamente otimizado para dispositivos de controle da rede. Os Neuron Chips possuem três processadores de 8 bits: Dois dedicados para a comunicação pelo protocolo e um para outras aplicações. Diversos fabricantes produzem os Neuron Chips.
- Transceivers: Estes componentes transmitem o protocolo em uma mídia específica, como par-trançado e linha de força. Todos os dispositivos em uma rede de controle devem possuir um transceiver.
- Banco de dados da rede: Chamado de LNS Network Operating System, este banco de dados é o componente de software necessário para controles de sistemas abertos; ele garante um ambiente aberto para extensão, manutenção e gerenciamento de sistemas

baseados em LonWorks. O sistema operacional da rede oferece funções importantíssimas para o controle da rede.

- Conectividade com a Internet: As aplicações padronizadas e os tipos de variáveis de redes padronizadas (SNVTs) das redes LonWorks atravessam os dispositivos de conectividade com a Internet via Web Services.

## 2.7 Ferramentas de desenvolvimento e suporte

Como já dito anteriormente, o protocolo LonWorks especifica uma rede de controle descentralizada e confiável.

Os produtos TAC foram desenvolvidos em cima deste protocolo, de forma a aproveitar o conceito de descentralização e a confiabilidade oferecida. Os produtos TAC oferecem diversas ferramentas que facilitam a construção de sistemas em cima do protocolo LonWorks. As ferramentas utilizadas neste projeto serão descritas a seguir.

### 2.7.1 TAC Menta

O Software TAC Menta é utilizado para o desenvolvimento das lógicas de controle do sistema. Com esta ferramenta é possível:

- Especificar o tipo de nós de controle que irão processar a lógica;
- Especificar os tipos dos nós de entrada e saída (tanto analógicas como digitais) que serão utilizados na lógica;

- Desenvolver a lógica de controle através de uma interface gráfica fácil de utilizar, com diversas funções de apoio avançadas já desenvolvidas que auxiliam na lógica de controle, como funções temporais (“*Schedule*”) e funções de atraso (“*Delb*”). Os elementos aplicados em nossa solução serão explicados adiante;
- Realizar o *Bind* entre as entradas e saídas lógicas do sistema com as entradas e saídas dos nós de controle especificados na ferramenta;
- Configurar alarmes do sistema;
- Verificar se a lógica desenvolvida cabe dentro do espaço de memória disponível no nó de controle;
- Determinar que alguns sinais lógicos sejam classificados como públicos. Estes sinais públicos poderão ser visualizados e controlados através de uma interface Web, utilizando a ferramenta TAC XBuilder, que será explicada adiante;
- Realizar simulações da lógica desenvolvida. Esta funcionalidade é muito útil para a realização de testes antes de inserir as lógicas nos nós propriamente ditos.

A lógica desenvolvida nesta ferramenta é guardada em um arquivo de extensão .MTA, que será utilizado posteriormente pela ferramenta TAC Explorer para carregar esta lógica dentro de um nó real. A figura a seguir ilustra a tela básica do TAC Menta.

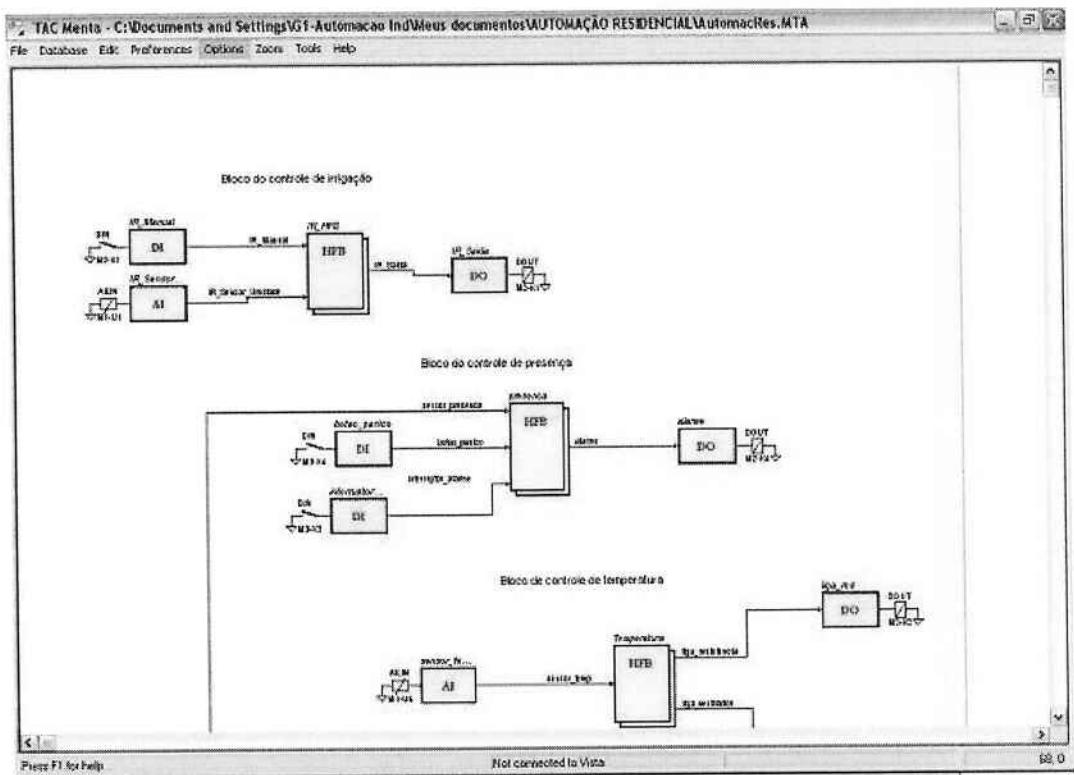


Figura 6 – Tela do TAC Menta

### 2.7.2 TAC Explorer

A ferramenta TAC Explorer é utilizada para uma monitoração simples dos nós na rede e para carregar as lógicas desenvolvidas dentro dos nós de controle.

A partir desta poderosa ferramenta é possível, inicialmente, criar uma rede lógica dos nós (que obviamente representa a rede real) e, posteriormente atrelar estes nós lógicos a nós reais da rede.

O processo de utilização desta ferramenta funciona da seguinte maneira:

1. Cria-se uma espécie de porta de entrada dos dados nos nós. Esta porta de entrada pode ser o nó TAC Xenta 511, onde através da ferramenta é possível colocar o IP que já fora configurado no nó, ou também através de nós de controle, como por exemplo o TAC Xenta 401, sendo a comunicação realizada através de um cabo serial.
2. Cria-se em cima desta porta de entrada a rede de nós TAC, inserindo somente seus nós de controle.
3. Dentro destes nós é possível, através da ferramenta, carregar uma lógica desenvolvida no TAC Menta. Esta lógica fica guardada num arquivo .MTA.
4. A partir do carregamento da lógica a ferramenta identifica automaticamente os nós de entrada e saída que estão sendo utilizados pela mesma.
5. Com a lógica já carregada na ferramenta, é hora de atrelar os nós lógicos já colocados, com os reais, já montados e ligados. A ferramenta consegue identificar o nó através de seu número identificador, que pode ser colocado manualmente no sistema ou através de uma tecla disponível nos nós físicos, que serão passados através da porta de entrada, já descrita anteriormente.
6. Com os nós de controle e os nós de entrada e saída identificados, basta agora realizar a passagem da lógica aos nós, através do processo da ferramenta identificado como “*Comission and Download*”. A partir daí os nós já podem ser utilizados.

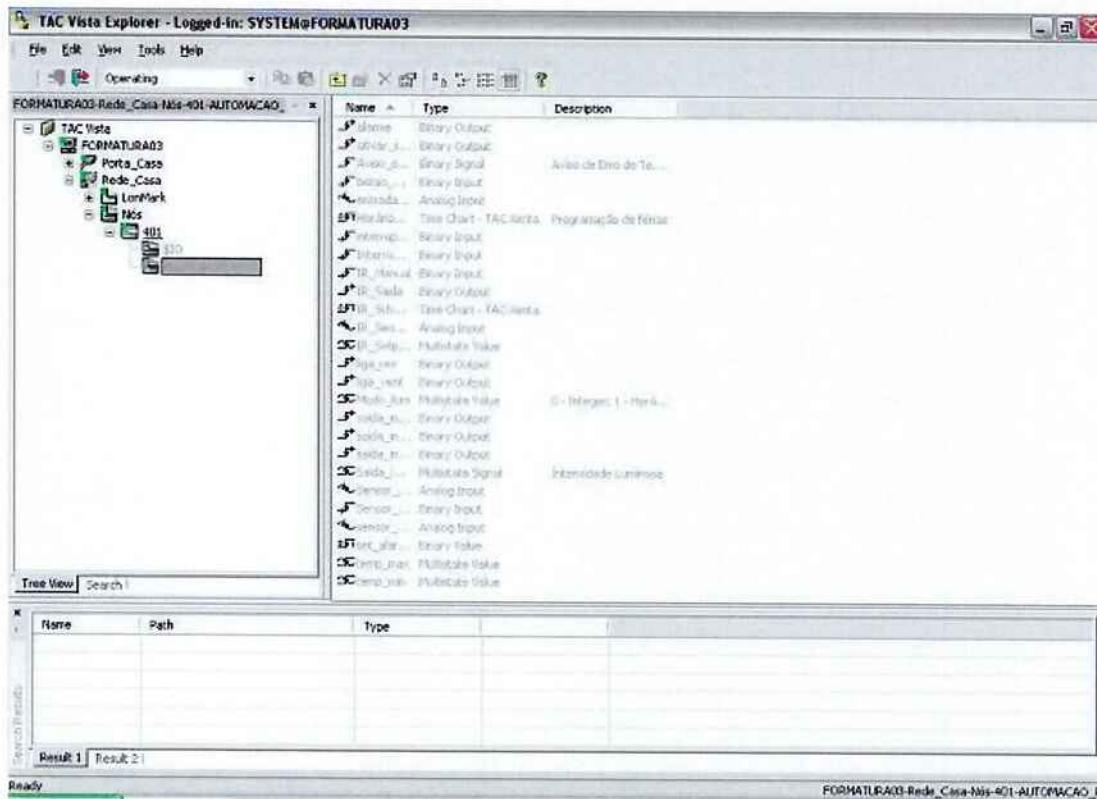


Figura 7 – Tela do TAC Explorer

### 2.7.3 TAC XBuilder

Esta ferramenta permite a criação de uma interface Web no sistema. Utiliza uma forte interação com o nó TAC Xenta 511, que é capaz de trabalhar como um servidor Web.

Através desta ferramenta é possível:

- Buscar os sinais públicos inseridos em uma rede de controle. Esta rede de controle fora criada pela ferramenta TAC Explorer, e agora poderá ser utilizada para a criação de interfaces Web de controle e monitoração de sinais da rede. Este é um dos pontos mais importantes do sistema, pois com este controle de sinais é possível realizar o controle de todo o sistema e de suas funcionalidades.

- A criação de diversas interfaces de controle e monitoração de sinais, como uma interface de verificação de valores de sinais, uma interface de análise de alarmes, e páginas gráficas que permitem a interação com o usuário.
- Atrelar todo este projeto de interfaces a um módulo TAC Xenta 511, utilizando seu endereço IP. Após toda a configuração das interfaces, com esta ferramenta é possível enviar-las ao nó, tornando estas interfaces disponíveis facilmente.
- Conectar sinais distintos de entrada e saída. Nesta ferramenta é possível juntar dois sinais de entrada e saída no sistema artificialmente. Esta funcionalidade é útil para a utilização de componentes que utilizam o protocolo LonWorks mas não usam o TAC, como o NOSE (o nariz eletrônico).

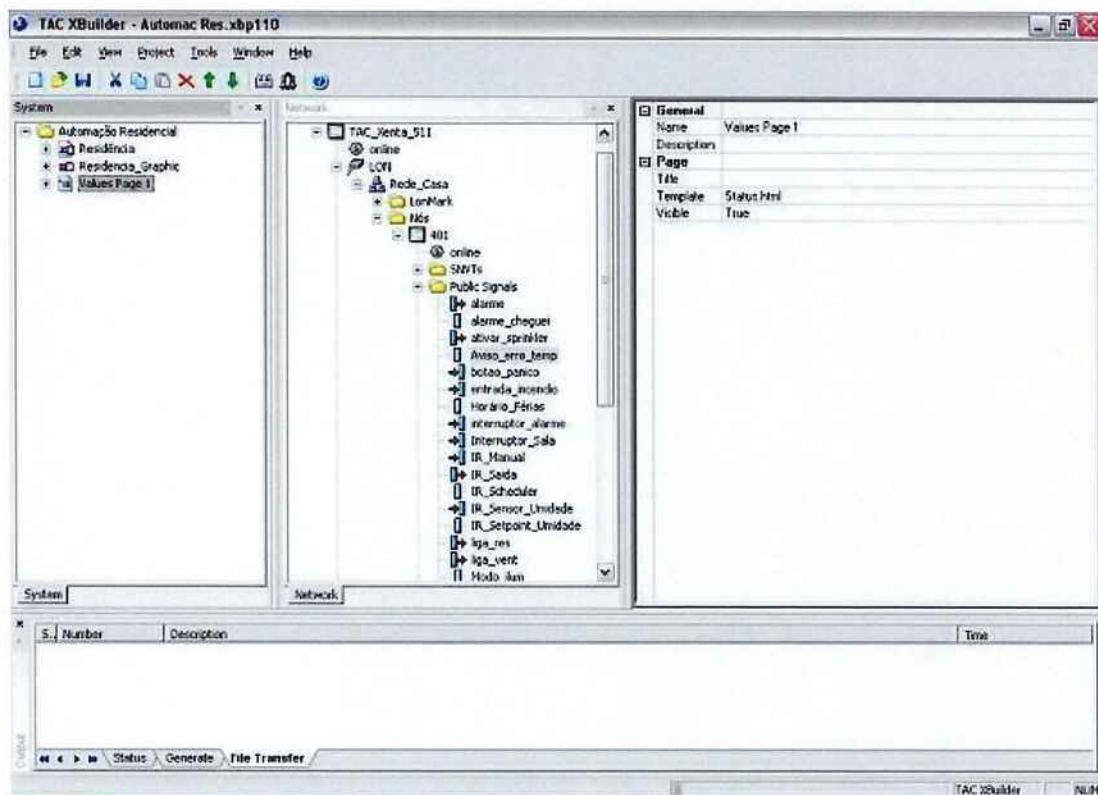


Figura 8 – Tela do TAC Xbuilder

#### 2.7.4 TAC Graphic Editor

Esta ferramenta da TAC permite a criação de interfaces gráficas que interagem ativamente os sinais da rede TAC. Estes sinais são trazidos através de outra ferramenta, o TAC XBuilder.

Estes sinais podem, através da ferramenta Graphic Editor, ser visualizados de diversas maneira, e também podem ser modificados através da interface.

Com isso consegue-se desenvolver interfaces de controle do sistema avançadas e atraentes visualmente.

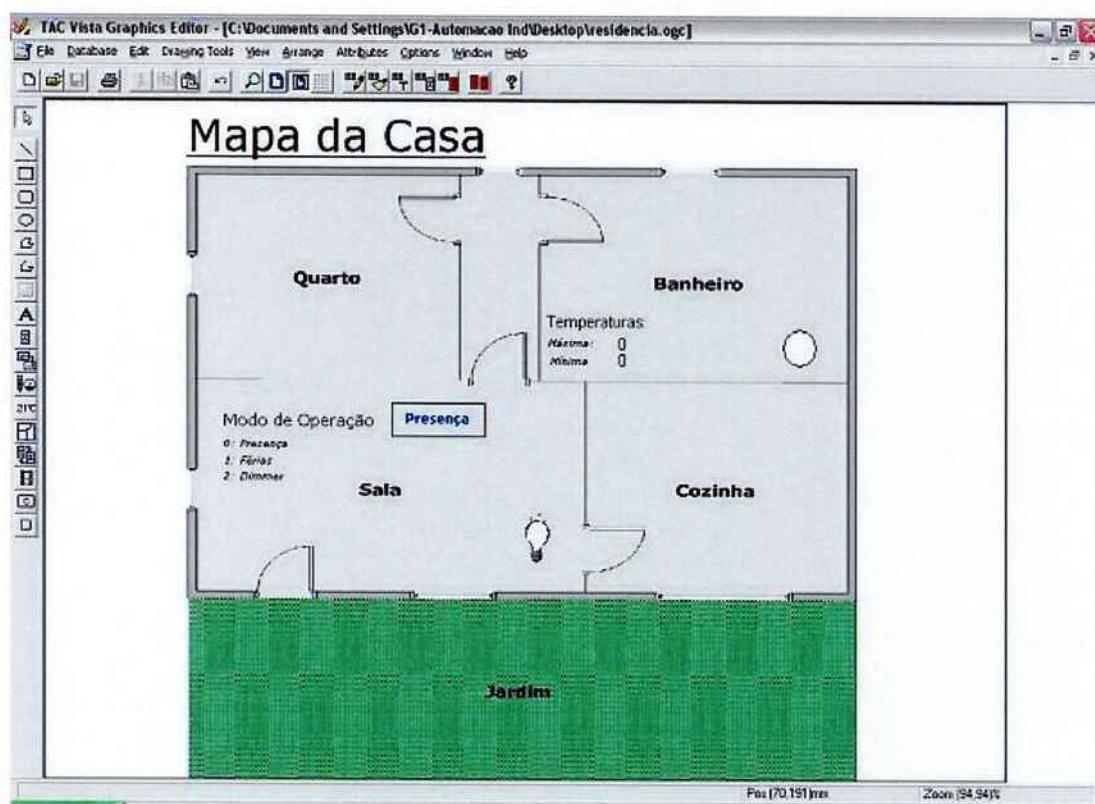


Figura 9 – Tela do TAC Graph

### 3 ESPECIFICAÇÃO DETALHADA

Para este projeto é utilizada uma arquitetura com a tecnologia LonWorks, conforme o diagrama abaixo.

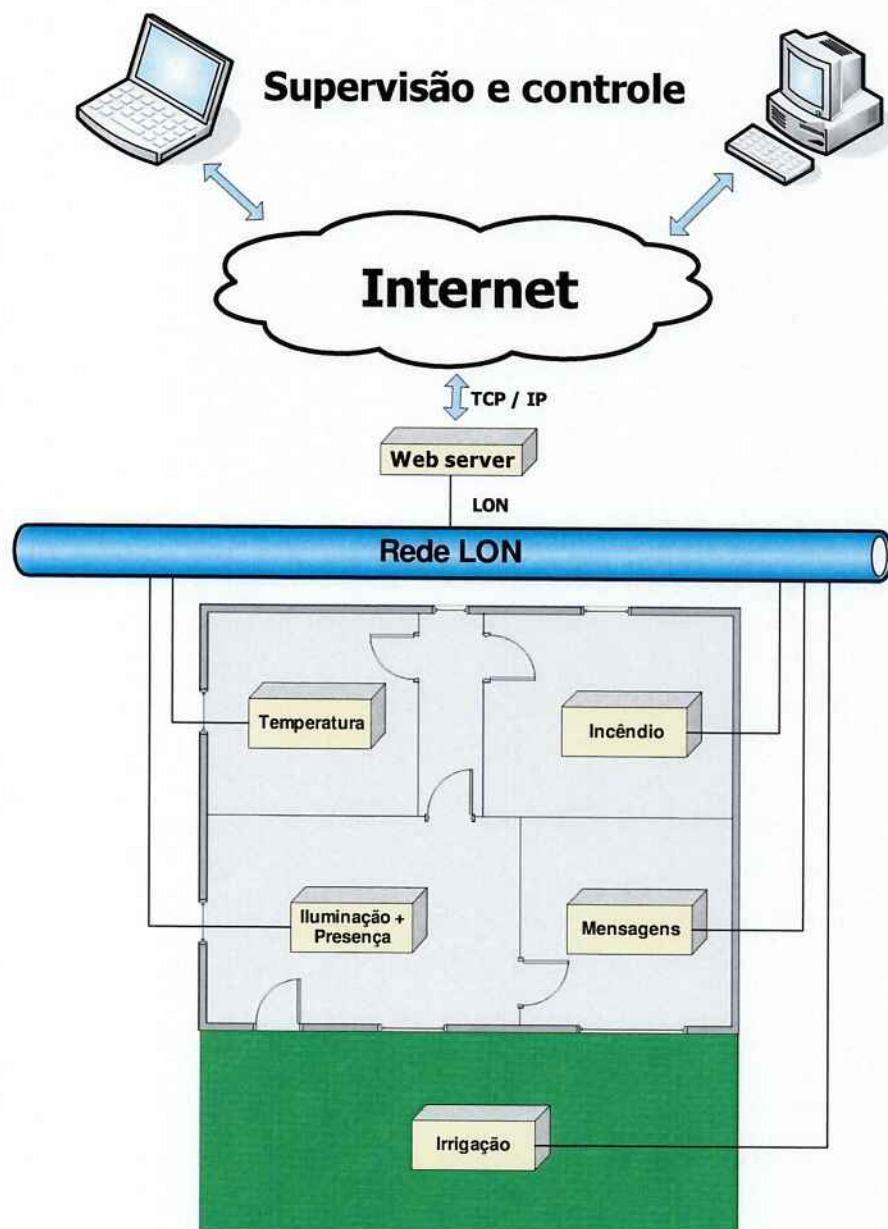


Figura 10 – Arquitetura do sistema de automação

Observando a arquitetura acima, pode-se notar que foram definidos módulos lógicos de controle: iluminação, detecção de presença, controle de incêndio, controle de temperatura,

irrigação e envio de mensagens. O usuário controla todas as funções acessando o Web Server, que se trata de um nó TAC Xenta que faz a ligação entre a rede TCP/IP e a rede LonWorks. O detalhamento deste e dos outros nós é feito em seções posteriores.

O relacionamento entre os nós da rede é feito através de variáveis de rede como o valor da temperatura ou o horário atual. Os softwares dos nós foram desenvolvidos de forma a agir de acordo com mudanças nos valores destas variáveis, sendo assim orientados a eventos. Por exemplo: quando o nó de temperatura atualiza a variável de rede **temperatura**, um outro nó que controla os atuadores detecta esta mudança e aciona o sistema de controle, a fim de manter esta variável no patamar definido pelo usuário.

O único nó diferenciado é o **Web Server** (TAC Xenta 511), que tem a função de coletar os valores de todas as variáveis de rede para enviá-las à interface homem-máquina e direcionar os dados da resposta do usuário para a rede, a fim de que o sistema atue sobre o ambiente.

A seguir são listadas as funcionalidades do sistema para cada grupo lógico citado anteriormente.

### 3.1 Iluminação

O módulo de controle de iluminação conta com 3 modos distintos de funcionamento, escolhidos através da interface web:

- Modo 0: Liga-desliga da lâmpada atrelado à detecção de presença no cômodo.
- Modo 1: Liga-desliga da lâmpada atrelado a horários pré-definidos do dia, o que é chamado “modo férias”.

- Modo 2: Acendimento proporcional das lâmpadas à luminosidade do ambiente.

No Modo 0, a detecção de presença no cômodo ativa a lâmpada, que permanece acesa por, no mínimo, 2 minutos, desde que a presença não seja detectada novamente. Assim, num ambiente com movimento, a lâmpada fica constantemente acesa.

Às vezes, no entanto, deseja-se manter as luzes apagadas mesmo com a presença de pessoas no cômodo. Por isso, também é possível desligá-la manualmente.

No Modo 1, o “modo férias”, é feita a simulação de pessoas na casa, acendendo e apagando a lâmpada em horários pré-definidos. Os horários são programáveis a cada dia da semana.

No modo 2, é feita a coleta da luminosidade do ambiente, e o nível de acendimento da lâmpada é proporcional a ela. Assim, se a luminosidade estiver acima de 75% do máximo possível (luz do dia), a lâmpada permanece apagada. Com luminosidade entre 75 e 50%, a lâmpada é acesa de forma fraca; entre 50 e 25%, com luminosidade média; e se menor que 25%, com luminosidade máxima. Com isso, conseguimos simular um dimmer agindo sobre a iluminação, apesar de lidarmos somente com variáveis discretas ao invés de contínuas.

Na figura 11 pode ser observado o diagrama esquemático do módulo de controle de iluminação, com os sensores, atuadores e variáveis envolvidos.

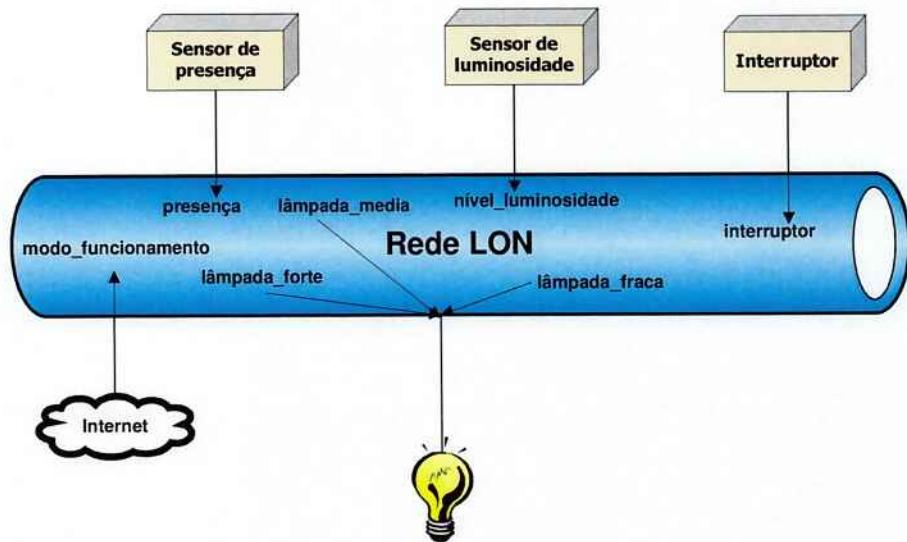


Figura 11 – Diagrama esquemático do módulo de controle de iluminação

### 3.2 Temperatura

O controle da temperatura do ambiente é feito pela atuação de sensores e ventiladores, de modo a manter a temperatura dentro de uma faixa desejada. Essa faixa é selecionada através da interface remota, onde são escolhidos os limites máximo e mínimo desejados. Quando a temperatura é menor do que o limite mínimo a resistência é ligada; quando é maior do que o limite máximo, o ventilador é ligado.

Para assegurar que o usuário não se confunda e troque os limites máximo e mínimo, um aviso é enviado interface quando isso ocorre e ambos os atuadores são desligados. Caso contrário, se a temperatura de encontrasse dentro da faixa desejada, ambos ficariam ligados. Por exemplo: se a temperatura máxima estivesse setada em 24°C e a mínima em 26°C, com uma temperatura de 25°C tanto o ventilador como a resist&encia seriam ligados.

Na figura 12 pode ser observado o diagrama esquemático do módulo de controle de temperatura, com os sensores, atuadores e variáveis envolvidos.

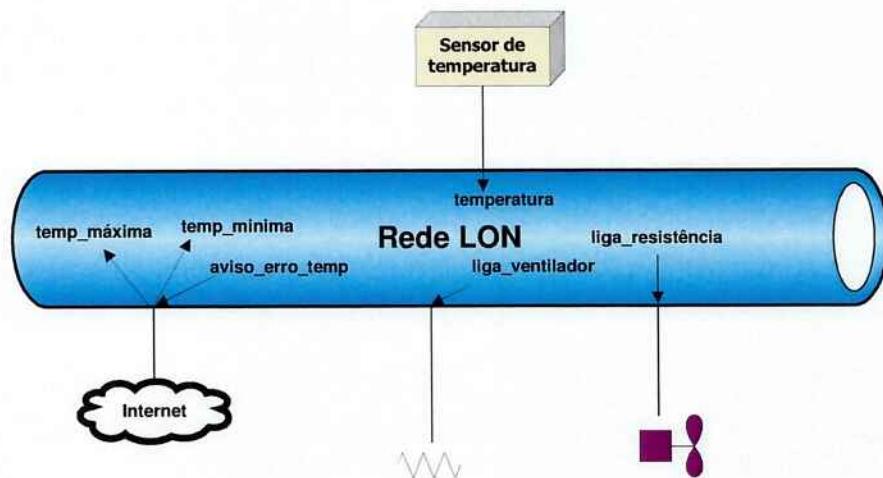


Figura 12 – Diagrama esquemático do módulo de controle de temperatura

### 3.3 Detecção de presença

No modo de controle de presença, a detecção da presença no cômodo pode provocar o acionamento de um alarme, caso seja desejado.

A ativação do alarme baseado na presença pode ser feito tanto através da interface remota quanto por um interruptor localizado no próprio cômodo. Isso flexibiliza o sistema, pois o acionamento pode ser feito da forma mais conveniente. Quando o alarme é disparado, ele toca por, no mínimo, 10 segundos, desde não seja detectada presença novamente.

Há também a opção de simplesmente disparar o alarme, independente da detecção de presença, através de um botão de pânico. Nesse caso, o alarme permanece disparado até que o botão seja apertado novamente.

Na figura 13 pode ser observado o diagrama esquemático do módulo de controle de presença, com os sensores, atuadores e variáveis envolvidos.

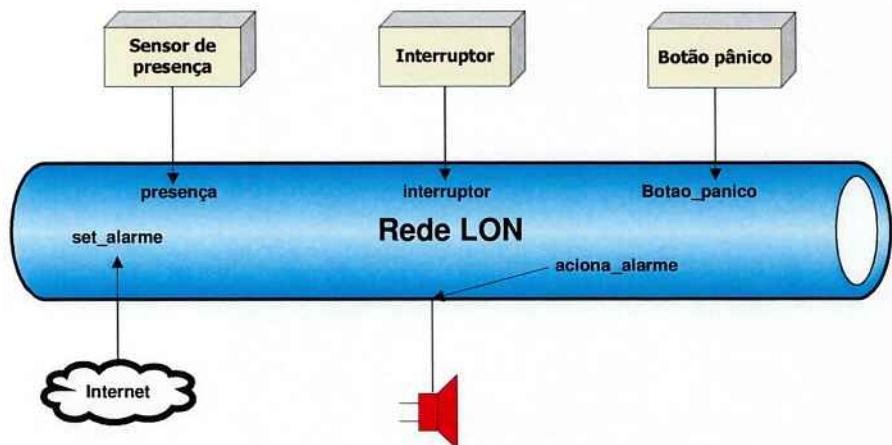


Figura 13 – Diagrama esquemático do módulo de controle de presença

### 3.4 Irrigação do jardim

O módulo de irrigação controla o acionamento de um sprinkler baseado na umidade do ar, no tempo decorrido desde seu último acionamento e no horário atual. Esses fatores são importantes pois se a umidade do solo estiver acima do patamar de 95%, não é necessário regar as plantas, mesmo que o último funcionamento do sprinkler tenha ocorrido há bastantes dias. Por outro lado, o acionamento do sprinkler com intervalos muito curtos acarreta num consumo excessivo de água, o que não é desejável.

Além disso, mesmo que a umidade tenha atingido um patamar abaixo do desejado para a saúde do solo e já tenham se passado do que o tempo mínimo permitido desde o último acionamento dos sprinklers, é necessário limitar os períodos do dia em que as plantas podem ser regadas, pois a rega em horários em que o sol está a pino pode queimar as folhas e causar transpiração excessiva das plantas, desidratando-as.

Apesar disso, também possibilitamos o acionamento manual do sprinkler, desatrelando-o da lógica. Essa funcionalidade é útil em casos de seca, onde não é conveniente intervalos relativamente grandes entre duas regas consecutivas, ou em casos de manutenção do jardim, entre outros.

Também conseguimos desativar a lógica de irrigação, o que pode ser útil em aplicações práticas.

Dessa forma, flexibilizamos ao máximo o controle de irrigação da residência.

Na figura 14 pode ser observado o diagrama esquemático do módulo de controle de temperatura, com os sensores, atuadores e variáveis envolvidos.

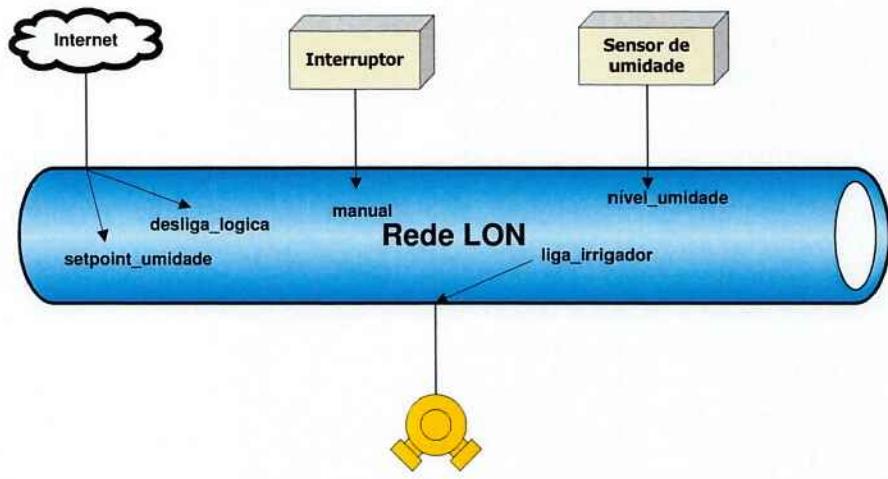


Figura 14 – Diagrama esquemático do módulo de controle de presença

### 3.5 Controle de incêndio

O controle de incêndio será baseado no nível de monóxido de carbono do ambiente. Caso ele seja maior do que 35ppm, já é caracterizado um incêndio, e o sprinkler é acionado. Esse patamar não permite configuração pois o acionamento do sistema de incêndio não deve ser suscetível ao controle do usuário.

Na figura 15 pode ser observado o diagrama esquemático do módulo de controle de temperatura, com os sensores, atuadores e variáveis envolvidos.

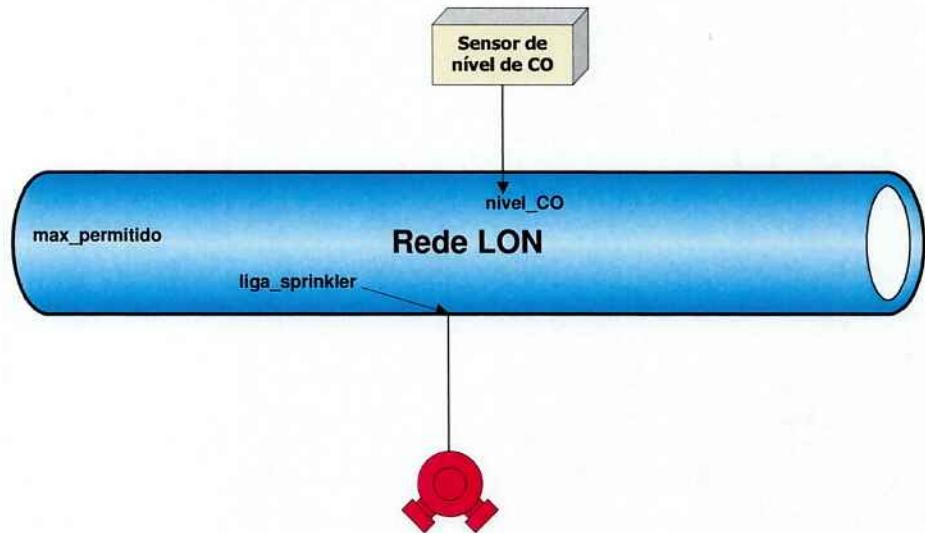


Figura 15 – Diagrama esquemático do módulo de controle de incêndio

### 3.6 Comunicação

É possível enviar ao display terminal de mensagens previamente definidas tanto em horários definidos quanto em tempo real através da interface web.

### 3.7 Interface remota

A interface remota é a base de controle e supervisão de nosso sistema. Através dela podemos habilitar e controlar suas funcionalidades e monitorar o funcionamento. Ela foi desenvolvida através do software TAC XBuilder, que é uma poderosa ferramenta de apoio, discutida mais adiante. As funcionalidades da interface web já foram listadas anteriormente, em cada um dos módulos de controle descritos acima. Além disso, é possível monitorar o estado de cada um dos sensores e atuadores da rede de controle.

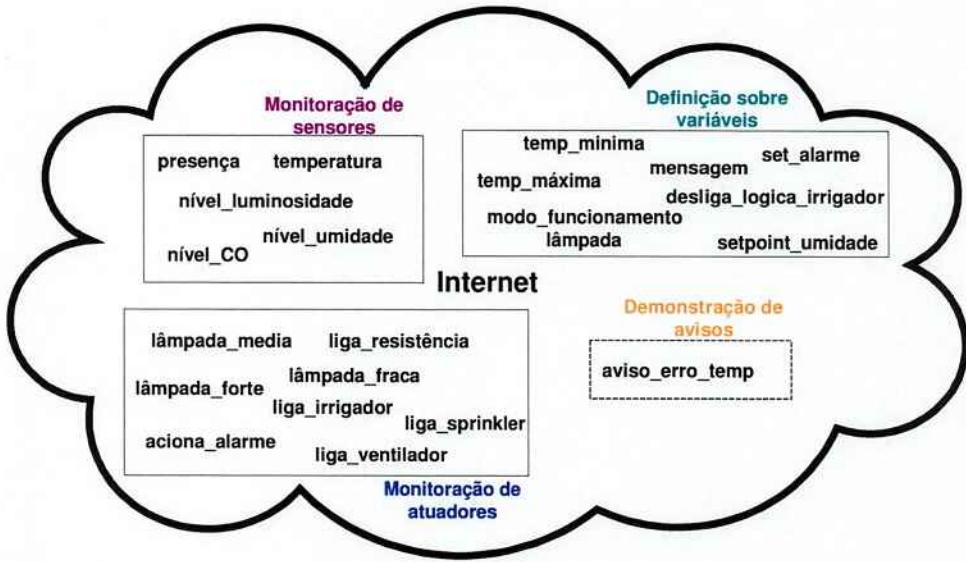


Figura 16 - Diagrama esquemático das variáveis de rede vistas e/ou controladas pela interface remota

#### **4 METODOLOGIA**

Depois de decidido que utilizaríamos redes de controle LonWorks para controlar uma residência, demos início a pesquisas para que o grupo se familiarizasse com o protocolo LonWorks e, assim, permitir a listagem de funcionalidades candidatas a serem adotadas neste projeto. Neste primeiro momento todos os membros do grupo trabalharam da mesma forma, ou seja, não houve divisão de tarefas. Reuniões freqüentes eram realizadas para que o grupo pudesse alinhar as expectativas e nivelar os conhecimentos obtidos nas pesquisas.

Antes de cada entrega planejada das documentações, foram feitas reuniões com o orientador do grupo para que pudéssemos expor as intenções acerca do projeto, bem como as dúvidas que surgiam à medida que os estudos eram feitos. O orientador, por sua vez, além de esclarecer as dúvidas, dava sugestões de funcionalidades que poderiam ser interessantes para o projeto, além de nos ajudar a dimensionar o mesmo, evitando que ficasse simples ou complexo demais. Nesta etapa de documentação, todos os membros do grupo participaram das reuniões e auxiliaram na confecção dos relatórios, bem como da apresentação final do primeiro semestre.

Depois de estabelecidas todas as funcionalidades do projeto, foi feita uma reunião com o co-orientador do projeto, Rafael Cunha, pois o mesmo é um ex-aluno da Escola cujo projeto de formatura também envolveu a tecnologia LonWorks. Ele nos ajudou com informações técnicas, gerenciamento do tempo e escopo do projeto, além de auxiliar na decisão de quais módulos de controle e de I/O eram mais adequados para o sistema.

Feito isso iniciamos um estudo sobre os nós LON e as ferramentas da TAC que seriam necessárias para criação da lógica de controle, transferência de informações para os nós e

criação da interface remota. Simultaneamente a este estudo decidimos como seria a arquitetura do projeto, isto é, quantos e quais módulos seriam necessários e como seria a estrutura e ligação da rede.

Em seguida, começamos a trabalhar nas lógicas de controle. Desenvolvemos cada bloco separadamente e simulamos o seu funcionamento no TAC. Depois de todas as lógicas funcionarem corretamente na simulação, iniciamos o processo de junção destas. Esta junção foi sendo feita aos poucos, e conforme uma lógica fosse acrescentada ao todo, executávamos uma nova simulação. Sempre que necessário, reuniões eram agendadas com o co-orientador para sanarmos dúvidas do funcionamento do TAC ou de lógica.

Após toda a lógica feita e juntada, iniciamos o funcionamento desta com os sensores e atuadores. Optamos por testar um bloco por vez e em cada bloco um par de sensor e atuador separadamente, para que depois o todo fosse testado. Conforme um teste fosse realizado e seu resultado positivo, passávamos para o próximo teste. Caso o teste tivesse um resultado negativo, depurávamos o erro para saber se este era de montagem ou de lógica de controle. Identificado o motivo do erro, a correção era feita. Sempre que necessário, reuniões eram agendadas com o co-orientador para sanarmos dúvidas do funcionamento dos módulos, dos sensores e atuadores.

Depois de tudo funcionando, foram executadas duas tarefas concomitantemente. Uma foi a construção da interface remota de controle e monitoramento e a outra foi a montagem da maquete.

Na construção da interface remota, foram sendo acrescentados aos poucos os sensores para visualização do ambiente da casa e os atuadores para eventuais mudanças desejadas.

Na montagem da maquete, foi estudada a melhor maneira de expor cada funcionalidade do projeto, além da disposição dos sensores e atuadores, para que o funcionamento dos mesmos não fosse prejudicado.

## 5 PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO

### 5.1 Lógicas de controle

As lógicas de controle compõem o programa que será carregado nos módulos TAC. Elas são o coração da rede de controle LON, determinando o comportamento dos atuadores em função dos sensores e o que fica exposto para a interface Web.

Antes de iniciar sua descrição, no entanto, é necessário ressaltar a notação utilizada pelo TAC MENTA, de modo a facilitar sua compreensão.



**HFB (Hierarchical Function Block)** – solução gráfica para agrupar blocos funcionais. Um HFB contém a lógica de controle de um determinado módulo.



**DI e HFDI** – entradas digitais. São representadas por DI em circuitos de nível mais alto quando a lógica está dentro de HFB), e por HFDI quando observa-se a lógica de dentro de um HFB.



**AI e HFAI** – entradas analógicas. São representadas por AI em circuitos de nível mais alto (quando a lógica está dentro de HFB), e por HFAI quando observa-se a lógica de dentro de um HFB.



**DO e HFDO** – saídas digitais. São representadas por DO em circuitos de nível mais alto (quando a lógica está dentro de HFB), e por HFDO quando se observa a lógica de dentro de um HFB.



**DELAY** – O bloco atrasa as transições de um sinal de entrada pelo tempo especificado em segundos nos parâmetros DelayOn (transição 0 para 1) e DelayOff (transição 1 para 0). O sinal de entrada em 1 deve durar mais do que o tempo especificado em DelayOn para gerar um pulso na saída do bloco (ver diagrama abaixo). Da mesma forma, quando em 0 deve durar mais do que o período expresso por DelayOff para zerar a saída. A figura abaixo demonstra o funcionamento do DELAY.

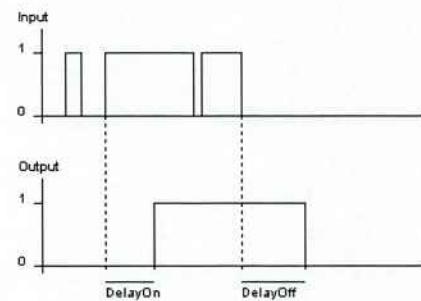


Figura 17: Saída do DELAY em função do tempo



**DELB (Binary Value Delay)** – Introduz um atraso de um ciclo de programa na propagação de um sinal binário.



**PVI (Integer Value Parameter)** - Atribui um inteiro modificável como parâmetro de entrada de outro bloco. Seu valor inicial é colocado na própria configuração do circuito, e pode ser posteriormente modificado caso seja declarado uma variável pública.



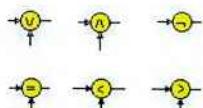
**TSCH (Time Scheduler)** – Através deste bloco, o usuário define intervalos de tempo e, quando o horário do sistema estiver dentro de um deles, a saída é negativa; caso contrário, é positiva. O módulo do valor da saída, por sua vez, corresponde aos minutos restantes para a próxima mudança de estado.



**INTEGER CONST** – Constante inteira não modificável. Utilizada principalmente para operações de comparação.



**MUX** – multiplexador binário.



**Operadores lógicos e comparadores.**

### 5.1.1 Lógica de controle de iluminação

O módulo de iluminação realiza o controle sobre as lâmpadas através de três tipos de lógica. A primeira atrela o funcionamento da lâmpada a um sensor de presença e permite o desligamento das lâmpadas por um interruptor. A segunda lógica programa os horários de acionamento e desligamento das lâmpadas, no que chamamos “modo férias”. Já a terceira lógica condiciona o funcionamento das lâmpadas à luminosidade do ambiente. Assim, dependendo da luminosidade a lâmpadas é acesa num determinado nível, no que chamamos dimmerização.

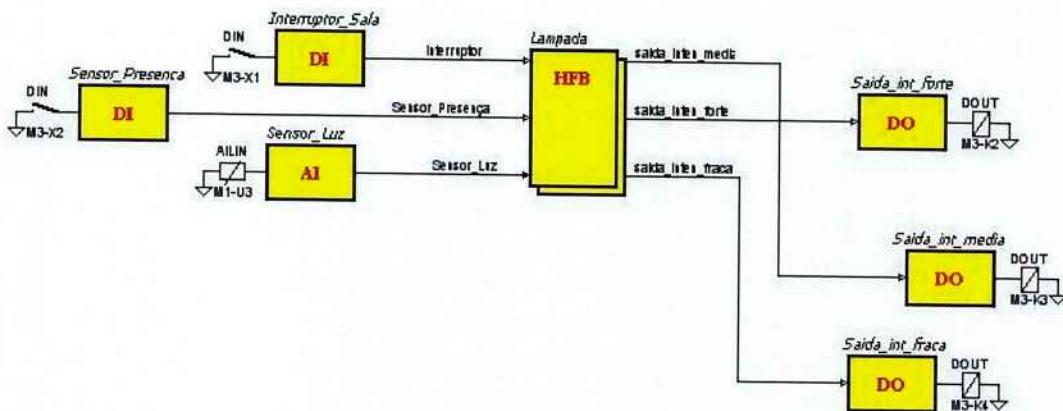


Figura 18 – Entradas e saídas do módulo de controle de iluminação

A Figura 18 ilustra as entradas e saídas do módulo lógico de iluminação. Podemos observar um sensor de presença, um sensor de luminosidade e um interruptor como entradas, e o acionamento da lâmpada em 3 níveis de luminosidade (fraca, média e forte) como saídas. A lógica de controle encontra-se dentro do módulo expresso como HFB.

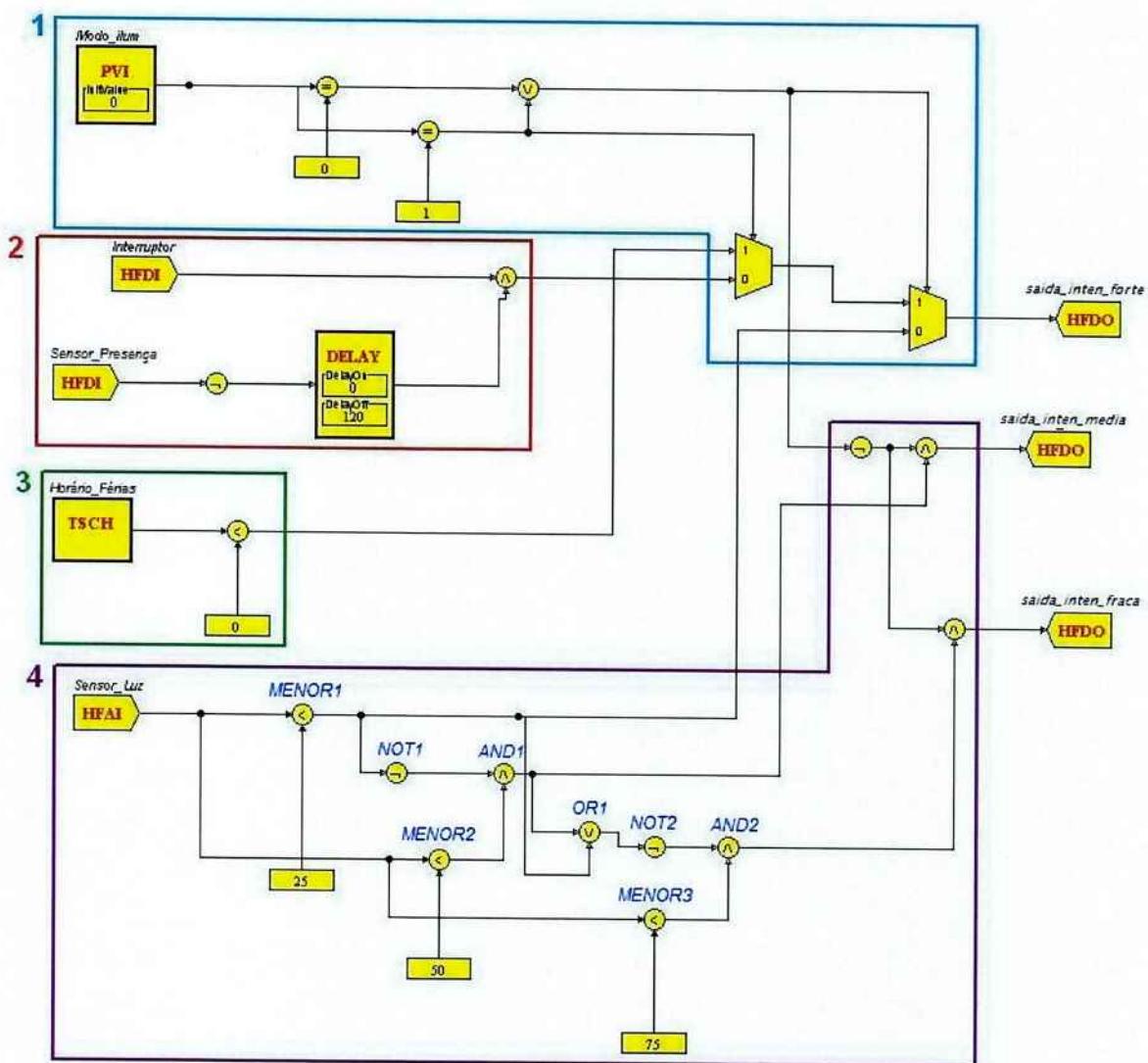


Figura 19 – Lógica de controle do módulo de iluminação

A figura 19 mostra a lógica contida dentro do HFB da Figura 18.

O controle do modo de acionamento das lâmpadas a ser utilizado é feito pela lógica destacada no grupo 1 (azul). O componente *Modo\_iluminacao* pode assumir valores 0, 1 e 2 (ou qualquer outro valor diferente de 0 e 1), o que seleciona qual dos circuitos de controle ficará ativo. Seu valor é comparado com os inteiros 0 e 1.

Se assumir valor 0, é selecionada para a saída do primeiro MUX a entrada 0, e para a saída do segundo MUX a entrada 1 (saída do primeiro MUX). Isso seleciona, portanto, a lógica do grupo 2 (vermelha) responsável pelo funcionamento da lâmpada atrelada ao sensor de presença. Se assumir valor 1, é selecionada para a saída do primeiro MUX a entrada 1, e para a saída do segundo MUX a entrada 1 (saída do primeiro MUX). Isso seleciona portanto a lógica do grupo 3 (verde) responsável pelo funcionamento da lâmpada no “modo férias”. Caso o valor do componente não seja 0 ou 1, é selecionada para a saída do segundo MUX a entrada 0, correspondente à lógica do grupo 4 (roxo), que atrela o funcionamento da lâmpada à luminosidade do ambiente.

O funcionamento do grupo 2 é descrito a seguir: quando o sensor de presença detecta algo no ambiente, o sinal *Sensor\_Presenca* vai para 0 (em estado inerte sua saída é 1). Esse sinal é negado para maior conveniência na manipulação, passado para 1 quando alguma presença é detectada. Ele então entra num Delay, setado para que o delay de 0 para 1 seja 0 (DelayOn) e de 1 para 0 seja 120s (DelayOff). Assim, uma vez que a lâmpada tenha sido acesa, ela permanece nesse estado por pelo menos dois minutos, evitando que fique acendendo e apagando a todo instante. O resultado dessa parte da lógica entre numa porta E juntamente com o sinal de um interruptor. Ele serve para que a lâmpada possa ficar apagada e portanto não suscetível ao sensor quando conveniente. Assim, quando o interruptor está em 1, a saída do Delay entra na porta 0 do primeiro MUX, na entrada 1 do segundo MUX e controla a lâmpada. Quando o interruptor está em 0, força-se na saída o valor 0, mantendo a lâmpada desligada.

O funcionamento do grupo 3 é extremamente simples. O componente *Horário\_Férias* seleciona os horários em sua saída é positiva, senso negativa caso contrário. Esse sinal é comparado

com o valor 0: se for menor, entra o valor 0 na entrada 1 do primeiro MUX, caso contrário, entra o valor 1. Como é esse sinal que controlará o acionamento da lâmpada, ela acende nos horários determinados.

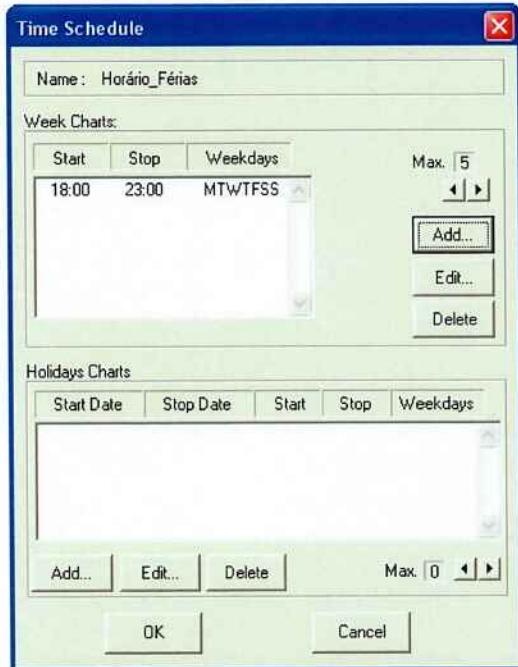


Figura 20 – Programação do componente Time Scheduler com os período de acionamento da lâmpada.

Já a lógica do grupo 4 atrela o funcionamento da lâmpada à luminosidade do ambiente. A entrada *sensor\_luz* envia para o circuito um valor que varia de 0 a 100 (representando a porcentagem de luz no ambiente). Esse valor é primeiramente comparado com o número 25 e, se for menor – o que significa que a luminosidade do ambiente é menor do que 25% da luminosidade máxima (luz do dia) – a saída do comparador *MENOR1* se torna 1, habilitando a saída *saída\_intens\_forte*, que liga a lâmpada em sua máxima potência. Nesse caso, pode-se também observar que a saída da porta *NOT1* torna-se 0, zerando a saída de *AND1*, que zera a saída *saída\_intens\_media*. Também pode-se observar que *OR1* passa a ser 1, e a de *NOT2* e

*AND2* tornam-se 0, zerando também *saída\_intens\_fraca*. Com isso, fica garantido o acionamento de uma única saída de luminosidade da lâmpada por vez, proporcionando o funcionamento desejado do circuito. Quando a entrada *sensor\_luz* é menor que 50 mas maior que 25, a saída do comparador *MENOR2* é 1. Como o valor de *MENOR1* nesse caso é 0, a saída de *NOT1* é 1. Assim, as duas entradas de *AND1* são 1, o que torna sua saída 1 e habilita a saída *saída\_inten\_media*. Assim, a lâmpada acende com a metade de sua potência total. Pode-ser perceber que a saída *saída\_inten\_fraca* fica desabilitada, à medida que *OR1* assume valor 1 e *NOT2* e *AND2*, valor 0. Quando a entrada *sensor\_luz* é menor que 75 mas maior que 50, a saída do comparador *MENOR3* é 1. As saídas de *MENOR1* e *MENOR2* são 0, o que zera a saída de *OR1*, e habilita a saída de *NOT2*. Dessa forma, as duas entradas de *AND2* são 1, habilitando a saída *saída\_inten\_fraca*, o que acende a lâmpada com uma potência apromxiadamente 70% menor do que a máxima. Se o sensor de luz acusar um valor maior que 75 nenhuma das 3 saídas é ativada, o que faz com que a lâmpada permaneça desligada.

### 5.1.2 Lógica de controle de irrigação

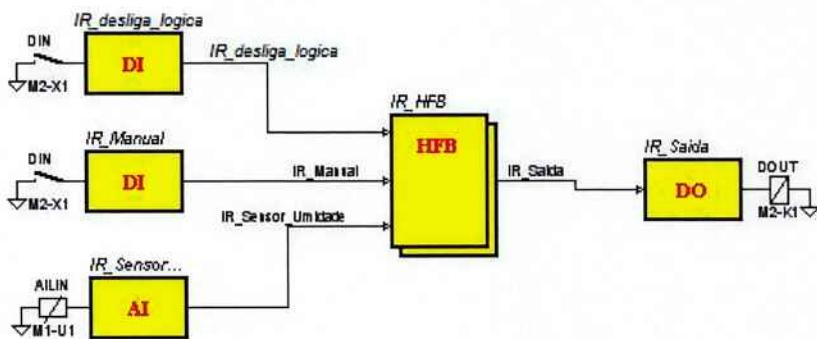


Figura 21 – Entradas e saídas do módulo de controle de irrigação

A figura 21 mostra as entradas e saídas da lógica de controle do módulo e irrigação. O acionamento dos sprinklers pode estar atrelado ao valor lido pelo sensor de umidade, representado na entrada *IR\_Sensor\_umidade*, ou ao controle manual, representado pela entrada *IR\_Manual*. A entrada *IR\_desliga\_logica* destiva a lógica de irrigação

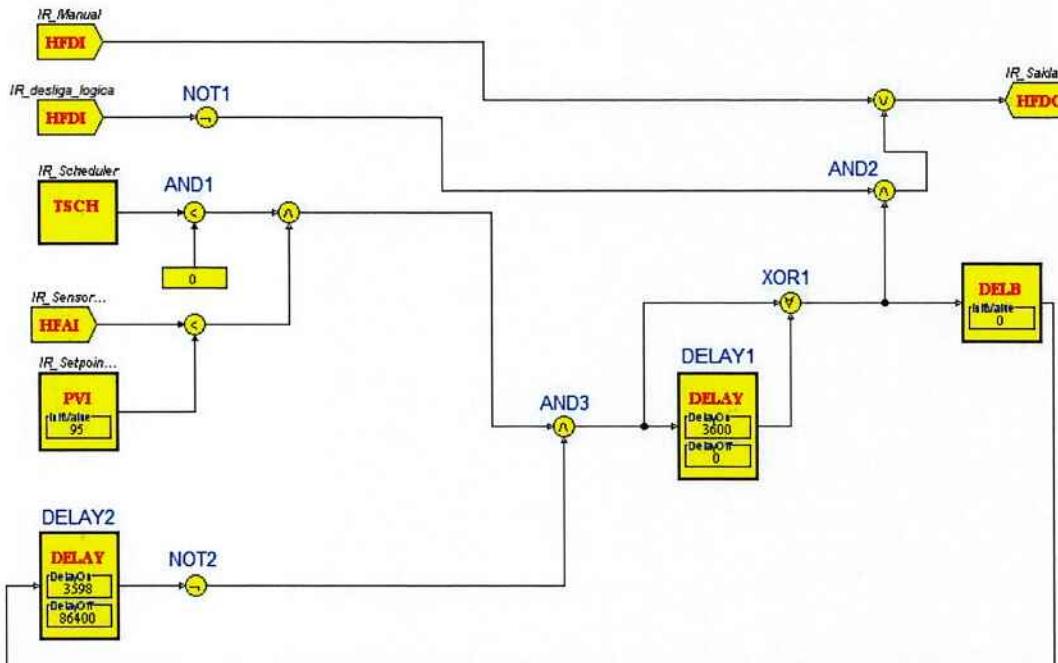


Figura 22 – Lógica de controle do módulo de irrigação

A figura 22 ilustra o HBF da figura 21 expandido.

Com *IR\_Manual* e *IR\_desliga\_logica* em 0, temos 2 fatores atuando no funcionamento do irrigador. O primeiro é a entrada *IR\_Sensor\_Umidade*, que é comparada com o valor de *IR\_Setpoint\_Umidade*, e, caso seja menor, seta em 1 uma das entradas da porta *AND3*.

O segundo fator é o tempo decorrido desde o último funcionamento do sprinkler, e sua lógica está expressa pelo grupo delimitado em vermelho na figura. *IR\_Scheduler* tem programados

em si os horários permitidos para o funcionamento do sistema de irrigação. Como já explicado isso se deve a uma limitação de ordem prática à rega de plantas: se ela for feita em horários de sol a pino as plantas podem se queimar ou se desidratar. Portanto, foi definido que o sprinkler pode ser acionado antes das 9h ou após as 17h.

Como já explicado, se o horário atual estiver dentro do período definido pelo Time Scheduler, sua saída é negativa. Assim sendo, habilita-se uma das portas de *AND1*. Se a porta correspondente a comparação do nível de umidade com o setpoint também estiver ativa, a saída de *AND1* é 1. Partimos então para a análise dos tempos envolvidos no funcionamento do irrigador.

O componente *DELAY1* é responsável por quanto tempo o irrigador permanece ligado. Quando a saída de *AND3* torna-se 1, a saída de *DELAY* permanece em 0 por mais 3600s(*DelayOn*). Assim, a saída de *XOR1* também será 1, o que habilita a saída de *AND2*, e consequentemente, da saída *IR\_Saída*, acionando o irrigador. Nesse momento, a entrada de *DELB* passa a ser 1, e, um ciclo de programa depois, sua saída também é 1. Como pode ser observado, essa saída é a entrada de *DELAY2*. Dessa forma, *DELAY2* passa a introduzir um atraso de 3598s em seu sinal de entrada, que é 1. Depois desse período, joga o valor de sua entrada na saída, e ele é negado por *NOT2*, fazendo com que a saída de *AND3* seja 0. Como o DelayOff de *DELAY1* é 0, as duas entradas de *XOR1* Passam a ser 0, o que zera sua saída e, consequentemente, desliga o irrigador. Dessa forma, conseguimos limitar o tempo de funcionamento do irrigador em 1 hora. Vale ressaltar que a princípio a utilização de *DELB* é desnecessária, pois bastaria setar o DelayOff de *DELAY2* em 3600s. Por uma limitação prática, no entanto, não é permitido uma realimentação direta do circuito sem a introdução de um atraso de pelo menos 1 ciclo de relógio.

Uma vez que a saída de *XOR1* é 0, a entrada de *DELAY2* também o é. O valor estipulado em seu *DelayOff* é a limitação do tempo decorrido entre 2 acionamentos sucessivos do irrigador. Isso ocorre pois até atingir esse valor a saída de *DELAY2* continua sendo 1, o que faz com que *AND3* tenha uma entrada em 0. Somente depois desse período, a saída de *DELAY2* passa a ser 0, habilitando a porta de *AND3*, e possibilitando novamente o funcionamento do sprinkler. Se a entrada *IR\_Manual* estiver em 1, o sprinkler é acionado, independente do horário do dia ou do tempo decorrido desde o último funcionamento, e permanece ligado até que *IR\_Manual* torne-se 0. Ao ser desligado, a lógica entre a umidade, o horário e o tempo decorrido volta atuar no sistema.

Por fim, quando *IR\_desliga\_logica* está em 1, a lógica deixa de atuar sobre o irrigador, ficando ele sujeito apenas ao controle manual.

### 5.1.3 Lógica de controle de presença

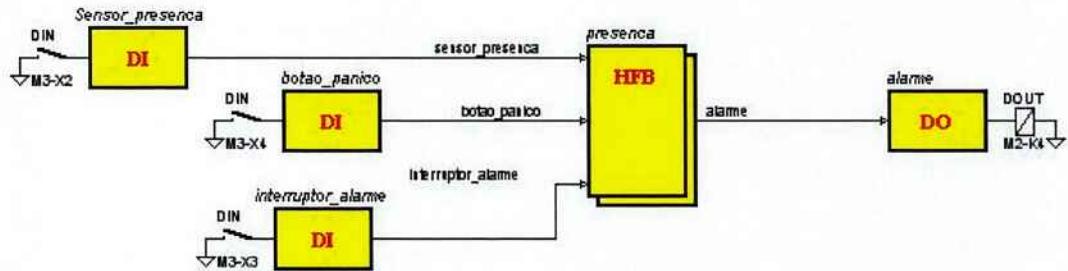


Figura 23 – Entradas e saídas do módulo de controle de presença

O módulo de controle de presença tem como entradas um sensor de presença, um botão de pânico e um interruptor de habilitação do alarme, como pode ser visto na Figura 23. Sua saída simplesmente ativa ou não o alarme.

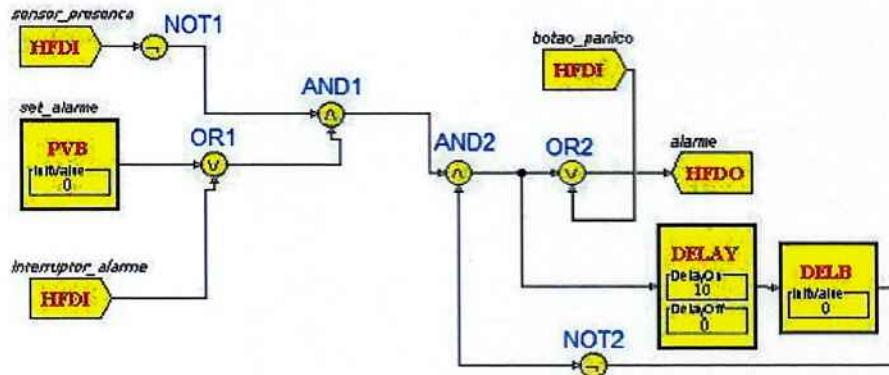


Figura 24 – Lógica de controle do módulo de presença

A figura 24 mostra a expansão do HFB da figura 23, ilustrando a lógica de controle do módulo de detecção de presença. O sensor de presença, representado pela entrada *sensor\_presenca*, fica ativo a todo o momento, e muda seu estado para 0 ao detectar presença no ambiente. Com a porta *NOT1*, esse sinal é negado, passando a ser 1 quando é detectada presença. Para a ativação ou não do alarme baseado na presença no ambiente existem 2 opções: ou através da entrada *interruptor\_alarme*, que corresponde a um interruptor instalado no próprio cômodo, ou pelo componente *set\_alarme*, que pode ter seu valor alterado através da interface remota. O interruptor é uma facilidade para que, estando na casa, a pessoa não tenha que entrar na Internet para ativar o alarme.

Como pode ser observado, *interruptor\_alarme* e *set\_alarme* são entradas da porta *OR1*. Assim, quando qualquer uma dessas formas de ativação está em 1 e é detectada presença, a saída da porta *AND1* torna-se 1, e consequentemente, a de *OR2*. Supondo que inicialmente a outra entrada de *AND2* seja 1, já que o alarme estava inativo, a saída de *AND2* passa a ser 1, ativando a saída *alarme*.

Para limitarmos o tempo de funcionamento do alarme foi introduzido o *DELAY*. Assim, quando o alarme é ativado, sua entrada fica em 1, mas devido ao DelayOn, somente 10s depois sua saída vai para 1. Quando isso acontece, o sinal , que é negado por *NOT2* vira 0, assim como uma das entradas de *AND2*, desligando o alarme.

O componente DELB foi colocado pela limitação prática já explicada anteriormente de se fechar um circuito sem introduzir um atraso de pelo menos 1 ciclo de relógio.

A última consideração a respeito desse circuito é o botão de pânico, que, quando habilitado, dispara o alarme, independente da detecção de presença.

A última consideração a respeito desse circuito é o botão de pânico, que, quando habilitado, dispara o alarme, independente da detecção de presença. Nesse caso, a saída alarme permanece ativada até que o botão seja desabilitado.

#### 5.1.4 Lógica de controle de temperatura

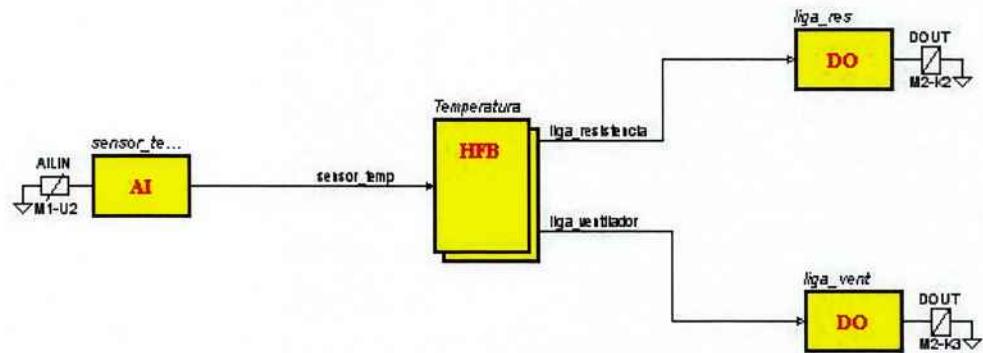


Figura 25 – Entradas e saídas do módulo de controle de temperatura

A figura 25 ilustra as entradas e saídas do módulo de controle de temperatura. Esse circuito é bastante simples, tendo como entrada o valor captado pelo sensor de temperatura (entrada *sensor\_temp*) e, como saídas, *liga\_res*, responsável por acionar a resistência, e *liga\_vent*, que liga o ventilador.

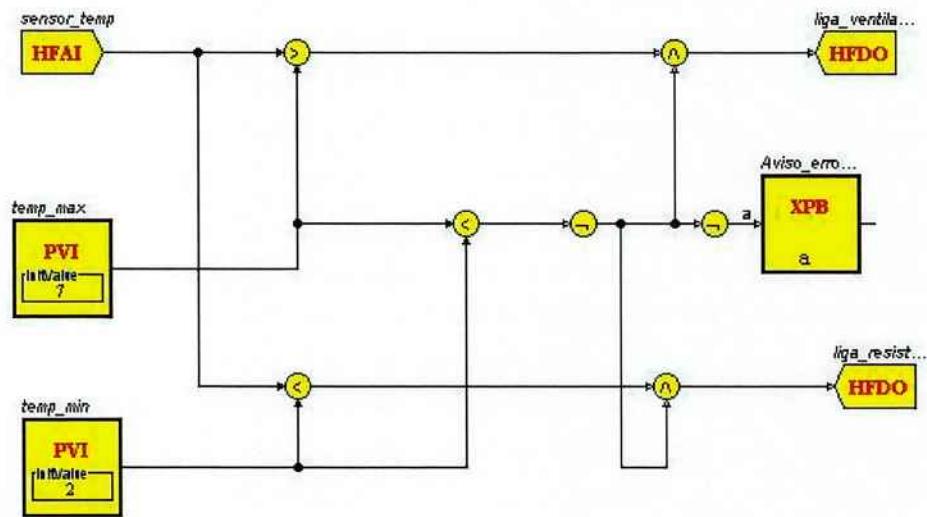


Figura 26 – Lógica de controle de temperatura

A Figura 26 ilustra a expansão do HFB da Figura 25, mostrando a lógica de controle da temperatura. O valor de *sensor\_temp* corresponde à temperatura do ambiente, e é comparado com dois outros valores: *temp\_max* e *temp\_min*. Se for maior que *temp\_max*, é acionada a saída *liga\_ventilador*; se for menor que *temp\_min*, é acionada a saída *liga\_resistor*. Os valores de *temp\_max* e *temp\_min* contam com o valor inicial expresso na lógica, mas podem ser modificados posteriormente através da interface Web.

Para garantir que o usuário não coloque na interface *temp\_max* menor que *temp\_min*, o que faria com que tanto o ventilador como a resistência fossem ligados na faixa de temperatura

ideal, existe a lógica destacada na figura. Quando temp\_max é menor que temp\_min, é enviado um aviso ao usuário através da saída aviso\_temp, e ambos os atuadores são desligados.

### 5.1.5 Lógica de controle de incêndio

A lógica de controle de incêndio simplesmente compara o valor da entrada com um patamar pré-estabelecido, e, se for maior, acionar o sprinkler para conter o incêndio. O valor estipulado como patamar não é modificável através da interface remota porque não há necessidade, já que é um valor limite típico para a identificação de um incêndio.

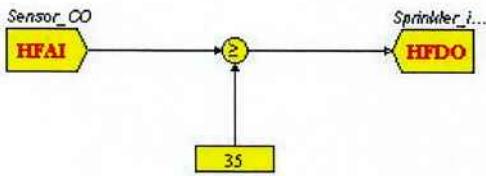


Figura 27 – Lógica do módulo de controle de incêndio

### 5.1.6 Terminal de mensagens

O terminal de mensagens é utilizado para que o usuário consiga enviar algumas mensagens definidas através da interface Web. Além disso, é possível a programação de um envio automático de até três mensagens durante o dia. A configuração da hora e de quais mensagens serão enviadas é feita via interface Web.

Dentro do sistema o terminal de mensagens trabalha utilizando o sistema de alarme do mesmo. Ou seja, quando o usuário entra na interface Web e envia uma mensagem, esta é

passada a uma lógica interna que ativara um alarme, que por sua vez já possui as mensagens pré-definidas. A mensagem escolhida é então encaminhada ao terminal.

O mesmo ocorre com as mensagens programadas. O sistema ativa um alarme que envia estas mensagens ao terminal.

A lógica do sistema é razoavelmente simples. Para a mensagem enviada imediatamente, o sistema simplesmente ativa o alarme. Para as mensagens agendadas, o sistema utiliza as configurações definidas pelo usuário na interface Web (ou seja, a hora e a mensagem) como parâmetros de forma que o alarme seja ativado na hora correta. A ferramenta TAC Menta possui funções específicas para realizar a comparação de horários, no caso para a verificação da hora do alarme.

## **5.2 Interface Web**

A interface Web do sistema foi desenvolvida através das ferramentas oferecidas pelos produtos TAC. Para o desenvolvimento das interfaces foi utilizada a ferramenta TAC Graphic Editor enquanto que, para disponibilizá-las, usa-se a ferramenta TAC XBuilder.

As páginas Web desenvolvidas ficam armazenadas dentro do nó Xenta 511, e são acessadas via Internet, utilizando um endereço IP já configurado no nó.

O nó já possui certificado SSL para proteger o sistema, e seu acesso é feito através de autenticação por senha. A segurança da rede é importante já que estamos falando de um sistema de automação residencial. Assim, uma falha na segurança poderia afetar os residentes.

Uma vez dentro do sistema pode-se acessar todas as funções de automação da residência. Através do frame da esquerda é possível tanto verificar o status atual dos subsistemas como interagir com eles, de acordo com as funcionalidades.

Além das funcionalidades já previstas no projeto, os usuários avançados podem acessar controles adicionais dos nós e verificar o status da rede. Este monitoramento também pode ser usado pelos administradores do sistema para resolver falhas do sistema.

O software TAC XBuilder permite também criar páginas de visualização dos sinais dos sensores e atuadores da rede, fazendo com que as páginas Web também possam ser utilizadas (como assim foram) para a realização dos testes de funcionalidade. A figura a seguir mostra a tela principal da interface Web.

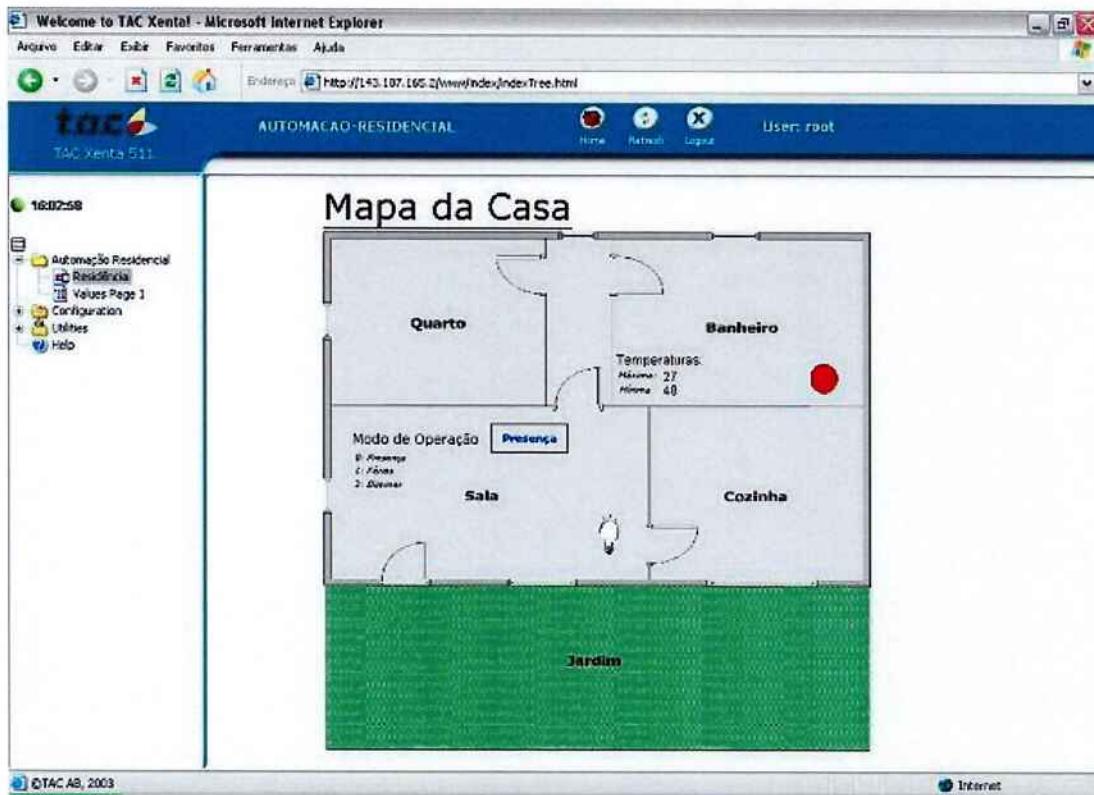


Figura 28 – Tela principal da interface Web

### 5.3 Módulos TAC Xenta

A seguir estão sucintamente descritos os módulos TAC Xenta utilizados na confecção do projeto.

#### 5.3.1 Xenta 511

O TAC Xenta 511 permite a conexão entre o PC e a rede LonWorks, possibilitando que as lógicas de controle sejam carregadas nos nós da rede. Além disso, ele é a porta de conexão da rede LonWorks com a Internet., possibilitando monitoração e controle remotos. Ele suporta tecnologias como HTML e Java applets, e usa HTTPS, dos protocolos mais seguros da Internet.



Figura 29 – TAC Xenta 511

### 5.3.2 Xenta 401

O TAC Xenta 401 é um controlador programável que armazena a lógica de controle da rede LonWorks. Ele não possui entradas ou saídas, devendo ser conectado a módulos de E/S, como o Xenta 422 ou Xenta 452. É possível a conexão de até 10 módulos de E/S a cada módulo de controle.

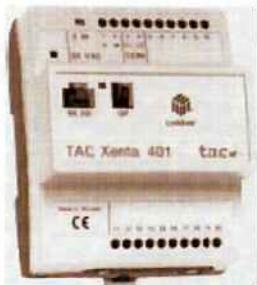


Figura 30 – TAC Xenta 401

### 5.3.3 Xenta 422

O TAC Xenta 422 é um módulo de entradas e saídas digitais: são 4 entradas e 4 saídas. Ele deve ser usado em conjunto com um controlador, como o Xenta 401. Suas entradas digitais comparam o valor da entrada com um valor de referência para a determinação do estado lógico. Já suas saídas funcionam como relês: quando em 1, copiam o valor de uma entrada de referência para a saída; se 0 zero, mantêm o circuito aberto.



Figura 31 – TAC Xenta 422

#### 5.3.4 Xenta 452

O TAC Xenta 452 é um módulo de entradas e saídas: são 4 entradas universais (configuráveis para atuarem como digitais ou analógicas), 4 entradas do tipo termistor e 2 saídas analógicas. As entradas, como já explicado no item anterior, comparam o valor com uma referência; as saídas analógicas, por sua vez, liberam valores de voltavem que podem variar de 0 a 10V.

#### 5.3.5 Xenta OP

O TAC Xenta OP é um terminal de mensagens designado para ser usado em conjunto com um módulo de controle. Ele tem um display LCD que pode mostrar inúmeros parâmetros de rede, bem como alarmes. Neste projeto ele é usado de forma que os alarmes enviados contenham pequenas mensagens pré-definidas, de modo a possibilitar o envio de informações da interface web a ele. Assim, ele ficará piscando a mensagem com o alarme até que seja pressionado o botão, atestando que a mensagem foi lida.



Figura 32 – TAC Xenta OP

#### 5.4 Maquete

Optamos por fazer uma maquete horizontal para acomodar melhor os diversos dispositivos. Sua base consiste numa placa de madeira de 1,10m por 1,10m apoiada por suportes que a deixam numa altura de 10cm do chão. Neste vão entre o chão e a placa ficam presos os nós TAC e grande parte das ligações elétricas.

No lado de cima da placa ficam presos todos os sensores e atuadores, que serão detalhados na próxima sessão. As paredes da casa foram feitas com plástico sanfonado, que é o mesmo material utilizado em pastas para guardar documentos. Na Figura 33 é possível observar a parte superior da maquete durante a sua construção.

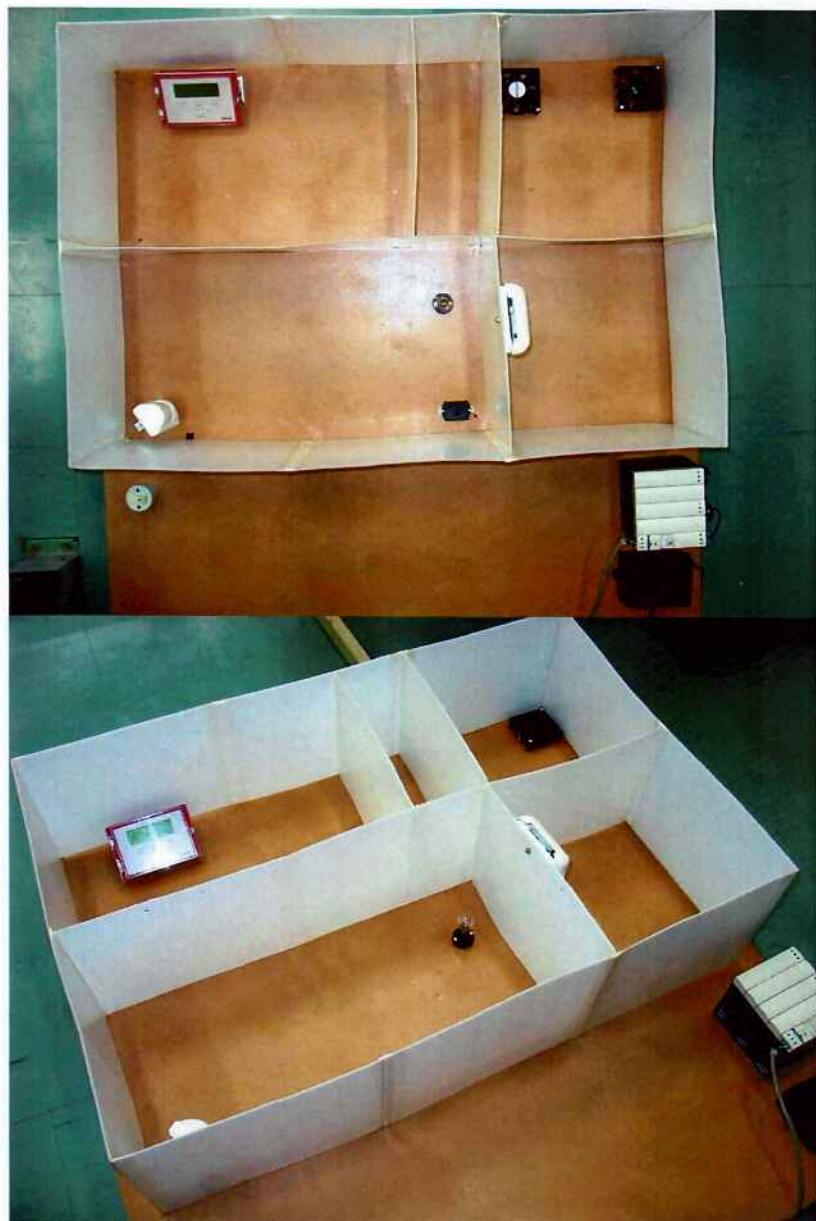


Figura 33 – Maquete

#### 5.4.1 Sensores e atuadores

A seguir estão brevemente descritos os sensores e atuadores utilizados no projeto, bem como sua forma de ligação à rede de controle.

#### ■ Nose

O Nose ou nariz eletrônico é um dispositivo de gerenciamento da qualidade do ar para ambientes fechados.



Figura 34 – Nose (nariz eletrônico)

Ele é diretamente ligado à rede (por par trançado), não necessitando do intermédio de módulos de E/S. cada uma dos parâmetros têm sua variável de rede correspondente:

Variável de Rede	Mensagem	Descrição	Unidade	Min/Max
nvoHVACTemp	SNVT_temp_p	Temperatura	Graus Celsius	0-38 °C
nvoHVACRH	SNVT_lev_percent	Umidade (RH)	porcentagem	0-100%
nvoCO2ppm	SNVT_ppm	Dióxido de Carbono (CO2)	ppm	0-5000 ppm
nvoCOppm	SNVT_ppm	Monóxido de Carbono (CO)	ppm	0-200 ppm
nvoONGpct	SNVT_lev_percent	Gases e Odores (TVOCs)	porcentagem	0-100%

Tabela 1 – Variáveis de Rede e mensagens do dispositivo Nose

Ele coleta e registra os valores atuais e históricos das variáveis ambientais temperatura, gases e odores, umidade relativa do ar, CO e CO2. Periodicamente, esse equipamento gera mensagens LonTalk, responsáveis pela divulgação das medidas tomadas na rede LonWorks.

Dessa forma, o nose gera entradas para os circuitos de controle de incêndio e controle de irrigação.

- **Sensor de presença**

Foi usado um sensor de presença comum, como pode ser verificado na figura abaixo:

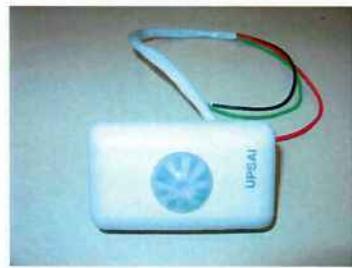


Figura 35 – Sensor de presença

- **Sensor de luminosidade**

O sensor de luminosidade é extremamente simples, sendo composto apenas por um fotodiodo e uma resistência. A luminosidade do ambiente é transformada para uma tensão, que pode variar de 0 a 10V.

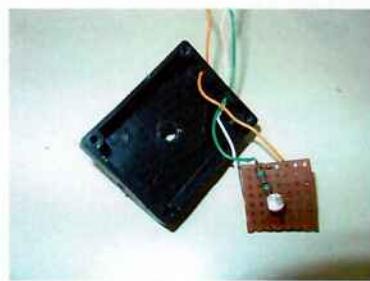


Figura 36 – Sensor de luminosidade

- **Sensor de temperatura**

Foi usado como sensor o circuito integrado LM35, que tem variação 10mv/°C, e consegue medir temperaturas na faixa 0-150°C.



Figura 37 – Sensor de temperatura

#### ■ **Buzzer**

O buzzer é usado como alarme sonoro. Ele deve ser ligado a uma fonte 12VDC.

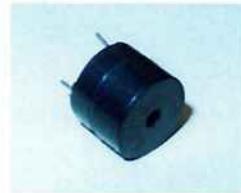


Figura 38 – Buzzer

#### ■ **Sprinkler**

Tanto para o sprinkler do módulo de controle de incêndio como para o irrigador será usado um sprinkler comumente empregado em irrigação, ao ser acionado, o sprinkler abre, liberando o jato d'água.



Figura 39 - Sprinkler

■ **Resistência**

Foi usada uma resistência de chuveiro de  $11\Omega$ . Para não queimar ao ser ligada com o ar, ela foi ligada em 12VDC, o que a faz dissipar somente parte de sua potência máxima.



Figura 40 – Resistência

■ **Ventilador**

Foram usados 2 coolers de PC de 12VDC como ventiladores.



Figura 41 – Cooler usado como ventilador

■ **Lâmpada**

Foi usada uma lâmpada comum de 127V.



Figura 42 – Lâmpada 127V

**5.4.2 Circuito de dimmerização**

Foi utilizado um circuito de dimmerização comercial, que pode ser observado na figura abaixo:

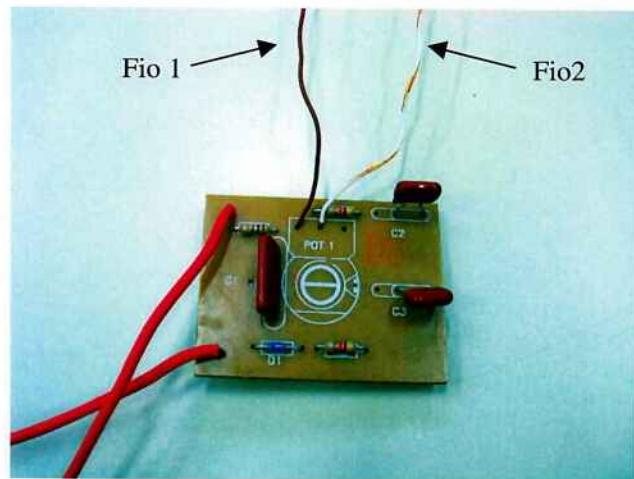


Figura 43 - Circuito dimmer

Esse circuito, no entanto, precisou ser modificado de modo a tornar-se discreto. Para tanto, o potenciômetro 0-100Ω foi substituído por resistências, de modo a consumir parte da potência do circuito, variando a luminosidade da lâmpada. Os fios 1 e 2 forma ligados da seguinte forma:

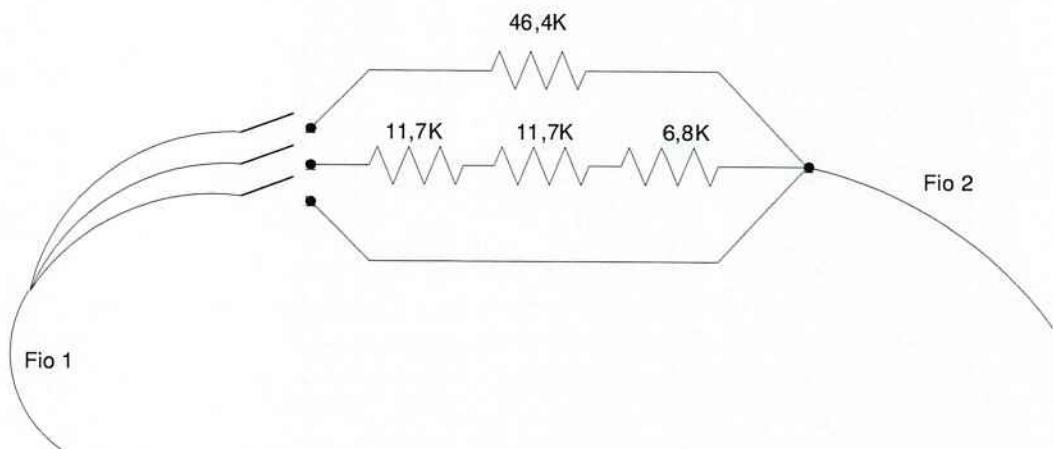


Figura 44 – Circuito de discretização do dimmer

Como pode ser observado, o fio 1 divide-se em 3, e cada um deles é ligado a uma saída digital dos módulos TAC Xenta. Como já explicado na lógica do módulo de iluminação, é ativada no máximo uma saída por vez, fechando o circuito e variando a luminosidade da lâmpada.

Os valores de resistência foram definidos empiricamente, de forma a obter níveis nitidamente diferentes de luminosidade. Assim, quando é fechado o circuito em que não há resistência, a luminosidade da lâmpada é máxima; no circuito com as três resistências, a luminosidade é média e, com a resistência de  $46,4\text{K }\Omega$ , é fraca.

## 5.5 Cronograma Final

O cronograma do projeto foi dividido em 2 fases, baseado nas disciplinas cursadas nos dois semestres do ano. No primeiro semestre foi cursada a disciplina PCS2501, que tinha por objetivo a completa especificação do projeto; no segundo semestre, a disciplina 2502 visa a real confecção do projeto. A seguir estão detalhados os cronogramas e principais atividades de cada uma das duas fases.

### 5.5.1 Primeira fase

Depois de realizadas algumas reuniões do grupo com o orientador do projeto e feito um estudo inicial sobre a tecnologia LonWorks, foi possível definir com precisão o escopo macro do projeto, incluindo todas as funcionalidades do sistema que serão implementadas.

Também foi dado início a um estudo detalhado dos elementos disponibilizados pela TAC, como o sistema TAC Vista IV, TAC Server, TAC Workstation, além dos nós da série TAC Xenta.

A equipe desenvolveu pesquisas, interando-se em seminários a respeito da tecnologia LoWorks e buscando contatos que possam alavancar a aquisição de conhecimento, esta etapa é importante para evitar futuras surpresas, diminuindo os riscos da fase de desenvolvimento. A equipe passou a participar de um grupo de estudos relacionado à tecnologia LonWorks que foi no LAA (Laboratório de Automação Agrícola), e tem como principais objetivos:

- Difusão da tecnologia, através de cursos, palestras e atividades práticas;
- Implantação de lista de discussão;
- Implantação de um portal que deverá servir como um repositório de informações, literatura e materiais diversos de interesse ao grupo;
- Treinamento prático em projetos e aplicações.

No dia 24 de abril ocorreu a primeira reunião, que foi uma aula introdutória à tecnologia, destacando conceitos básicos e dando a visão de sua aplicação em projetos reais.

Além disso, a equipe desprendeu um esforço grande para dimensionar e planejar o projeto de forma adequada, para que o controle da execução do projeto pudesse com eficiência, promovendo um produto de alta qualidade e confiabilidade.

Por último, foi dado início a um estudo detalhado dos elementos disponibilizados pela TAC, como o sistema TAC Vista IV, TAC Server, TAC Workstation, além dos nós da série TAC Xenta.

O cronograma relativo à primeira fase do projeto está detalhado a seguir:

Atividade	Data Início	Data Fim	Responsável			
			GU	JM	MS	ML
<b>1 Passos Iniciais</b>	<b>6/3/2006</b>	<b>27/3/2006</b>				
1.1 Escolha do tema do projeto	6/3/2006	16/3/2006	x	x	x	x
1.2 Estudo geral sobre a automação predial e doméstica	17/3/2006	22/3/2006	x	x	x	x
1.3 Estudo geral sobre protocolo LonWorks	17/3/2006	22/3/2006	x	x	x	x
1.4 Bate-papo informal com o orientador a respeito das possibilidades de escopo do projeto	22/3/2006	23/3/2006	x	x	x	x
1.5 Elaboração do documento de proposta do Projeto de Formatura	23/3/2006	27/3/2006	x	x	x	x
<b>2 Definição do escopo macro do projeto</b>	<b>27/3/2006</b>	<b>15/5/2006</b>				
2.1 Comparecimento à palestra "Introdução à Tecnologia Lonworks"	24/4/2006	25/4/2006	x	x	x	x
2.2 Estudo das funcionalidades de controle e atuação passíveis de serem feitas com redes LonWorks em uma residência	27/3/2006	8/5/2006	x	x	x	x
2.3 Encontro entre os membros do projeto para discussão do escopo macro	8/5/2006	9/5/2006	x	x	x	x
2.4 Reunião com o orientador para definição do escopo macro	9/5/2006	10/5/2006	x	x	x	x
2.5 Elaboração do Relatório Inicial de Especificação	10/5/2006	15/5/2006	x	x	x	x
<b>3 Aprofundamento teórico</b>	<b>16/5/2006</b>	<b>22/6/2006</b>				
3.1 Levantamentos dos tipos de sensores e atuadores compatíveis com o protocolo LonWorks	16/5/2006	15/6/2006	x	x	x	x
3.2 Estudo detalhado sobre os tipos de nós LonWorks	16/5/2006	15/6/2006	x	x	x	x
3.3 Estudo detalhado sobre os tipos de redes e interconexões LonWorks	16/5/2006	15/6/2006	x	x	x	x
3.4 Reunião de acompanhamento com o orientador	15/6/2006	16/6/2006	x	x	x	x
3.5 Reunião com o orientador para discussão sobre o detalhamento do escopo	21/6/2006	22/6/2006	x	x	x	x
<b>4 Especificação final do projeto</b>	<b>17/6/2006</b>	<b>3/7/2006</b>				
4.1 Elaboração do Relatório Final de Especificação do projeto	17/6/2006	26/6/2006	x	x	x	x
4.2 Discussão do relatório com o orientador	26/6/2006	26/6/2006	x	x	x	x
4.3 Revisão do relatório após feedback do orientador e da comissão julgadora	30/6/2006	3/7/2006	x	x	x	x
4.4 Elaboração da apresentação da especificação do projeto	30/6/2006	3/7/2006	x	x	x	x

Tabela 2 – Cronograma relativo ao primeiro semestre

### 5.5.2 Segunda fase

Primeiramente foi definido que seriam utilizados nós TAC Xenta, pela compatibilidade com as ferramentas TAC, o que conferiu maior facilidade à confecção do projeto. Com essa definição, decidiu-se também o cabeamento, já quem o uso de par-trançado é o mais comum aos módulos TAC, e a interface humano-máquina, já própria da ferramenta TAC.

Nesse momento sentiu-se a necessidade de uma familiarização com as ferramentas TAC, de modo a compreender o processo de criação da rede baseado nelas. Sentimos algumas dificuldades nesse aspecto devido à pouca didática do material de apoio fornecido pela ferramenta para a compreensão dos passos necessários desde a elaboração da lógica até sua passagem aos nós. Até mesmo os próprios datasheets dos módulos deixam um pouco a desejar quanto à completude e facilidade de compreensão. Além disso, há configurações especiais a serem feitas quando o sistema operacional é o Windows XP, o que não era sabido e atrasou a instalação das ferramentas. Por isso, essa etapa acabou levando mais tempo do que era originalmente previsto.

Pôde-se partir então para o desenvolvimento das lógicas de controle dos módulos. Todo o desenvolvimento ocorreu na mesma época, e seus ajustes forma feitos conforme necessário ao longo do tempo. Por ter um funcionamento diferente dos outros módulos, preferimos postergar o desenvolvimento da lógica envolvida no terminal de comunicação.

Passou-se então a atuar na seleção de sensores e atuadores de forma a atender nossas necessidades e no projeto da maquete. Com os sensores e atuadores selecionados, pôde-se dar início aos primeiros testes com a lógica já carregada nos nós. Os testes progrediram com sucesso até que, por acidente, os módulos queimaram. Foram queimados 5 módulos: um módulo 511, um 454, 2 422 e um 401. Como sua substituição levou duas semanas, os testes tiveram sua execução atrasada, comprometendo o cronograma planejado.

Quanto à documentação, a confecção do pôster ocorreu como planejado, mas a parte de testes e avaliação do projeto também ficou deficitária devido à avaria aos nós.

O cronograma relativo à segunda fase do projeto encontra-se a seguir.

Atividade	Data Início	Data Fim	Responsável				
			G	U	J	M	S
<b>1 Escolha das características da rede</b>	<b>3/7/2006</b>	<b>10/7/2006</b>					
1.1 Escolha dos tipos de nós	3/7/2006	10/7/2006	x	x	x	x	
1.2 Escolha do tipo de cabeamento	3/7/2006	10/7/2006	x		x		
1.3 Escolha do tipo de linguagem de interface humano-máquina	3/7/2006	10/7/2006		x		x	
<b>2 Inicialização prática</b>	<b>3/7/2006</b>	<b>28/7/2006</b>					
2.1 Familiarização com o software TAC Vista	3/7/2006	28/7/2006					
2.1.1 TAC Vista Server and Workstation	3/7/2006	21/7/2006	x	x	x	x	
2.1.2 TAC Vista Webstation	3/7/2006	21/7/2006	x	x	x	x	
2.1.3 TAC Vista Menta	10/7/2006	28/7/2006	x	x	x	x	
2.1.4 TAC Vista Graph	10/7/2006	28/7/2006	x	x	x	x	
<b>3 Desenvolvimento do projeto</b>	<b>2/8/2006</b>	<b>4/12/2006</b>					
3.1 Desenvolvimento da lógica de controle	2/8/2006	23/10/2006					
3.1.1 Módulo de Iluminação	2/8/2006	18/9/2006	x	x	x	x	
3.1.2 Módulo de Irrigação	9/8/2006	18/9/2006	x	x	x	x	
3.1.3 Módulo de Detecção de Presença	11/9/2006	18/9/2006	x	x			
3.1.4 Módulo de Controle de Incêndio	11/9/2006	18/9/2006	x	x			
3.1.5 Módulo de Temperatura	9/8/2006	18/9/2006	x	x	x	x	
3.1.6 Módulo de Terminal de Comunicação	25/9/2006	23/10/2006	x	x	x	x	
3.2 Programação e teste dos nós	18/9/2006	9/12/2006					
3.2.1 Módulo de Iluminação	18/10/2006	6/11/2006		x	x		
3.2.2 Módulo de Irrigação	6/11/2006	6/12/2006		x	x		
3.2.3 Módulo de Detecção de Presença	6/11/2006	6/12/2006			x	x	
3.2.4 Módulo de Controle de Incêndio	6/11/2006	6/12/2006	x	x			
3.2.5 Módulo de Temperatura	6/11/2006	6/12/2006	x	x			
3.2.6 Módulo de Terminal de Comunicação	15/11/2006	6/12/2006	x	x			
3.3 Conversão de unidades dos sensores e atuadores	11/9/2006	18/9/2006		x	x		
3.4 Desenvolvimento da interface gráfica	19/9/2006	6/12/2006		x	x		
3.5 Integração do sistema	6/11/2006	9/12/2006	x	x	x	x	
<b>3.6 Construção da maquete</b>	<b>25/9/2006</b>	<b>9/12/2006</b>					
3.6.1 Projeto da maquete	25/9/2006	5/10/2006	x	x	x	x	
3.6.2 Estimativa de custos	30/9/2006	5/10/2006		x	x		
3.6.3 Construção	9/10/2006	15/11/2006	x	x			
3.7 Montagem do sistema na maquete	15/11/2006	9/12/2006	x	x	x	x	
3.8 Testes finais	6/12/2006	9/12/2006	x	x	x	x	
<b>4 Documentação</b>	<b>16/10/2006</b>	<b>10/12/2006</b>					
4.1 Relatório	16/11/2006	2/12/2006	x	x	x	x	
4.2 Pôster	14/11/2006	20/11/2006		x	x		
4.3 Apresentação	4/12/2006	10/12/2006	x	x			

Tabela 3 – Cronograma relativo ao segundo semestre

## 5.6 Custos envolvidos

Nossos custos envolvem a construção da maquete e alguns sensores e atuadores que não tinham como ser disponibilizados pelo laboratório de projeto de formatura e os quais os integrantes do grupo não possuíam. Os módulos de controle e o terminal de mensagens foram emprestados pelo nosso orientador.

Os materiais utilizados na construção da maquete foram a placa de madeira e as pastas plásticas. Para acoplar na maquete os atuadores e sensores foram utilizados os parafusos, porcas e arruelas. Os sensores que foram comprados são os sensores de presença, os demais foram disponibilizados pelo laboratório. Os atuadores comprados são os buzzers, a resistência, os sprinklers e o dimmer, os demais atuadores os componentes do grupo forneceram. As placas perfuradas e as outras placas foram utilizadas para a infra-estrutura do circuito que liga os controladores com os sensores e atuadores. Pelo baixo custo, optamos por ratear estas despesas entre os componentes do grupo. A tabela com a listagem das despesas encontra-se a seguir.

Material	Quatidade	Valor(R\$)	Total
madeira	1	40,00	40,00
dimmer	1	19,50	19,50
porcas, parafusos e arruelas	1	10,00	10,00
placas	2	3,00	6,00
buzzers	2	3,00	6,00
sensor de presença	1	25,00	25,00
sensor de presença	1	15,00	15,00
resistência	1	6,50	6,50
pastas de plástico	1	21,00	21,00
placas perfuradas	2	6,00	12,00
sprinklers	2	11,00	22,00
<b>Total</b>			<b>183,00</b>

Tabela 4: Tabela de custos

## **6 TESTES E AVALIAÇÃO**

A seguir detalharemos como foram feitos os testes para cada grupo de funcionalidade do sistema. Até o momento da redação deste documento algumas funções ainda não estavam totalmente testadas e implementadas, como será explicitado mais adiante.

### **6.1 Iluminação**

Durante a fase de programação da lógica das funções de iluminação, que foi a primeira a ser desenvolvida (e a mais complexa do projeto), inicialmente foram testados de forma isolada os elementos mais completos do circuito para que o grupo se familiarizasse com seu funcionamento. Dentre estes elementos, destacamos o TIME SCHEDULER e o DELAY. Feito isso, partiu-se para o desenvolvimento de cada uma das funções individuais: dimmer, programação de férias e módulo de presença. Durante a construção de cada bloco funcional, eram feitas diversas simulações através de uma ferramenta própria para isto presente no TAC Menta, o que permitia identificar e corrigir os erros de lógica. Assim que o funcionamento de cada um deles foi aprovado, foi feita a integração dos três blocos funcionais, as simulações e correções necessárias.

Após os testes de lógica, partiu-se para a configuração da rede e montagem do circuito elétrico. Mais uma vez optou-se por montar e testar o circuito de cada módulo funcional separadamente. Nesta fase foram identificadas novas correções a serem feitas na programação dos nós, principalmente devido ao nível de voltagem com que o sensor de luminosidade e as lâmpadas trabalhavam e ao funcionamento do sensor de presença, que possuía uma lógica inversa ao que esperávamos.

Por fim, foram integrados os circuitos elétricos de todos os blocos para então executar os testes e avaliações das funções relacionadas a luminosidade.

## **6.2 Temperatura**

Devido à simplicidade da lógica do controle de temperatura, que apenas verifica se o valor passado pelo sensor está dentro de um intervalo definido pelo usuário, foi bastante rápido o processo de programação e simulação do circuito lógico.

O teste do circuito elétrico também foi rápido devido à sua simplicidade. De início, houve uma certa dificuldade na adequação do software à sensibilidade do sensor de temperatura, porém isto foi superado.

## **6.3 Detecção de presença**

A prática adquirida na utilização do sensor de presença para o controle de iluminação tornou o processo de desenvolvimento, simulação e testes relativamente rápido.

Como pôde ser observado no detalhamento dos programas dos nós, o circuito lógico para a detecção de presença é bastante simples, sendo constituído pela lógica do botão pânico, da ativação manual e do acionamento atrelado ao sensor. De forma análoga ao que foi feito na parte de iluminação, cada uma das duas partes do circuito foi simulada isoladamente. A mesma estratégia foi aplicada no momento da montagem e teste do circuito elétrico. Não houve problemas nesta parte devido à simplicidade deste módulo e do funcionamento do buzzer, que apenas emite um alarme sonoro ao ser alimentado com 12VDC.

#### **6.4 Irrigação**

O módulo de irrigação do jardim demandou certo esforço da equipe devido à complexidade da lógica, que envolve acionamento manual, nível de umidade do ar, programação de horário e tempo decorrido desde o último acionamento. Mais uma vez, cada um destes elementos foi simulado separadamente, para só então efetuarmos a integração de todos os blocos funcionais. Neste ponto do projeto, demoramos a perceber a limitação prática do TAC Menta envolvendo a impossibilidade de realimentar diretamente o bloco DELAY, o que forçou a utilização de um DELB como detalhado anteriormente.

Os testes práticos ocorreram como o esperado, porém não foi utilizada água por fatores práticos e por não ser necessária na comprovação do seu funcionamento.

#### **6.5 Controle de incêndio**

A lógica do módulo de controle de incêndio é, sem dúvidas, a mais simples de todas, visto que apenas compara o valor de uma entrada analógica a um valor inteiro fixo. Assim, não houve dificuldades em seu desenvolvimento, e sua validação através de simulações foi quase imediata. O mesmo se aplica para os testes práticos, que foram rápidos e sem contratemplos devido ao simples funcionamento do nose.

#### **6.6 Terminal de mensagens de aviso**

A lógica do terminal de mensagens foi a última a ser desenvolvida, pois o estudo do seu funcionamento e a familiarização com o componente só foram feitos na fase final do projeto. Porém, não houve problemas maiores nos processo de testes e implementação e, assim, seu funcionamento ficou de acordo com o especificado.

## **7 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O projeto de formatura é um trabalho que consolida 5 anos de aprendizado no curso de Engenharia. Devido à sua grande complexidade e à inexperiência dos integrantes do grupo em projetos desta magnitude, era esperado que houvesse certa dificuldade quanto às estimativas de prazos e custos decorrentes das funcionalidades a serem implementadas.

As dificuldades iniciais que o grupo encontrou podem ser resumidas à falta de familiaridade com as ferramentas e com os conceitos que envolvem a tecnologia LonWorks. Para esta fase a ajuda do co-orientador foi fundamental, visto que ele possui bastante experiência neste tema e nos esclareceu quanto às atividades que deveriam ser priorizadas.

Além disso, como em todos os projetos com um grande número de atividades que dependem de fatores externos, houve imprevistos que comprometeram o cronograma inicial. Um destes imprevistos, aliás, causou grandes transtornos, afetando significativamente a etapa final do projeto, uma vez que todos os módulos TAC Xenta que vinham sendo utilizados foram queimados após um descuido do grupo. Porém, dificuldades como esta puderam ser superadas e o resultado final foi plenamente satisfatório. Isto se deve não só ao empenho extra dos integrantes do grupo na fase final, mas à colaboração fundamental do orientador, que nos ajudou a substituir os módulos o mais rápido possível, e às empresas que nos apoiaram desde o início: TAC Americas, Schneider Electric e Conceito Tecnologia.

Por fim, é importante citar a coesão e sinergia entre os integrantes do grupo. O estabelecimento das reuniões semanais na fase de implementação foi fundamental para que os objetivos definidos no início do ano fossem alcançados.

## **REFERÊNCIAS**

Salomão, E. C.; Serikaku, P.; Rodrigues, T. M. Barramento de Controle LON – Local Operating Network, Componentes e Ferramentas de Suporte, 2005

Canhos, D. A. L.; Souza, S. de; Giovanni, R. de; Siqueira, M. F. de; Marino, A.; Fonseca, R. L.; Cruz, B. A.; Canhos, V. P. Estudo de Caso-Sistemas de Informação On-line: A experiência do CRIA. Disponível em:

<[http://www.cria.org.br/cgee/documentos/ntcria\\_vs5.doc#\\_Toc105647974](http://www.cria.org.br/cgee/documentos/ntcria_vs5.doc#_Toc105647974)>, acesso entre Agosto e Novembro 2006

Echelon . <<http://www.echelon.com/developers/lonworks/default.htm>>, acesso entre Agosto e Novembro 2006

Datasheet TAC Xenta OP – Operator Panel, Julho 2000

Datasheet TAC Xenta 421/422 – Digital Input and Output Module, Julho 2001

Datasheet TAC Xenta 451/452 – Analag Input and Output Module, Julho 2001

Datasheet TAC Xenta 401 – Controller, Freely programmable, Julho 2001

Datasheet TAC Xenta 511 – Web Server for LonWorks Network, Junho 2002

Manual TAC Vista IV – TAC Menta, Maio 2002

Manual TAC Vista IV – TAC Vista Server, Maio 2002

Manual TAC XBuilder – Programming Tool for TAC Xenta 511, Junho 2002

Datasheet LM35DZ – Precision Centigrade Temperature Sensors, Novembro 2000

## **APÊNDICE I – ESTRUTURA DO CD**

O Apêndice II é um CD contendo toda a documentação do projeto, bem como os códigos-fonte, manuais e datasheets consultados durante o trabalho. A estrutura deste CD é a seguinte:

**Pasta Relatorios:** Contém todos os relatórios feitos durante o ano, desde a definição do tema até o relatório final, além da apresentação final do primeiro semestre.

- PCS2501-xx-R-2006.doc
- PCS2501-xx-Espec1-2006.doc
- PCS2501-xx-EspecPF-2006.doc
- PCS2502-xx-RA1-2006.doc
- PCS2502-xx-RA2-2006.doc
- PCS2502-xx-DF-2006.doc
- Automacao\_Res.ppt

**Pasta Datasheets:** Contém todos os datasheets que especificam os módulos TAC Xenta, o nose e o sensor de temperatura, além dos manuais das ferramentas TAC utilizadas.

- TAC Menta.pdf
- TAC Vista Server.pdf
- TAC Xbuilder.pdf
- TAC Xenta 401.pdf
- TAC Xenta 421-422.pdf
- TAC Xenta 451-452.pdf
- TAC Xenta 511.pdf
- TAC Xenta OP.pdf

- LM35.pdf
- Nose.pdf

**Pasta Códigos:** Contém o arquivo .MTA com as lógicas de controle e os arquivos da interface Web.

- automacao\_res.mta
- automacao\_res.html