

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA PÓLITÉCNICA

DANILO DE OLIVEIRA CORREA
EDUARDO BORTOLOTTE
MARCO ANTONIO BOU ANNE

CASA INTELIGENTE

V2

São Paulo
2005

DANILO DE OLIVEIRA CORREA
EDUARDO BORTOLOTTE
MARCO ANTONIO BOU ANNE

CASA INTELIGENTE

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

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Cugnasca
Co-orientador: Rafael de Aquino Cunha

V2

São Paulo
2005

Sumário

1	Agradecimentos.....	5
2	Resumo.....	6
3	Abstract	7
4	Introdução	8
4.1	Objetivo.....	8
4.2	Motivação.....	8
4.3	Organização.....	9
5	Aspectos Conceituais	12
5.1	Conceito de Casa Inteligente.....	12
5.2	Tecnologia Empregada.....	14
6	Especificação do Projeto de Formatura.....	16
6.1	Arquitetura do sistema	16
6.2	Descrição dos equipamentos de hardware	19
6.3	Descrição das ferramentas de software	24
6.4	Características funcionais do projeto	26
6.4.1	Controle de luminosidade	27
6.4.2	Controle de temperatura	27
6.4.3	Controle de presença de pessoas na casa	28
7	Metodologia	30
8	Projeto e Implementação.....	33
8.1	Atividades de implementação	33
8.1.1	Desenho da planta e esquema elétrico do protótipo da casa	34
8.1.2	Maquete integrando a rede LON com seus módulos e a planta da casa contendo os sensores e atuadores	38
8.1.3	Elaboração das lógicas de controle para as características funcionais.....	41
8.1.4	Carregamento das lógicas de controle na rede LON.....	49
8.1.5	Testes da lógica de controle e monitoramento das variáveis de ambiente	52
8.1.6	Interface homem-máquina do sistema	52
9	Considerações Finais.....	59
9.1	Balanço do trabalho.....	59
9.2	Perspectivas de continuidade	59
9.3	Comentário individual dos integrantes do grupo	60
10	Referências Bibliográficas	62

1 Agradecimentos

À TAC Schneider pela doação dos módulos de rede LON.

À Conceito, através do apoio dado por Rafael de Aquino Cunha, aluno de mestrado do Prof. Dr. Carlos Cugnasca.

Aos técnicos do Laboratório de Projeto de Formatura, pelo fornecimento de recursos e materiais adicionais.

Ao Ricardo Caneloi, por empréstimo da chave do laboratório para uso do mesmo nos fins de semana.

2 Resumo

A Casa Inteligente converge sofisticados sistemas de automação e cabeamento e um conjunto de atuadores conectados a uma central computadorizada de controle, criando, assim, soluções integradas para o uso automatizado de, praticamente, todos os serviços domésticos de uma moderna residência, conferindo à casa maior conforto, segurança e praticidade.

O projeto integra uma rede composta por nós inteligentes à Internet por meio de uma rede TCP-IP, proporcionando assim, a possibilidade de monitoramento e atuação sobre o sistema à distância, bem como a integração com sistemas de alerta.

3 Abstract

The Smart House unites converges sophisticated automation systems and cabling and a group of actuators connected to a control central computer creating integrated solutions to automated use of almost every domestic service on a modern house, providing more comfort, security and usability.

The project integrates a network composed by intelligent nodes with Internet by a TCP-IP network, allowing remote supervising and action on the system. Besides, it may be integrated with an alert system.

4 Introdução

4.1 Objetivo

Este projeto tem como objetivo a elaboração de um protótipo que demonstre algumas funcionalidades de um modelo de Casa Inteligente, visando atender a aspectos de conforto, economia e segurança.

Dentre as aplicações existentes para modelos de casas inteligentes o grupo escolheu lidar com o controle de luminosidade, temperatura e ruído por se tratarem de aspectos que estão diretamente ligados com o conforto do ambiente.

4.2 Motivação

A motivação para escolha deste tema como projeto de formatura foi a concordância entre as características dos integrantes do grupo, que acreditam que um projeto, para ter valor acadêmico, deve integrar vários aspectos de um sistema computacional, ou seja, este deve conter desde interfaces para desenvolvimento em hardware até para níveis mais altos de programação, utilizando ferramentas de software.

Inicialmente o grupo decidiu que o projeto poderia ser baseado em automação. A idéia de implementar aspectos de automação residencial nasceu de um trabalho também elaborado para projeto de formatura entregue em 2004 que utilizou a mesma tecnologia que foi usada neste projeto para implementação do protótipo. O trabalho em questão tratava de automação predial, focado principalmente em segurança e iluminação

inteligente. Os integrantes do grupo já estavam inseridos no mercado de trabalho como empresários, valendo-se da aplicabilidade prática do mesmo. Dessa forma, para este trabalho, visou-se manter a mesma aplicabilidade para automação residencial, de forma a torná-la viável.

Assim sendo, o tema estava escolhido, a tecnologia a ser empregada estava definida, pois seria a mesma utilizada para o projeto anterior e o apoio do qual o grupo precisaria dispor estava garantido. Além disso, o Laboratório de Automação Agrícola (LAA) do Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais (PCS) já dispunha dos recursos (software e hardware) para esta tecnologia, doados pela TAC/Schneider, os quais outros grupos já haviam utilizado anteriormente. Dessa forma, consolidamos o tema do projeto como sendo a Casa Inteligente.

Para este projeto de Casa Inteligente foi idealizado um protótipo que interliga controle de temperatura, luminosidade e ruído, envolvendo aspectos de ergonomia, segurança e conforto.

4.3 Organização

Este documento foi organizado de acordo com as recomendações da disciplina PCS 2502 – Projeto de Formatura II, com os documentos de orientação presentes no site <http://www.pcs.usp.br/~pcs2502>.

As seções abordam os seguintes assuntos:

- Aspectos conceituais:

- Tecnologias e conceitos empregados, contextualização do Projeto de Formatura em sua área de aplicação, revisão da literatura.
- Especificação do projeto:
 - Características funcionais, diagramas em blocos e principais características do trabalho;
 - Detalhamento da estrutura do projeto, do seu hardware e/ou do seu software;
 - Especificação de requisitos.
- Metodologia
 - Metodologia empregada no trabalho;
 - Detalhamento das etapas;
 - Distribuição das atividades;
 - Justificativas.
- Projeto e implementação
 - Detalhamento da implementação, destacando o que foi previsto e o que foi realizado.
- Testes e avaliação
 - Plano de testes do projeto;
 - Metodologia para atingir os objetivos do projeto.
- Considerações Finais
 - Balanço do trabalho;
 - Resultados atingidos;
 - Resultados não atingidos com justificativas;
 - Contribuições;

- Perspectivas de continuidade;
- Comentários individuais dos integrantes do grupo.
- Referências Bibliográficas;

5 Aspectos Conceituais

Esta seção especifica as tecnologias e conceitos empregados, contextualização do Projeto de Formatura em sua área de aplicação, revisão da literatura.

5.1 Conceito de Casa Inteligente

Para entender o conceito de Casa Inteligente, é preciso entender o conceito de inteligência.

Segundo [1], inteligente é aquele que é capaz de realizar funções lógicas (que podem ser dadas por uma série de condições pré-estabelecidas), mas também o que tem capacidade de aprender, sugerindo automaticamente cenários de iluminação, climatização, som ambiente, etc., em função dos cenários mais utilizados por cada usuário, adaptando-se desta forma à evolução natural das preferências de cada um.

De acordo com [1], resumidamente, podemos dizer que uma casa (ou mesmo um edifício destinado à habitação) não se torna “inteligente” só pelo fato de utilizar um (qualquer, mesmo que avançado) sistema de automação. A “inteligência” de uma casa e do seu espaço envolvente está na integração adequada do(s) sistema(s) de domótica (ciência recente que estuda o controle automatizado de residências) utilizado(s) com os diversos dispositivos e sistemas existentes: Sistemas de iluminação, sistemas de segurança contra situações de risco como incêndio, inundações, intrusão, gases tóxicos, etc., sistemas de vigilância, vídeo com comunicação digital remota, sistemas de aquecimento, ventilação e ar condicionado, sistemas de

regulação automática, sistemas de comunicação de dados, voz e acesso à Internet, e todos e quaisquer outros sistemas necessários ao normal funcionamento da casa.

A implementação de uma gestão técnica descentralizada garante, conforme dito em [1], não só a completa monitoração do estado de toda a casa (desde quadros elétricos de distribuição e comando, quadros elétricos socorridos, estados de alarmes e condições críticas, etc.), mas também o estabelecimento automático de ordens entre diferentes sistemas. A integração completa-se mediante a parametrização dos sistemas utilizando um único protocolo de comunicação, ou com a utilização de “gateways” entre os diferentes protocolos.

Para tal é necessário garantir sempre um estudo prévio da casa (do edifício habitacional ou empreendimento em causa), analisando-o, para que desde a fase de projeto até à sua entrada em funcionamento efetiva, se implementam os sistemas necessários para garantir a satisfação dos requisitos e expectativas iniciais “sonhadas” pelos seus habitantes. [1]

Contrariamente ao que pensam alguns leigos, a domótica não é apenas “mais uma infra-estrutura necessária” nas casas de hoje, sem pensar em qualquer integração da mesma com os demais sistemas. [1]

Existem, contudo, ainda no mercado diversas empresas que promovem em termos de marketing o nome de “casas inteligentes”, quando apenas utilizam alguns automatismos isolados, sem qualquer possibilidade de integração ou expansão. O resultado provoca a desconfiança e saturação entre clientes particulares ou profissionais, ainda à procura de elementos de referência numa tecnologia que ainda não conhecem. [1]

Uma casa inteligente é aquela que promove a transferência de dados de um sistema para outro – essa forma de pensar atual dos grandes grupos de desenvolvimento tecnológico tem evoluído para sistemas integrados em edifícios, com o objetivo de oferecer sistemas de controle em que, para serviços diferentes num edifício, a sua organização e integração tem como fundamento a obtenção de operações comuns. [1]

5.2 Tecnologia Empregada

Este Projeto de Formatura utiliza uma tecnologia já existente no mercado de automação predial em estabelecimentos comerciais. Esta tecnologia baseia-se na construção de uma rede específica na qual circulam dados de controle e estado das suas partes e um protocolo próprio, desenvolvido pela empresa que a disponibiliza para o mercado. A descrição da tecnologia utilizada aqui pode ser encontrada em [1].

A tecnologia utilizada é a LON (Local Operating Network), também conhecida como LonWorks. É uma tecnologia produzida pela Echelon Corporation e introduzida no início dos anos 90. Trata-se de uma tecnologia que tem como principais objetivos a criação e a implementação de redes de controle interoperacionais, facultando as ferramentas necessárias à construção de nós inteligentes, subsistemas e sistemas, bem como a sua instalação e manutenção. [1]

Trata-se de uma tecnologia e não de um produto final, uma vez que é exclusivamente vendida à indústria e não aos usuários finais, sendo uma solução completa para redes de controle distribuído. [1]

A alta confiabilidade demonstrada, assim como a possibilidade da sua ligação à Internet, aliadas à facilidade de obtenção de todo o material hardware e software necessário ao suporte do seu desenvolvimento, instalação e gestão, levaram a tecnologia LonWorks a ser rapidamente aceita no mercado de automação doméstica, tendo como desvantagem o seu preço elevado para o público em geral. [1]

Em Outubro de 1999, a Echelon tornou extensiva a implementação do referido protocolo LonTalk a qualquer tipo de processador, convertido posteriormente em norma oficial pela ANSI, com a designação de ANSI/EIA 709.1-A-1999. [1]

Todo o sistema LonWorks é controlado pelo grupo LonMark Interoperability Association, o qual garante a compatibilidade de todos os produtos utilizados ("Plug and Play"), ainda que provenientes de diferentes fornecedores. [1]

6 Especificação do Projeto de Formatura

Nesta seção descrevemos as características funcionais do projeto, arquitetura final apresentada em diagrama de blocos e as principais características do trabalho, como detalhamento da estrutura do projeto, do seu hardware e/ou do seu software.

6.1 Arquitetura do sistema

Nesta seção está descrito o sistema na forma de diagrama de blocos, para o entendimento do contexto tecnológico no qual ele está inserido.

O protótipo da casa inteligente é composto pela integração da rede LON com a interface humana, representada pela planta da casa, com os seus sensores e atuadores e com a Internet, propiciando monitoramento e atuação remotos sobre o sistema.

Se nesta rede houver um ponto de acesso wireless o sistema poderá ser inclusive acessado via browser em um PDA, permitindo também os mesmos controles citados no parágrafo anterior.

No diagrama de blocos, toda a lógica de controle (a qual pode ser chamada de “inteligência” da casa) está concentrada na rede LON (bloco em verde), podendo operar em stand-alone. A lógica desenvolvida para esta rede foi elaborada no chamado terminal supervisório, de onde o desenvolvedor também tem acesso às variáveis de ambiente coletadas na rede LON.

A arquitetura do sistema está exemplificada no diagrama a seguir:

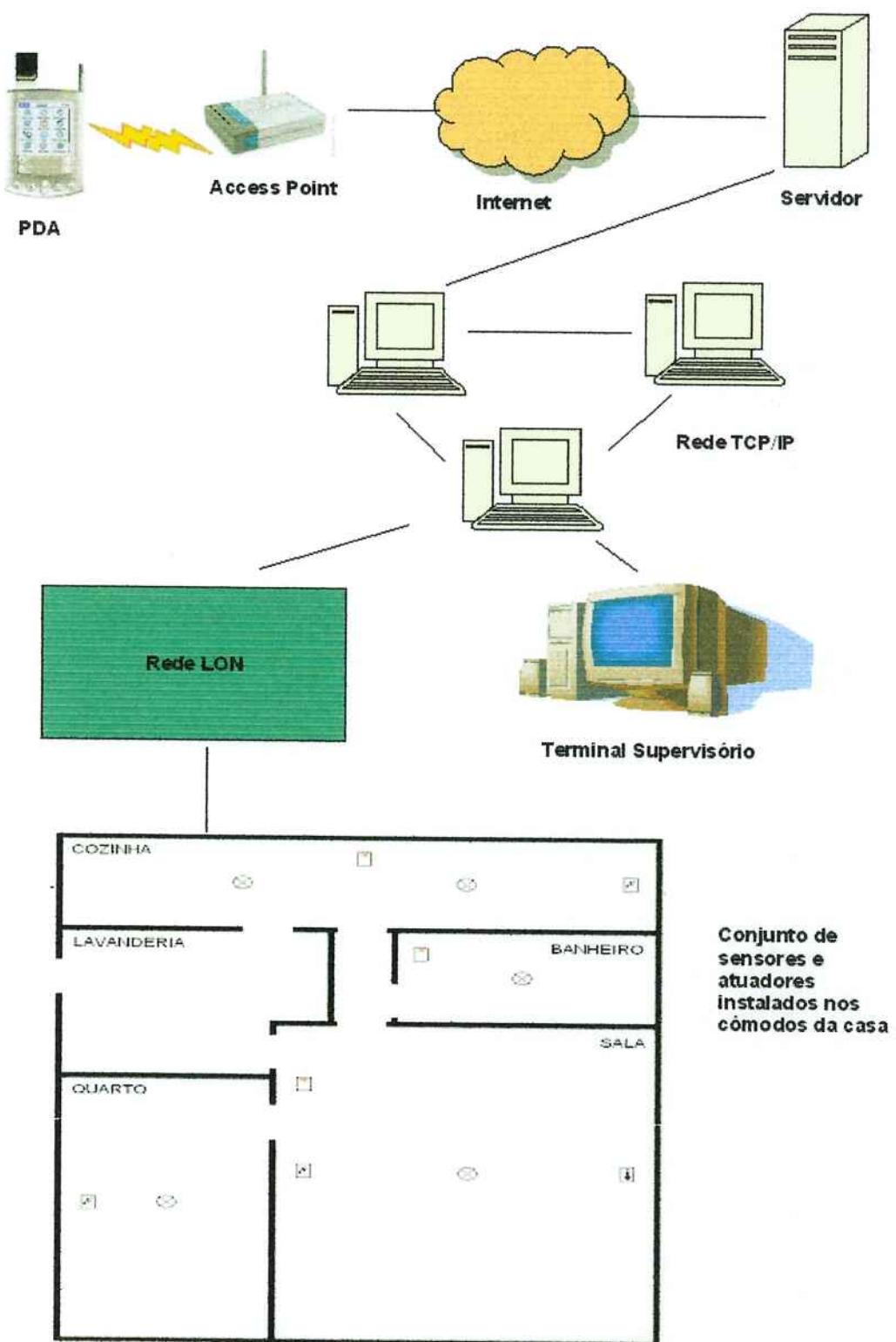


Figura 2: Arquitetura do sistema

6.2 Descrição dos equipamentos de hardware

O protótipo do projeto foi montado em uma maquete vertical, em que o circuito responsável pela implementação da rede está na parte de trás da maquete e a parte demonstrativa do mesmo, onde se encontram uma planta genérica de uma casa, os sensores e atuadores que exemplificam as funções que nesta seção estão detalhadas.

O circuito responsável pela implementação da rede LON propriamente dita possui os seguintes componentes de hardware e suas respectivas funções:

- Módulo TAC Xenta 511

Este módulo funciona como interface entre a rede LON e o PC, de onde o desenvolvedor elabora a lógica de controle que envolverá os demais módulos que completam o circuito. Por possuir interface com rede Ethernet e com a rede LonWorks, este módulo foi utilizado para carregar o programa elaborado do PC para o módulo principal da rede, o Xenta 401. Outra funcionalidade opcional deste dispositivo é poder trabalhar como web server, de modo que se possa acessar remotamente as variáveis do sistema através de uma interface homem-máquina, efetuando monitoração e controle.

- Módulo TAC Xenta 401

Este módulo tem como função principal coordenar a funcionalidade da rede LonWorks, através de um programa contendo uma lógica de controle que envolve os módulos secundários, suas entradas e saídas. Este módulo coleta os dados das variáveis detectadas pelos módulos secundários e os envia à interface com o PC pelo módulo Xenta 511, de onde o operador está realizando o seu monitoramento. Apesar de poder de enviar os valores das variáveis para o PC, e deste poder receber alterações manuais das saídas através de um operador humano, o módulo pode operar em modo "standalone", ou seja, uma vez carregada no módulo uma aplicação de automação qualquer, este pode ser desconectado da interface com o PC e operar por si só.

- Módulo TAC Xenta 422

Este módulo, um dos responsáveis pela interligação entre os sensores e atuadores da rede LonWorks, tem como característica a presença de 4 (quatro) entradas digitais e 5 (cinco) saídas digitais (relés), além de, para cada saída, conter uma chave seletora entre Ligado (ON), Desligado (OFF) ou Automático (AUTO sendo controlado pela lógica do 401).

- Módulo TAC Xenta 452

O módulo possui 4 (quatro) entradas universais, 4 (quatro) entradas para termistores (de resistência 1800 ohm a 25°C) e 2 (duas) saídas analógicas (de 0 a 10V).

As entradas universais (UIs) podem atuar tanto como entradas digitais, quanto entradas analógicas (de 0 a 10V), ou então como entradas para termistores (1800 ohm a 25°C).

As saídas podem ser chaveadas para ser ajustadas individual e manualmente através de chaves seletoras entre Automático (AUTO, sendo controlada pelo 401) ou Manual (MAN1 e MAN2, sendo ajustadas por potenciômetros integrados no 452).

- Sensor LM35

É um sensor de temperatura de circuito integrado de precisão, apresentando acurácia de aprox. 0,25°C a temperaturas próximas da ambiente ou no máximo de 0,75°C para toda a margem de -55°C a 150°C da sua escala de sensibilidade.

É alimentado com 0 e +5V e sua saída apresenta 10mV a cada °C, respondendo com 0V a 0°C, 100mV a 10°C etc.

Esse sensor possui grande praticidade prática seja por seu baixo custo (na ordem da unidade de Real), seja por sua precisão, seja por sua linearidade, dispensando qualquer equação de tratamento de resposta ou calibração.

- Sensor de luminosidade

Foi montado um circuito simples composto por um LDR ("Light Dependent Resistor", resistor variável com a luz) e um resistor (R1) em série, circuito este alimentado por 0V na extremidade do LDR e +5V na do resistor e cuja saída se mede com a tensão sobre o LDR.

Os LDR normalmente apresentam, para escuridão, resistência em torno de 100 ohm e, para luz muito intensa, algo por volta de 1 Mohm. Dessa forma, o resistor usado foi de valor alto o suficiente para limitar a corrente no LDR, para preservá-lo e baixo o suficiente para não reduzir muito a tensão de saída para situação de escuridão, já que se pretendeu que o circuito tivesse comportamento digital quanto a indicar necessidade de controle ou não da iluminação se esta caísse abaixo de um limite tolerável.

O valor usado para R1 foi determinado experimentalmente com base na adoção de uma luminosidade mínima para conforto visual em um ambiente fechado, tendo sido fixado, assim, a 15 kohm. A figura a seguir ilustra o esquema do circuito.

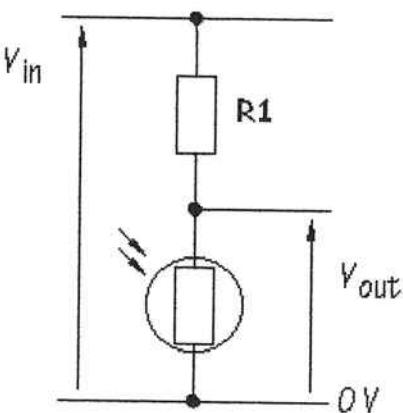


Figura 1 – Circuito com LDR

- Sensor de presença da marca JNL

Esse sensor atua emitindo feixes de luz no espectro infravermelho e medindo seus retornos reflexivos ocorridos nos obstáculos do ambiente, de modo a responder às variações de suas medições. Dessa forma, se um objeto se move em frente aos feixes do sensor, as reflexões coletadas variarão e o sensor atuará.

Existe, internamente ao sensor, um seletor de 3 (três) sensibilidades diferentes, de modo a se ajustar ao ambiente de uso já que, por exemplo, um pássaro não deve acionar o sensor em ambiente aberto, mas em contrapartida deveria acioná-lo em ambiente fechado, que naturalmente não costuma possuir pássaros soltos.

O fabricante recomenda alimentar o sensor na faixa de 11 a 18V (foi usado 12V) e aguardar em torno de 60 segundos após a alimentação para estabilização do circuito.

A resposta do sensor é feita a partir de outros 2 (dois) terminais, os quais apresentam resistência baixíssima (poucos ohms) para o caso padrão de repouso e resistência muito alta para caso de detecção de movimento. Em outras palavras, o sensor atua como uma chave normalmente aberta e como chave fechada (em curto) enquanto estiver detectando movimento no ambiente.

Na lógica da aplicação desenvolvida, um terminal do sensor foi ligado à alimentação de +5V, ficando o outro como saída para o módulo controlador. Note-se que, assim, o sensor funciona em lógica negativa, isto é, se é medido nível lógico 1 (+5V) indica repouso e se é medido nível lógico 0 (aberto) indica detecção de movimento.

6.3 Descrição das ferramentas de software

As ferramentas de software utilizadas para a implementação do projeto fazem parte de um pacote que vem com os módulos da TAC. O pacote recebe o nome de TAC Vista, e a versão utilizada é a IV.

O pacote de software TAC Vista possui uma série de aplicativos, visando atender a cada etapa de projeto da rede de automação de equipamentos. Os aplicativos utilizados foram:

- TAC Vista Explorer

Esta ferramenta permite ter uma visão do projeto como um todo, ou seja, através dela o desenvolvedor pode realizar funções como criar, monitorar, alterar e visualizar a rede LonWorks com as variáveis de interesse do projeto. Através desta ferramenta também foi possível, para o nosso caso, carregar a lógica de controle previamente elaborada no módulo Xenta 401 através de rede Ethernet através do módulo de interface Xenta 511, ou diretamente no módulo Xenta 401 através de conexão serial.

- TAC Menta

Esta ferramenta do pacote TAC Vista permite elaborar a lógica de controle que comandará a rede LonWorks que se deseja projetar. Através de uma biblioteca de elementos de entrada e saída, assim como elementos operadores de diversos tipos, pode-se projetar uma lógica para a rede LonWorks mapeando os sinais nas entradas e saídas dos módulos secundários sem se preocupar com detalhes de baixo nível de programação, pois o próprio protocolo LonTalk já se encarrega de realizar as conversões necessárias conforme o caso. O programa elaborado utilizando esta ferramenta é o que deve ser carregado no módulo Xenta 401, por meio da ferramenta Vista Explorer.

- TAC Vista Graphics Editor

Esta ferramenta permite ao desenvolvedor criar uma interface com o operador da rede LonWorks, para monitoramento das variáveis de controle que foram especificadas no projeto da rede. Esta interface possui recursos de CAD, além de promover interatividade com a própria rede LonWorks através de recursos de animação, botões virtuais, mostradores digitais e analógicos animados, etc.

- TAC Vista Xbuilder

Esta ferramenta é necessária para implementar uma interface homem-computador para se ter acesso ao funcionamento da rede LON via Internet, pois com a ajuda do Graphics Editor para desenhar a interface, este aplicativo realiza o carregamento dessa interface no módulo Xenta 511, que possui características de Web Server. Dentro desse módulo existe um aplicativo de Web Server que permite que ele seja acessado via browser através do seu endereço IP.

- TAC Vista Workstation

Esta ferramenta tem a função de monitorar ativamente sobre a rede LON, permitindo ao usuário o acesso à interface virtual carregada no Visa Explorer e atuar sobre o sistema, modificando variáveis. Outra característica deste aplicativo que foi aproveitada neste projeto foi o monitoramento de alarmes orientados a eventos, incluídos na lógica de controle para simular uma situação de quebra de segurança.

6.4 Características funcionais do projeto

As características funcionais deste projeto estão relacionadas com as funções que a rede LON implementa no protótipo da casa inteligente, ou seja, são as características de uma casa comum que se deseja automatizar, por questões de conforto, economia ou mesmo segurança.

Essas funções são: controle de luminosidade, de temperatura e de presença de pessoas na casa. As justificativas de cada uma destas funcionalidades encontram-se nos tópicos a seguir.

6.4.1 Controle de luminosidade

O controle de luminosidade conta com dispositivos fotossensíveis operando como sensores e os atuadores são lâmpadas divididas entre os cômodos da casa. O desejado é que a pessoa possa controlar o acionamento de uma lâmpada sem precisar utilizar o interruptor, no caso de ser um cômodo utilizado em pouco tempo, como o banheiro, proporcionando uma economia inteligente, já que a pessoa não precisa se preocupar em lembrar de apagar a luz.

Para o caso de segurança, as luzes da casa inteira podem acender à noite quando os residentes estivessem viajando, dando a impressão de que há alguém na casa.

6.4.2 Controle de temperatura

O controle de temperatura tem como sensor um dispositivo sensível às variações na temperatura e dois atuadores diferentes, um para cada uma das seguintes situações:

- Se a temperatura estiver alta de maneira a proporcionar desconforto térmico para quem está dentro da casa, ou seja, a temperatura interna de um ambiente atingir o valor correspondente a esta situação, a rede LON aciona um sistema condicionamento de ar (no protótipo, representado por um pequeno ventilador), visando climatizar o ambiente, tornando-o mais agradável.
- Se a temperatura ultrapassar um patamar que caracterize uma situação de emergência como um incêndio a rede LON aciona um sistema de alarme que dispara um alarme sonoro que avisa quem estiver dentro da casa para sair ou mesmo aos vizinhos, que podem chamar o serviço dos bombeiros. Nesta situação ou mesmo na anterior, a rede LON pode estar programada para enviar e-mails avisando sobre a situação da casa, no caso de o provedor do serviço ser uma empresa especializada em segurança.

6.4.3 Controle de presença de pessoas na casa

O controle de presença de pessoas na casa tem como sensor um aparelho que opera com infravermelho para detectar movimentos no ambiente e lâmpadas como atuadores. Neste caso a pessoa também pode fazer o controle de economia de energia em sua casa, programando um tempo para a luz desligar caso não haja ninguém no ambiente, ou mesmo utilizar para sua segurança e saber se alguém entrou em sua casa enquanto esteve ausente.

7 Metodologia

A metodologia empregada baseou-se em etapas estabelecidas pelo grupo para melhor aproveitamento do tempo disponível para fazer o projeto.

A etapa de concepção do projeto levou a especificação das seguintes atividades:

- Estudo e definição dos requisitos do projeto;
- Análise e escolha de componentes de hardware e software;
- Projeto de interface com o usuário (PC);
- Projeto de interface com o usuário (PDA);
- Aplicações de medição e controle em módulos;
- Implementação da rede LON utilizando os módulos TAC;
- Integração e testes;
- Documentação.

Estas etapas foram divididas entre os integrantes do grupo de acordo com as suas habilidades específicas e interesse no projeto, sem, no entanto, deixar de haver contato entre os mesmos para que todos se integrassem com as atividades.

Essa metodologia, no entanto, foi acompanhada pelo estudo da tecnologia empregada no decorrer do período do projeto. Assim sendo, após a definição dos requisitos e escolha de componentes, a atividade seguinte foi montar a rede LON.

A implementação da rede LON trouxe novas atividades como:

- Elaboração de uma maquete para montagem do protótipo da rede LON, o que implicou na colocação dos módulos em que permitissem montar o layout da casa como desejado e na construção de pequenos circuitos auxiliares quando necessário (foram os casos do sensor de luminosidade e de temperatura);
- Estudo dos manuais dos módulos da rede LON para conhecer as particularidades de cada módulo;
- Integração dos módulos na maquete e testes com lógicas simples de controle para verificar o aprendizado da tecnologia;
- Elaboração da lógica de controle de presença de pessoas na casa, e testes integrando os módulos LON com os respectivos atuadores e sensores;
- Elaboração da lógica de controle de luminosidade e testes integrando os módulos LON com os respectivos sensores e atuadores;
- Elaboração da lógica de controle de temperatura, integrando os módulos LON com os respectivos sensores e atuadores;
- Integração das lógicas de controle em uma só para testes da rede operando com todas as suas funcionalidades.

A etapa de testes e medições na rede fez parte da implementação da rede física, usando multímetro digital para verificação das tensões nas portas dos módulos. Além da medição física feita diretamente no painel, também foi feita uma medição via software utilizando o aplicativo TAC Vista Explorer, que será detalhado posteriormente.

Os projetos de interface especificados não tomaram muito tempo, visto que a interface com o PC foi implementada usando um aplicativo do mesmo pacote TAC Vista. A interface com o PDA, no entanto, limitou-se apenas à visualização via browser, por motivos que serão explicados em seções posteriores.

8 Projeto e Implementação

Nesta seção apresentamos o detalhamento da implementação realizada.

8.1 Atividades de implementação

As atividades de implementação do projeto para elaborar o protótipo da casa inteligente foram divididas nas seguintes etapas:

- Desenho de uma planta genérica de uma casa para alocar os componentes na mesma e o projeto do circuito da rede LON.
- Elaboração de uma maquete com a rede LON e os demais dispositivos para testar as lógicas de controle desejadas.
- Elaboração das lógicas de controle das características funcionais e sua programação utilizando o aplicativo TAC Menta.
- Carregamento da lógica de controle no módulo TAC Xenta 401 via rede TCP-IP, utilizando como interface o módulo TAC Xenta 511. Esta tarefa é realizada pelo aplicativo TAC Vista Explorer.
- Testes da lógica de controle e monitoramento das variáveis de ambiente utilizando o aplicativo TAC Vista Explorer. Esta atividade e as duas anteriores foram repetidas até que a lógica de controle estivesse apropriada às funcionalidades desejadas.

- Projeto, elaboração e carregamento da interface homem-computador de maneira que o usuário tenha acesso virtual à rede LON, com a possibilidade de forçar valores nas entradas ou saídas dos módulos da rede conforme a necessidade. Dessa maneira, ficaria transparente ao usuário qual das entradas ou saídas dos módulos ele estaria acessando, dando a impressão de que está operando um painel virtual.

8.1.1 Desenho da planta e esquema elétrico do protótipo da casa

A planta do protótipo da Casa Inteligente foi projetada com o intuito de simular os diferentes comportamentos que o sistema deveria ter, de acordo com o cômodo sobre o qual ele atua. O aplicativo utilizado foi o MS Paint e o layout final apresenta-se como na figura a seguir:

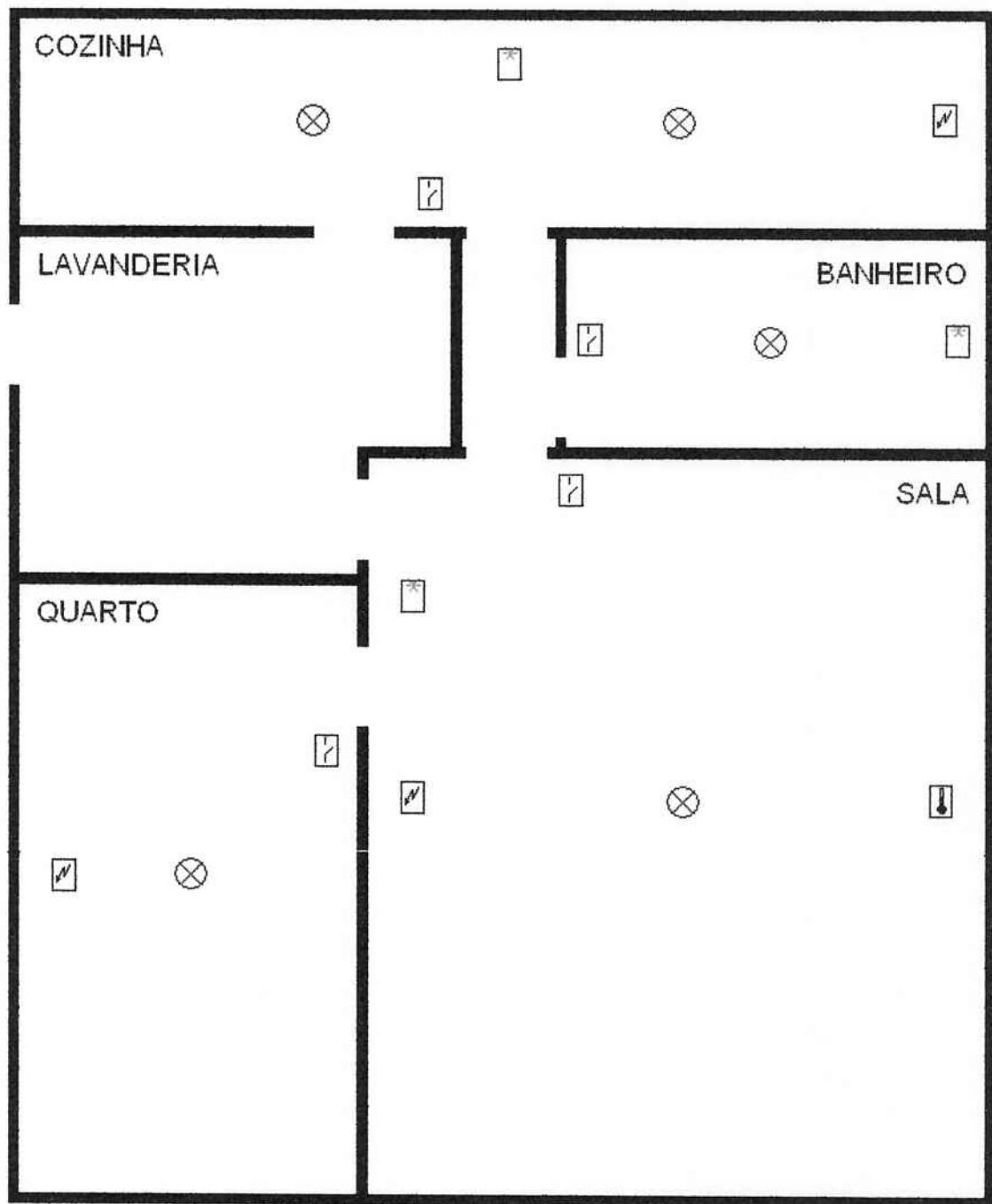


Figura 3: Desenho da planta da casa

Conforme se pode observar na figura, a casa possui cinco cômodos, dos quais apenas quatro possuem elementos que fazem parte da automação da casa: quarto, sala, banheiro e cozinha.

Para complementar a planta da casa, detalhamos os componentes nela desenhados pela legenda abaixo:

-  Sensor de Presença
-  Chave
-  Lâmpada
-  Sensor de Luminosidade

Figura 4: Legenda de componentes da planta

A planta desenhada na figura 3 representa a parte dianteira do protótipo montado na forma de maquete para demonstração do funcionamento do projeto. Por trás desta temos o esquema elétrico da rede LON propriamente dita, que se encontra na figura a seguir:

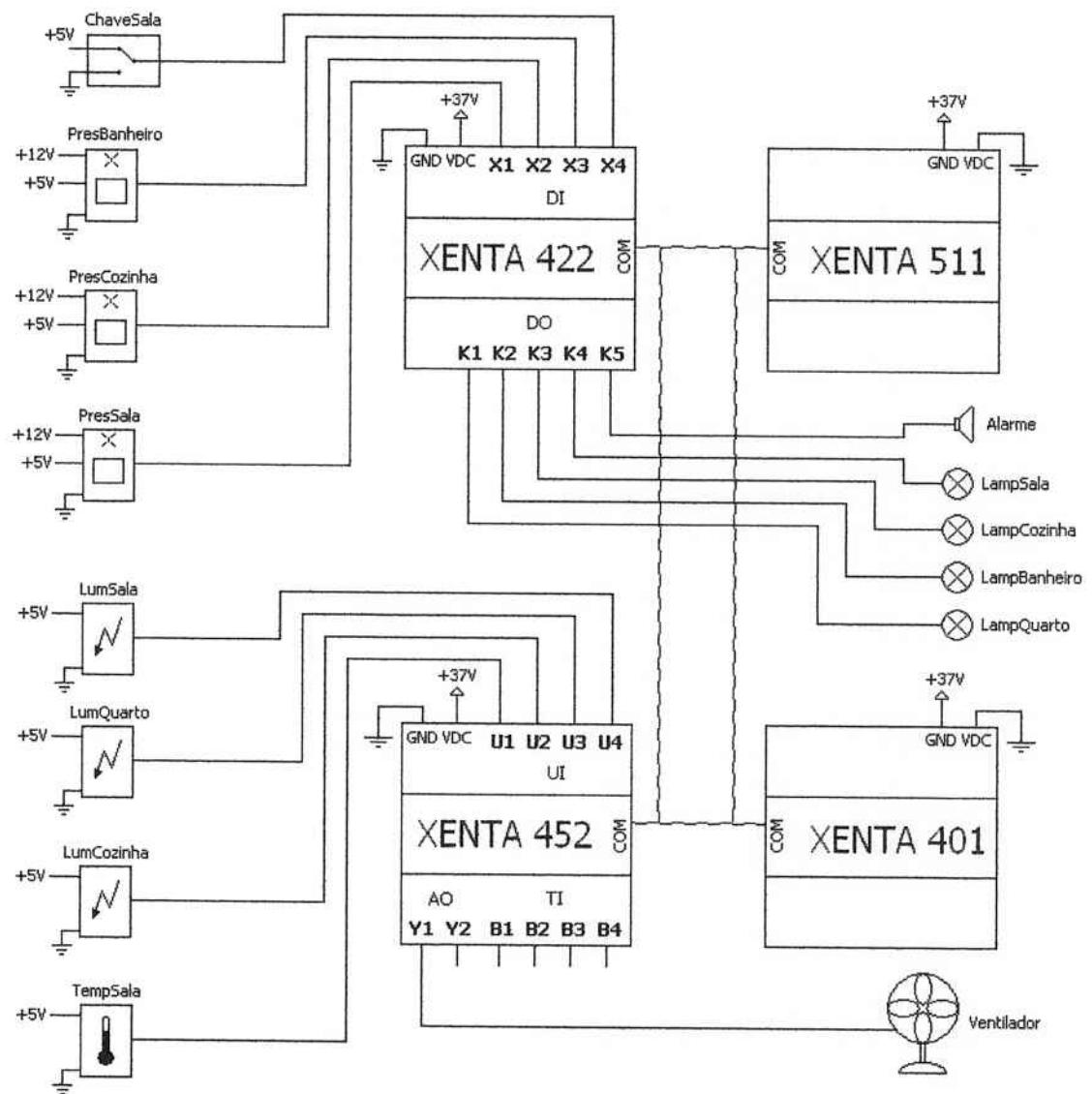


Figura 5: Esquema elétrico da rede LON no painel

Pelo esquema elétrico montado de acordo com a figura 5 pode-se observar que os sensores de presença estão ligados às entradas digitais (X1 a X4) do módulo Xenta 422, e nas suas saídas (K1 a K5), que são relés, se encontram o alarme sonoro e as lâmpadas que estão espalhadas pela casa conforme descrito no desenho. Nas entradas universais do módulo Xenta 452 (U1 a U4), utilizados como entradas analógicas estão os sensores de luminosidade e de temperatura. As

entradas termistor (B1 a B4) não estão sendo utilizadas e na saída analógica Y1 está ligado um ventilador.

Outro detalhe importante deste esquema elétrico são as alimentações dos componentes do circuito: +37V para os módulos da rede LON (ligados entre si por cabo par trançado) +12V para os sensores de presença e +5V para os sensores de luminosidade e para o LM35, conforme dito nas especificações dos componentes.

8.1.2 Maquete integrando a rede LON com seus módulos e a planta da casa contendo os sensores e atuadores

Para elaboração da maquete com os módulos LON foi utilizada uma armação vertical de ferro para sustentar uma placa de madeira, na qual foram colocados os circuitos que implementa a rede LON em uma das faces e na outra os sensores e atuadores que ficarão na planta da casa, conforme as figuras abaixo:



Figura 6: Foto do painel visto de frente sem a planta

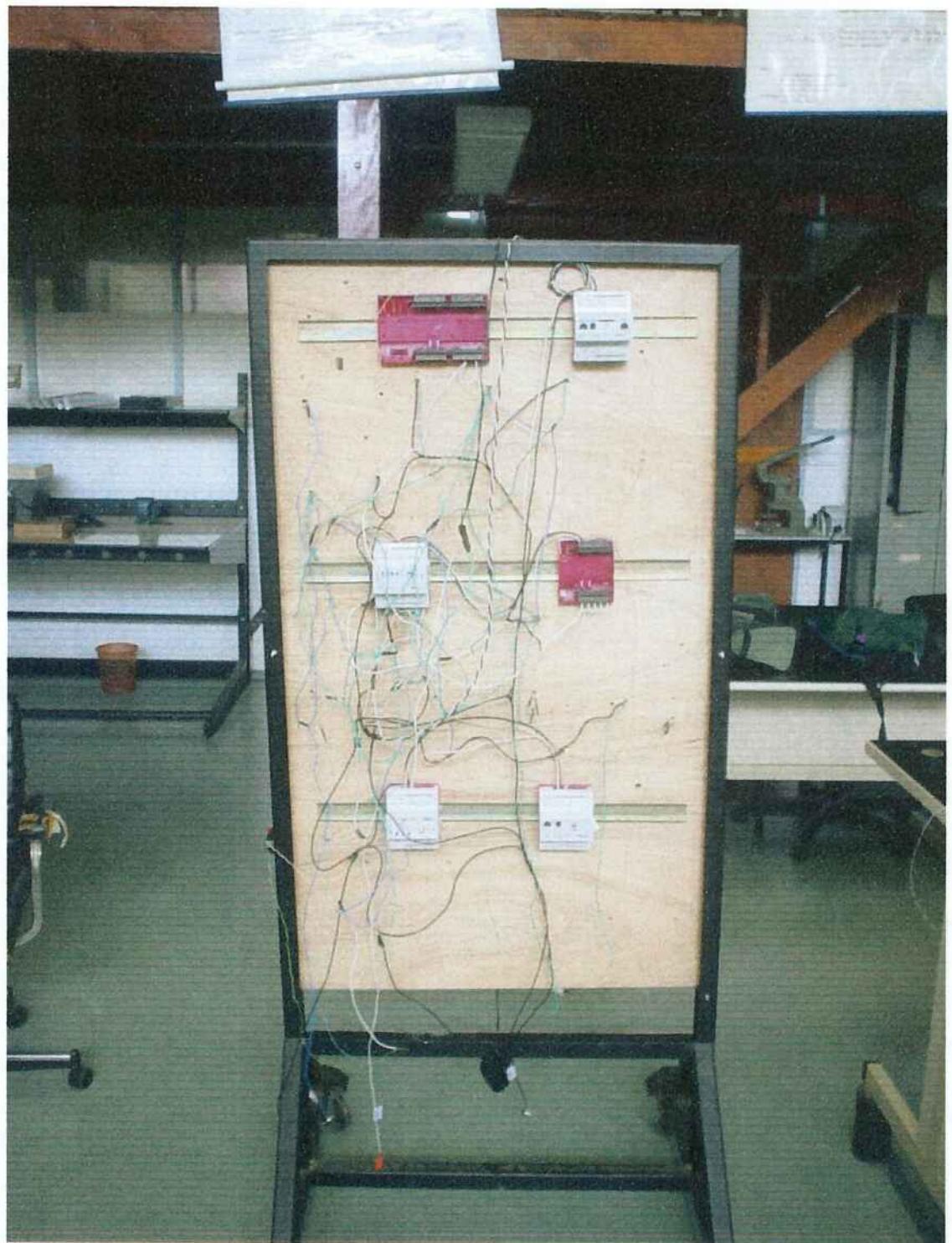


Figura 7: Foto do painel visto de trás

8.1.3 Elaboração das lógicas de controle para as características funcionais

Conforme dito anteriormente, foi utilizado o aplicativo TAC Menta para elaborar as lógicas de controle, que por sua vez, foi elaborada em etapas.

Para as etapas de teste foi feita uma lógica para controle de luminosidade, outra para controle dos sensores de presença e mais uma para controle de temperatura.

A metodologia utilizada para testes da lógica de controle foi feita nas seguintes etapas:

- Desenho de um pedaço da lógica no TAC Menta
- Envio desta lógica para a rede LON
- Medições e testes de funcionamento com as entradas e saídas
- Correção de erros físicos (na maquete) ou lógicos (na lógica montada no TAC Menta) conforme necessário
- Ampliação da complexidade da lógica para novos testes.

A iteração acima descrita foi repetida até chegar-se às lógicas de controle pretendidas pelo grupo.

Após terem sido testadas separadamente e verificado o bom funcionamento das lógicas modulares quando carregadas na rede LON, elas foram carregadas de maneira que as lógicas de controle de

luminosidade e presença fossem integradas em uma só na sala e na cozinha, enquanto o controle de temperatura permaneceu funcionando independentemente.

As lógicas também foram divididas por cômodo da casa, resultando os diagramas de blocos mostrados nas descrições específicas de cada cômodo, extraídos do próprio aplicativo TAC Menta.

As lógicas foram naturalmente montadas utilizando-se blocos funcionais da ferramenta; estes estão descritos a seguir:

- Entradas digitais (DI) e analógicas (AI): são mapeadas em pinos reais dos módulos conectados à rede.
- Saídas digitais (DO) e analógicas (AO): são mapeadas em pinos reais dos módulos conectados à rede.
- Acumulador (ACCUM): usado em conjunto com o Contador real para desempenhar função temporal. Possui uma entrada real (I) onde se insere o valor a ser acrescentado ao montante acumulado, uma entrada binária de reinicialização (reset), ativa em 1, e uma entrada real com o valor a ser carregado em caso de reinício. Também permite configuração de valor inicial e sua saída é real.
- Contador real (NCYC): incrementa seu valor a cada ciclo de atualização da rede, que leva em torno de 2 (dois) segundos para a rede montada, e foi configurado para iniciar em 0 (zero) e reiniciar sua contagem após atingir o valor 1 (um), o que o caracteriza como

um gerador de quadrada de período próximo a 2 (dois) segundos atuando como clock de contagem unitária ao acumulador. Sua saída é inteira.

- Blocos E (AND), OU (V) e NÃO (\neg): lógica binária elementar.
- Conversores Inteiro/Real (R): usado para dar compatibilidade de tipos entre Contadores e Acumuladores.
- Constantes reais (caixas com número puro configurável): usadas como parâmetro aos comparadores analógicos.
- Comparadores analógicos Maior Que ($>$) e Menor Que ($<$): comparam uma entrada analógica com uma constante real. Têm saída binária, indicando o resultado da comparação.
- Alarme (ALARM): este bloco tem como funcionalidade gerar um alarme para o sistema quando alguma anomalia é percebida em alguma variável de ambiente. No caso do protótipo este alarme é utilizado para gerar um alerta a ser enviado por e-mail para o responsável pelo provimento do serviço (no caso o próprio grupo), ou, no caso real, para a empresa seguradora do morador. Como a variável monitorada no caso está ligada à temperatura, poderia ser um alarme de risco de incêndio, porém este alarme poderia ser incluído em qualquer uma das outras lógicas, como por exemplo na de presença de pessoas.

- Lógica de controle de iluminação da sala

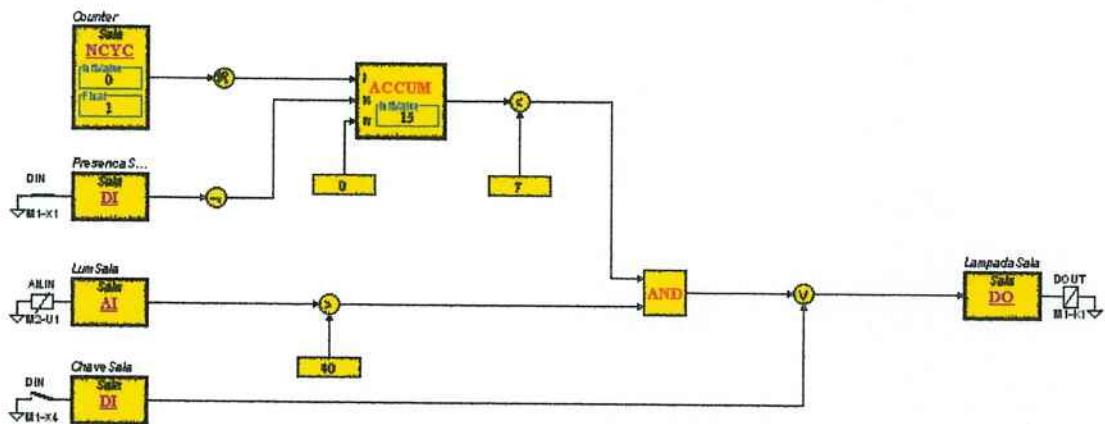


Figura 8: Lógica de controle de iluminação da sala

Entradas: PresencaSala, LumSala, ChaveSala e NSYC, oriundas dos sensores de presença e de luminosidade, da chave binária e de um contador de ciclos.

Saída: LampadaSala.

Uma vez acionada a chave, a luz é acionada manualmente pelo usuário. Caso contrário, a automação segue a lógica de que a luz só acende se a luminosidade natural da sala estiver inferior a um determinado valor (constante 40 no diagrama, medido experimentalmente) e se houver detecção de movimento na sala.

O comparador utilizado com o sensor de luminosidade é o Maior Que ao invés do Menor Que, já que o sensor foi construído para ter resposta invertida (quanto maior a luminosidade, menor sua tensão de saída).

A cada movimento captado (PresencaSala), o acumulador é zerado, de modo que a comparação com a constante 7 seja verdadeira, mantendo a luz acesa por 7 ciclos consecutivos se não houver reinício, o que leva em torno de 15 segundos (tempo relativamente baixo, escolhido por ser razoável para demonstração do protótipo). Note que o valor inicial (15) é maior que 7, evitando que a luz se acenda na inicialização do sistema.

- Lógica de controle de iluminação do quarto

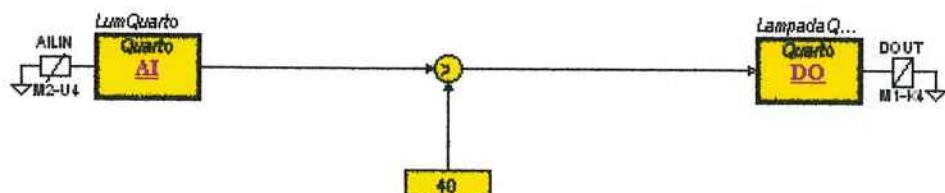


Figura 9: Lógica de controle de iluminação do quarto

Entrada: LumQuarto, oriunda do sensores de luminosidade do quarto.

Saída: LampadaQuarto.

Se a luminosidade natural do quarto estiver inferior a um determinado valor (constante 40 no diagrama, medido experimentalmente) a luz se

acende. O comparador utilizado com o sensor de luminosidade é o Maior Que ao invés do Menor Que, já que o sensor foi construído para ter resposta invertida (quanto maior a luminosidade, menor sua tensão de saída).

- Lógica de controle de iluminação do banheiro

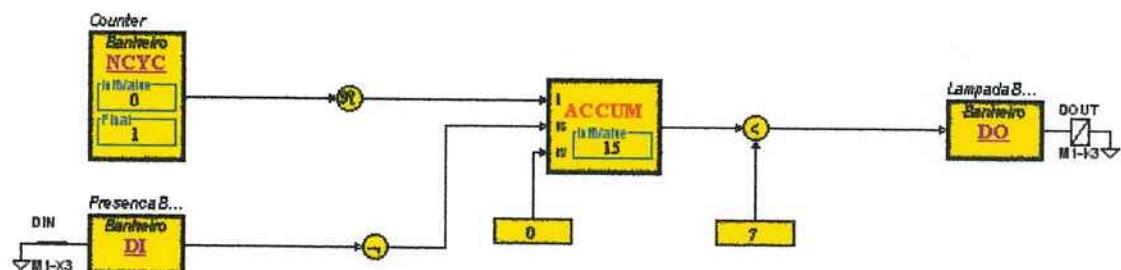


Figura 10: Lógica de controle de iluminação do banheiro

Entradas: PresencaBanheiro e NSYC, oriundas do sensor de presença e de um contador de ciclos.

Saída: LampadaBanheiro.

Uma vez detectado um movimento (PresencaBanheiro), o acumulador é zerado, de modo que a comparação com a constante 7 seja verdadeira, mantendo a luz acesa por 7 ciclos consecutivos se não houver reinício, o que leva em torno de 15 segundos (tempo relativamente baixo, escolhido por ser razoável para demonstração do protótipo). Note que o valor inicial (15) é maior que 7, evitando que a luz se acenda na inicialização do sistema.

- Lógica de controle de iluminação da cozinha

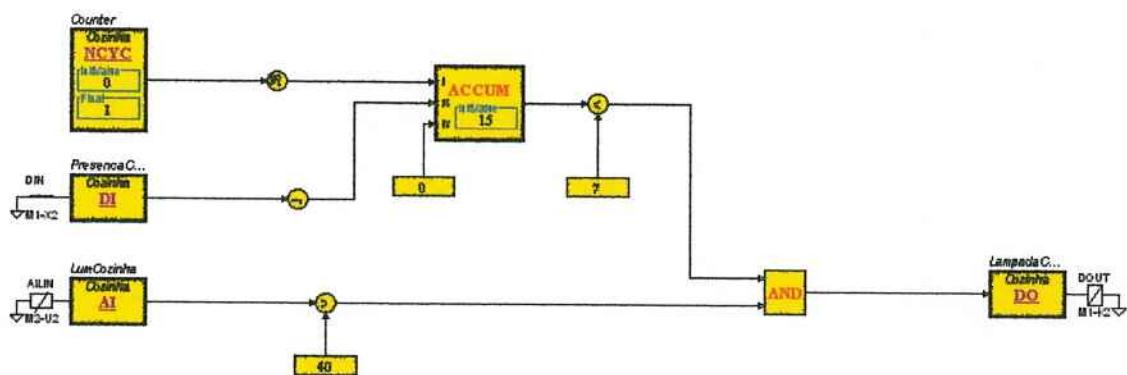


Figura 11: Lógica de controle de iluminação da cozinha

Entradas: PresencaCozinha, LumCozinha e NSYC, oriundas dos sensores de presença e de luminosidade e de um contador de ciclos.

Saída: LampadaCozinha.

A luz só acende se a luminosidade natural da sala estiver inferior a um determinado valor (constante 40 no diagrama, medido experimentalmente) e se houver detecção de movimento na sala.

O comparador utilizado com o sensor de luminosidade é o Maior Que ao invés do Menor Que, já que o sensor foi construído para ter resposta invertida (quanto maior a luminosidade, menor sua tensão de saída).

A cada movimento captado (PresençaCozinha), o acumulador é zerado, de modo que a comparação com a constante 7 seja verdadeira, mantendo a luz acesa por 7 ciclos consecutivos se não houver reinício, o que leva em torno de 15 segundos (tempo relativamente baixo, escolhido por ser razoável para demonstração do protótipo). Note que o valor inicial (15) é maior que 7, evitando que a luz se acenda na inicialização do sistema.

- Lógica de controle de temperatura da sala

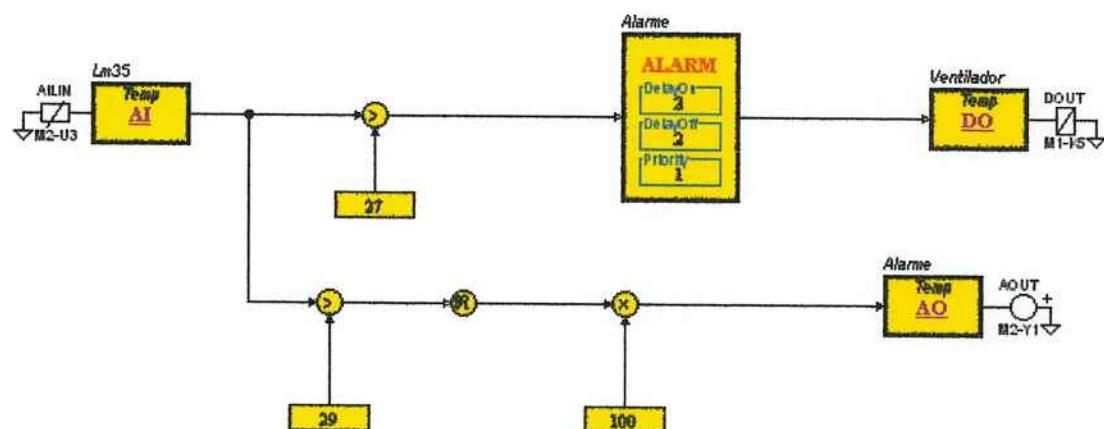


Figura 12: Lógica de controle de temperatura da sala

Entradas: LM35, oriunda do sensor de temperatura instalado na sala.

Saídas: Ventilador e Alarme.

Se a temperatura ultrapassar os 27°C, o ventilador é acionado e se ela continuar a subir e passar os 29°C, também o alarme é ativado.

O bloco alarme neste caso está conectado ao sinal que aciona o ventilador e, portanto, toda vez que o ventilador é acionado, o sistema está programado para enviar um e-mail para o provedor do serviço dois segundos após a elevação da temperatura e outro dois segundos após a temperatura ter normalizado, se for o caso.

8.1.4 Carregamento das lógicas de controle na rede LON

Conforme dito em seções anteriores, o carregamento das lógicas na rede LON, mais especificamente no módulo de controle Xenta 401 foi realizado via software, utilizando o aplicativo TAC Vista Explorer, que também desempenha o papel de monitoramento dos sinais de entrada e saída dos módulos da rede.

As lógicas de controle especificadas na seção anterior foram reunidas em um único arquivo para ser carregado no módulo Xenta 401. No TAC Vista Explorer, o projeto é visto da seguinte maneira:

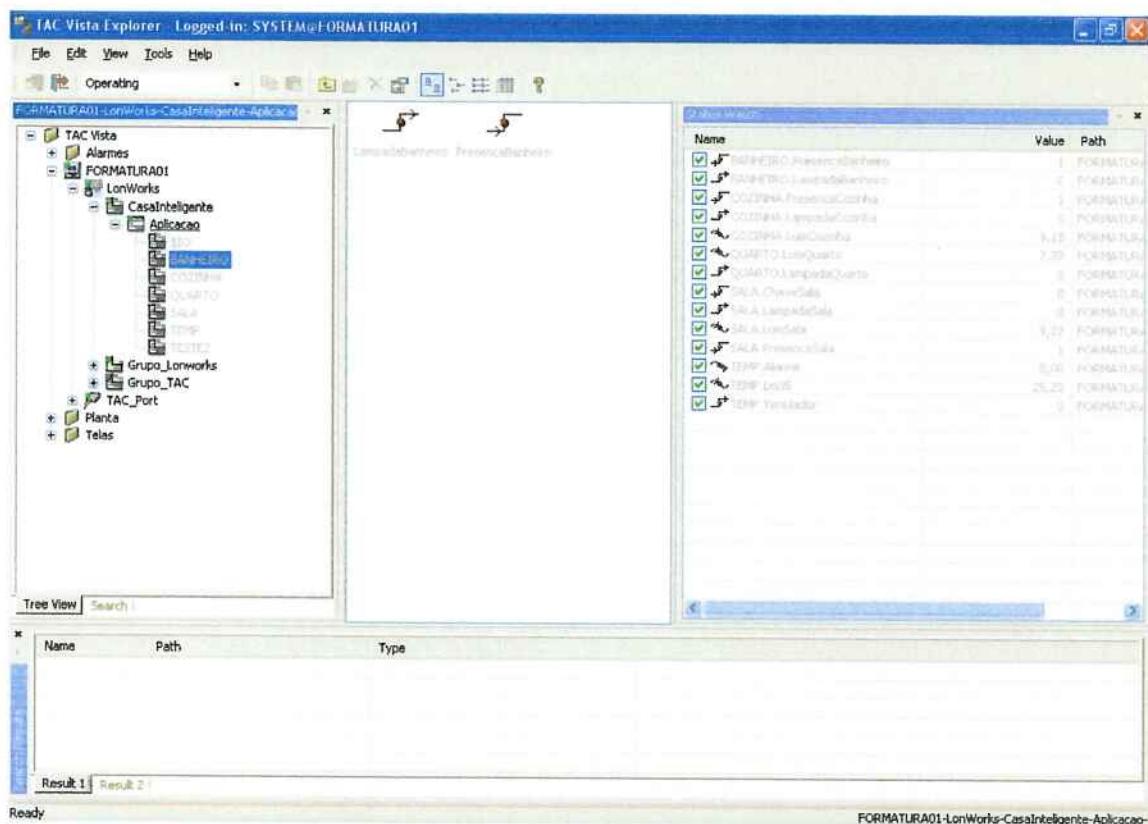


Figura 13: Visão de projeto pelo TAC Vista Explorer

Na figura anterior, temos a visão do projeto no software supervisório. Esta aplicação possui três janelas principais: à esquerda temos o projeto visto como em pacotes. No caso o pacote que está aberto mostra os módulos lógicos em que os controles da casa inteligente foram divididos.

Na janela do meio estão sendo mostrados os sinais de entrada e saída controlados pelas lógicas (programadas previamente no TAC Menta), já carregadas no módulo Xenta 401.

Na janela à direita, encontram-se os sinais da janela do meio, que, quando arrastados até ela, permitem a visualização e controle dos valores dessas variáveis de entrada e saída via software.

As etapas de carregamento da lógica de controle utilizando este aplicativo são:

- Criar uma nova rede LON (na figura ela está com o nome Lonworks) usando clique com o botão direito em cima do nome da máquina (FORMATURA01) e selecionando New, Device, LonWorks Network.
- Criar um grupo TAC, clicando com o botão direito na rede LON criada e selecionar New, Device, TAC Xenta Group.
- Criar um novo módulo de controle TAC, clicando com o botão direito em cima do grupo TAC (no nosso caso com o nome de CasalInteligente) e selecionar New, Device, TAC Xenta 400, escolher um nome para a nova aplicação, recolher o ID do módulo de controle, escolher o caminho do arquivo onde está a lógica de controle e finalizar o assistente.
- Por fim, carregar a lógica de controle criada no TAC Menta, clicando com o botão direito em cima da aplicação criada e selecionar Commission and Download.

Uma observação importante deste processo é o fato de não haver possibilidade de se enviar mais do que um arquivo contendo lógicas de controle para o dispositivo Xenta 401. Portanto, se a rede possuir apenas um módulo de controle e mais de uma lógica a ser carregada, o arquivo a

ser enviado para o módulo deve conter todas as lógicas que o circuito deve obedecer.

8.1.5 Testes da lógica de controle e monitoramento das variáveis de ambiente

O procedimento de testes para as lógicas de controle desenvolvidas seguiu uma seqüência padrão de procedimentos:

- Editar a lógica de controle no TAC Menta;
- Atualizar o arquivo fonte da aplicação no TAC Vista Explorer;
- No mesmo aplicativo utilizar novamente o comando Commission and Download para carregamento da nova lógica;
- Testar fisicamente os componentes da rede atuando diretamente na maquete e/ou visualizando os valores das entradas e saídas no TAC Vista Explorer.

8.1.6 Interface homem-máquina do sistema

A interface homem-máquina do sistema tem como característica principal o controle local ou remoto das funcionalidades do protótipo da casa inteligente através de comandos virtuais, via software, podendo ser o TAC

Vista Workstation (acesso local) ou um browser de páginas da Internet, como Internet Explorer.

O aplicativo utilizado para edição da interface foi o TAC Graphics Editor, cuja imagem, já com a interface carregada, encontra-se a seguir:

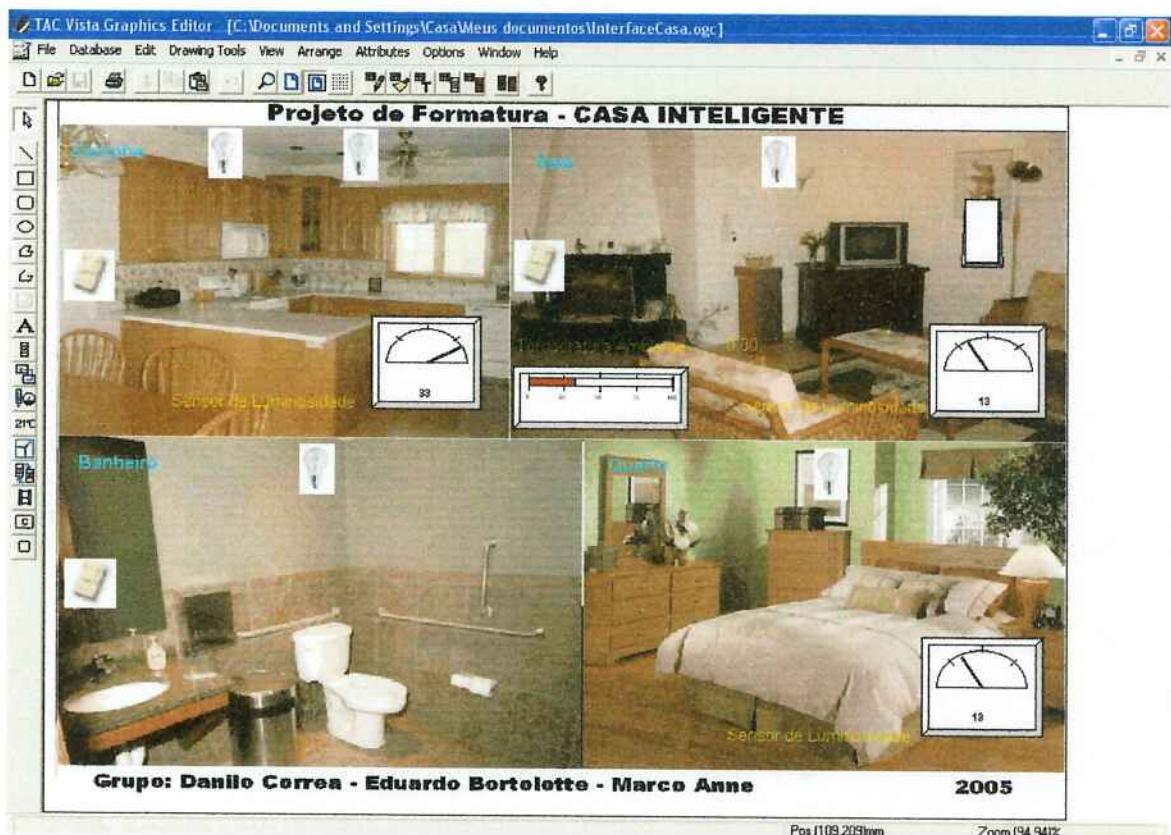


Figura 14: Interface desenhada no TAC Graphics Editor

Este aplicativo permite a edição de imagens de maneira livre, bem como importação de outros formatos como fotos ou outros arquivos de imagem. No caso da figura, foram colocadas fotos de cômodos de casas extraídos da Internet e os objetos a serem controlados foram colocados na forma de Symbol Changer, um tipo de objeto do aplicativo que permite uma

mudança no seu layout caso o sinal ao qual ele está ligado altere seu valor. As lâmpadas, por exemplo, estão ligadas a saídas digitais e, portanto, possuem apenas dois estados: ligadas ou desligadas. Dessa maneira, quando operando em conjunto com o painel, assim que uma lâmpada dele acende, a imagem correspondente na interface altera para a de uma lâmpada acesa.

No caso do controle de temperatura, foram colocadas duas formas de exibição do valor: digital e analógico (representado pela barra horizontal) que têm seus valores alterados conforme a saída onde se encontra o sensor de temperatura detecta alterações no ambiente.

Para visualização local, primeiramente deve-se criar um objeto no aplicativo TAC Vista Explorer que utiliza como arquivo fonte o da interface criada. Em seguida basta abrir o TAC Vista Workstation e acionar o botão Graphic. Se os dispositivos da rede LON estiverem operando on-line a interface será iniciada com os valores reais da rede e irá alterando conforme os dispositivos mudam de estado. Este aplicativo permite, assim como no TAC Vista Explorer, que o usuário force valores nas entradas ou saídas dos sinais, conforme ele desejar.

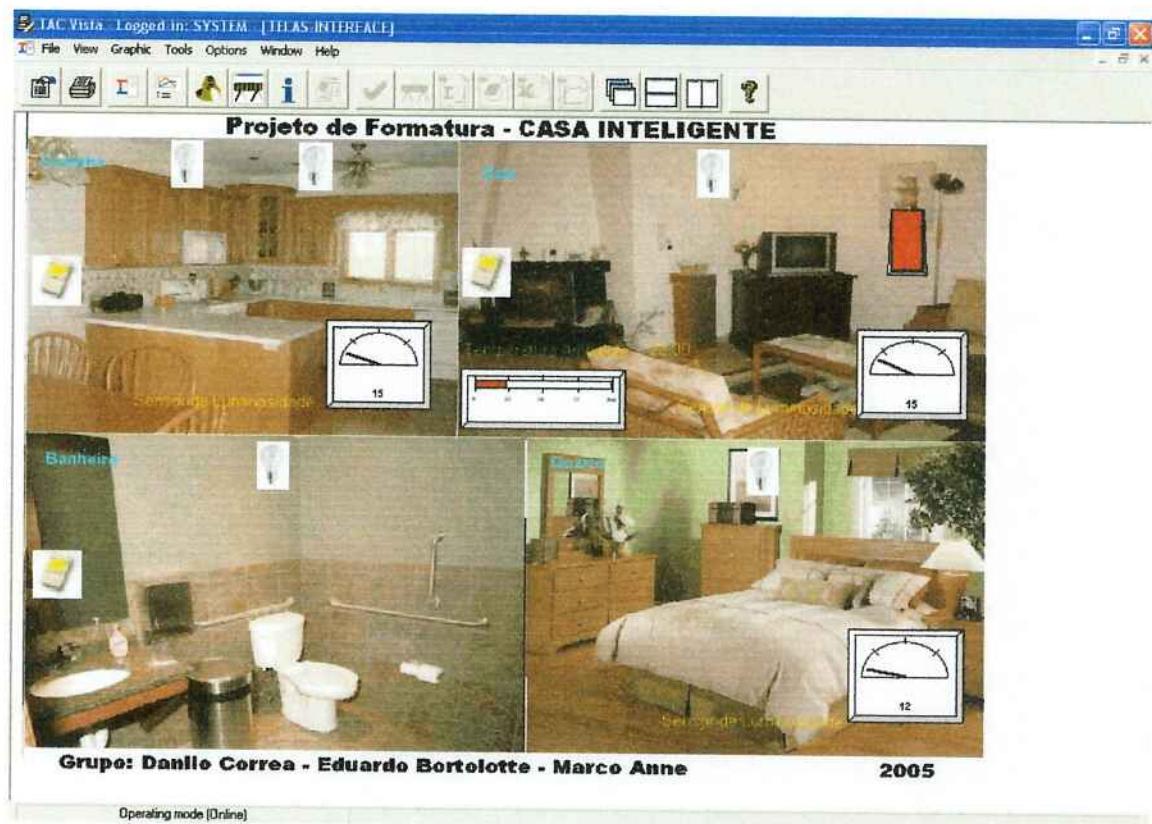


Figura 15: Interface operando on-line, vista do TAC Vista Workstation

Para visualização remota, via browser, o aplicativo utilizado é o TAC Xbuilder, que permite carregar projetos de controle via Interface web no módulo Xenta 511, no qual opera um aplicativo de web server.

Uma visualização do projeto configurado no TAC Xbuilder encontra-se na figura a seguir:

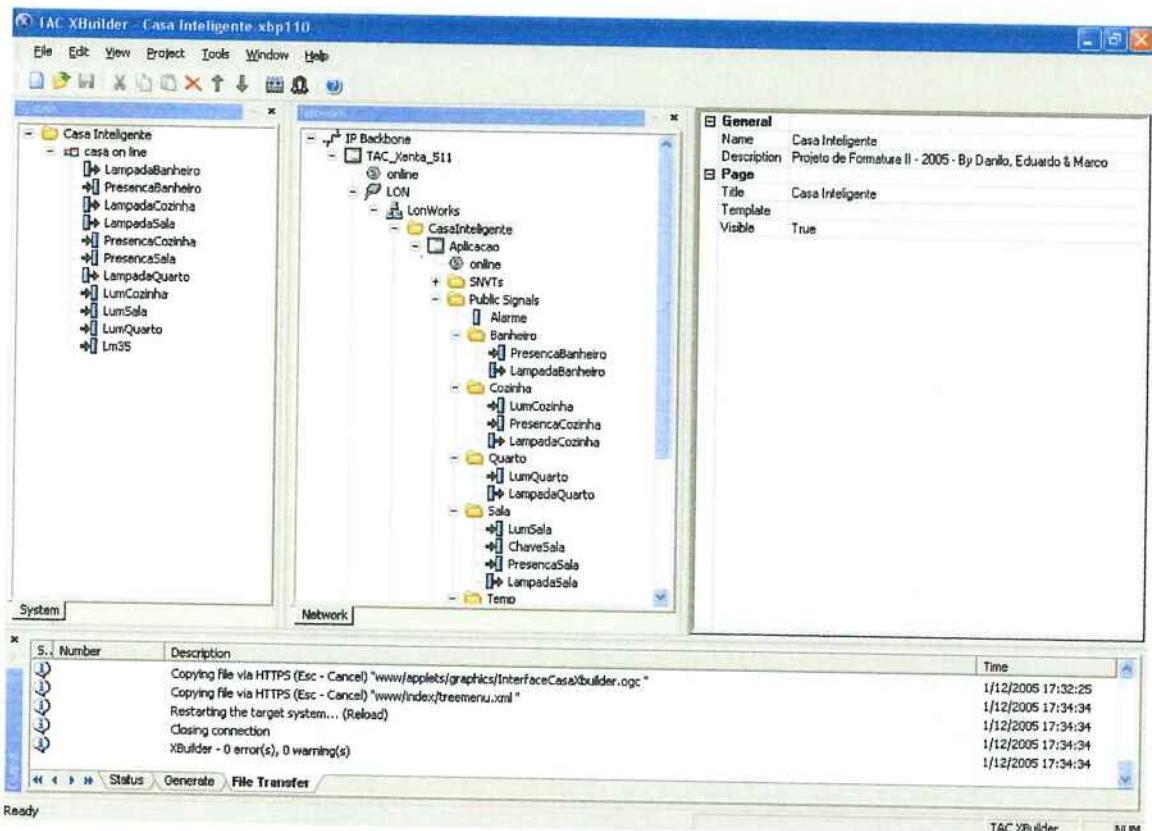


Figura 16: Projeto da interface configurado no TAC Xbuilder

Na figura anterior temos uma vista do projeto da interface vista pelo Xbuilder, em que na janela à esquerda temos a pasta de projeto da interface, criada neste mesmo aplicativo e a interface, importada do Graphics Editor, e os sinais que estão mapeados para a mesma.

Na tela do meio, temos uma árvore que representa a rede que o TAC Xenta 511 “enxerga”. Para carregarmos uma interface neste módulo devemos incluir a rede a qual ela pertence, ou seja, com qual rede LON ela irá trocar dados. No caso o nome da rede a qual a interface deste projeto pertence é Lonworks, e o pacote é CasalInteligente, conforme a figura.

Na tela da direita temos os detalhes do que esta selecionado em cada uma das telas anteriores. A tela de baixo indica o status das operações que estão sendo realizadas.

A interface a ser carregada pode ser a mesma utilizada pelo TAC Vista Workstation, porém contida em um arquivo separado, para evitar inconsistências.

Depois de reconhecidos os sinais mapeados na interface, o TAC Xbuilder permite testar se o projeto apresenta erros (comando Project, Generate) e o envio do mesmo ao módulo 511, pelo comando Project, Send to Target.

O aplicativo de web server do módulo Xenta 511 tem como tela inicial uma autenticação que pede login e senha, carregando a interface do projeto caso fornecidos corretamente.

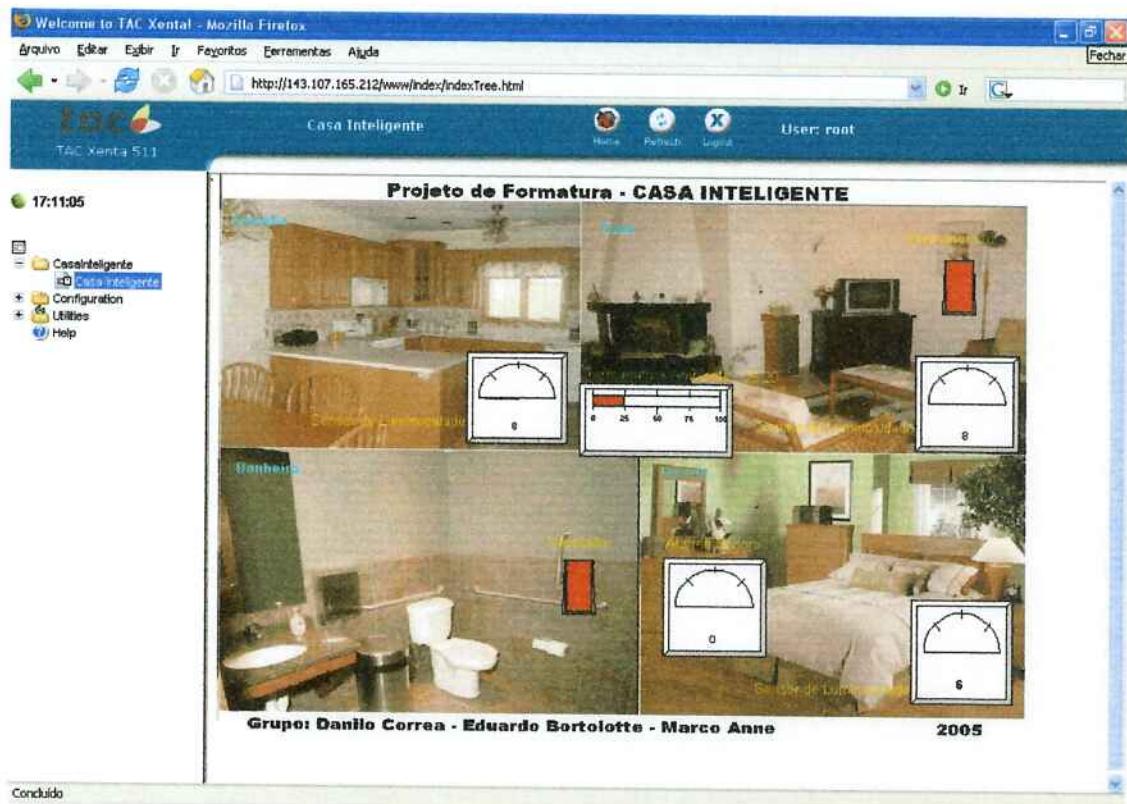


Figura 17: Interface da casa on-line visualizada via browser

Pela interface exibida acima, também se pode atuar sobre a rede LON, como se estivesse sendo visualizada pelo TAC Vista Workstation.

9 Considerações Finais

9.1 Balanço do trabalho

Dentre as metas estabelecidas para este trabalho, somente não foi incorporado o acesso da interface web via PDA, pois identificou-se a necessidade de haver um software cliente em Java ou operando com máquina virtual compatível com este, pois a aplicação de servidor que é executada no módulo de interface com TCP-IP é em Java. Dessa forma, como não houve tempo hábil para desenvolver esta interface, deixamos aqui como motivação para futuros projetos de formatura que se baseiem neste tema.

Outra meta que não foi cumprida da concepção inicial do projeto é o controle de ruído do ambiente. O grupo considerou inviável, pois aumentaria a complexidade do projeto colocar um atuador para atenuação de som. Deixamos, dessa forma, como motivação para futuros projetos de formatura como extensão deste trabalho.

9.2 Perspectivas de continuidade

As perspectivas de continuidade deste trabalho, sentidas pelo grupo tomaram duas vertentes, a de futuros projetos de formatura e de entrada dos próprios integrantes no mercado de trabalho.

Com relação à primeira vertente, um projeto de formatura que poderia ser estimulado por este seria o de uma aplicação em Java para o PDA, para que este consiga se comunicar com a rede LON, de maneira a funcionar

como fat-client, ou seja, realizar a aquisição dos sinais via rede sem fio tendo o módulo Xenta 511 funcionando como Web Server e possibilidade de atuar sobre o sistema via interface Java no PDA, com vantagem de flexibilidade de programação de interface para este aplicativo cliente, cujo processamento seria realizado totalmente pelo PDA.

A segunda vertente de perspectiva é a entrada dos integrantes deste e de projetos futuros na área de automação utilizando tecnologia LON, pois este é um mercado que tende a ser promissor para os próximos três anos, dado o conhecimento que se adquire com esta tecnologia ao se envolver em um projeto com estas características e ao mercado emergente.

9.3 Comentário individual dos integrantes do grupo

Danilo de Oliveira Correa:

"Trabalhar neste projeto foi interessante, pois ampliou os conhecimentos na área de automação e tirou a impressão de antes que um projeto de casa inteligente seria algo muito difícil ou caro. Outro aspecto positivo deste trabalho foi a integração do conhecimento dos componentes do grupo, estávamos todos cientes das metas do projeto e no final, trabalhávamos com autonomia, ou seja, sem a dependência da presença do outro."

Eduardo Bortolotte:

“As aplicações de casa inteligente inevitavelmente estarão presentes em todos os lares em um futuro não distante. Salvas as limitações prototípicas e experimentais, o projeto em questão representa um passo adiante no progresso desta nova realidade que está por vir, utilizando uma infra-estrutura (LON) que não necessariamente foi criada para este fim.”

Marco Antonio Bou Anne:

“O projeto em si é um conjunto de funcionalidades que podem ser aplicadas na vida real, realizando o sonho da casa inteligente idealizado por cientistas quando ainda não havia tecnologia para implementá-lo. Aplicações ainda melhores e mais complexas podem ser incorporadas àquelas que nós usamos para tornar a casa ainda mais inteligente.”

10 Referências Bibliográficas

[1] Oliveira, Pedro José de. **Casas Inteligentes: Domótica.** 2004/2005. Cidade do Porto, Portugal.

Departamento de Engenharia Informática – Instituto Superior de Engenharia do Porto.

http://digiq.isep.ipp.pt/proj-lic/2004-2005/docs/1000289_projs_rel.pdf.

[2] Garcia, Bruno Elias; Alves, Luiz Gustavo Pacola; Cunha, Rafael de Aquino; Geh, Ricardo Lui. **Automação e monitoração de áreas comuns em edifícios residenciais com a tecnologia Lonworks.** São Paulo, São Paulo, 2004.

Projeto de Formatura – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais.

[3] Bertassi, Eduardo; Ceschini, Gabriela Werner; Kawamura, Marcelo Shioiti. **Sistema móvel de Gerenciamento de Segurança Baseado em Tecnologia LON,** São Paulo, São Paulo.

Projeto de Formatura -Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais.

[4] Manual TAC Xenta 401 – TAC Xenta 401 Controller, Freely programmable.

www.tac-global.com/docnet/pdf-filer/00316297.pdf

[5] Manual TAC Xenta 422 – TAC 421/422 Digital Input and Output module.

www.tac-global.com/docnet/pdf-filer/00315185.pdf

[6] Manual TAC Xenta 452 – TAC Xenta 451/452 Analog Input and Output module.

www.tac-global.com/docnet/pdf-filer/00315203.pdf

[7] Manual TAC Xenta 511 – TAC Xenta 511 Web server for LonWorks Network.

www.tac-global.com/docnet/pdf-filer/00319566.pdf

[8] LM35 – Precision Centigrade Temperature Sensors. National Semiconductor, November 2000.

www.national.com/pf/LM/LM35.html

[9] DCI-300 – Sensor Infravermelho com Fio – Manual de Instrução

<http://www.jfl.com.br/downloads/dci-300.pdf>

[10] Casa Inteligente, Lemos Britto, Promoção: Ministério Ciência e Tecnologia. Realização: FINEP - Financiadora de Estudos e Projetos. Obrigação: Lemos Britto Multimídia Congressos e Feiras.

www.casainteligente.com.br

[11] LardoceLar – Consultório do Lar © Copyright 2001 - 2005 Imortal.com-Multimédia, S.A.

Domótica – O que é?

<http://www.lardocelar.com/consultorio/conssubarea.jsp?area=8&subarea=46>