

# SISTEMA DE CAPTURA DE IMAGENS DIGITAIS ACOPLADA A BRAÇO ROBÓTICO PARA INSPEÇÃO EM LINHAS DE TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

REJANE C. SÁ, DANIEL H. DA SILVA, ANDRE T. DE AQUINO, PAULO. HONORIO , ANDRE L. C. ARAÚJO, ANTONIO T. VARELA E PATRICIA C. T. LUCENA

**Resumo** – Atualmente, existem vários projetos usando robôs e helicópteros para monitoramento a distância de estruturas de difícil acesso, tais como isoladores de linhas de transmissão elétrica, entre outros. Este trabalho descreve o desenvolvimento de um dispositivo de inspeção utilizando um dispositivo de captura de imagens com controle de movimentos. Este dispositivo foi acoplado em um braço robótico fixado na extremidade de uma vara de manobras e operado remotamente. Para tanto, foi adaptada uma máquina fotográfica digital colocando um dispositivo eletrônico para interface de suas funcionalidades. Os comandos são enviados via rádio por um controle de operação remoto. Uma placa de captura faz a conversão de formatos de imagem entre a máquina fotográfica e um monitor que fica junto ao controle. O sistema foi testado em situação real de operação na Companhia de Energia do Rio Grande do Norte onde obteve sucesso técnico e ganhos reais para intervenções em manutenção da empresa.

**Palavras-chave** – Controle, Imagens, Inspeção.

## I. INTRODUÇÃO

Inspeções em linhas de transmissão de energia são importantes para a manutenção preventiva e corretiva para a concessionária. Vários tipos de problemas são detectados através desse tipo de inspeção. Atualmente inspeções nas linhas de transmissão aérea são realizadas de forma visual. Técnicos percorrem as linhas de transmissão e através de uma avaliação visual constata possíveis problemas. Muitas

---

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento Tecnológico do Setor de Energia Elétrica regulado pela ANEEL e consta dos Anais do VI Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica (VI CITENEL), realizado em Fortaleza/CE, no período de 17 a 19 de agosto de 2011.

Rejane C. Sá, Daniel H. da Silva, Andre T. de Aquino, Paulo Honorio , Andre L. C. Araújo, Antonio T. Varela trabalham no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE (e-mails: reja\_ne\_sa@ifce.edu.br; andreluiz@ifce.edu.br; themoteo@ifce.edu.br).

Patricia C. T. Lucena trabalha na COSERN (e-mail: patricia.lucena@cosern.com.br).

vezes alguns problemas não conseguem ser identificados nessas avaliações devido, principalmente, a distância da linha e/ou o defeito estar fora do campo visual do técnico. Para inspeções mais detalhadas, no entanto, é necessário que o técnico escale as torres para verificação *in loco* do problema. Procedimento este que, além de demorado, implica em problemas de segurança do trabalho. A manipulação de equipamentos submetidos a tensões acima de 1000 V apresenta riscos para o operador, sendo necessária a estrita observação a normas de segurança e a utilização de equipamentos [1].

Por outro lado, os dispositivos de captura de imagens digitais, têm revolucionado o processo de filmagens e fotografias em geral, permitindo sua utilização em outros campos de atuação que não o lazer ou fotografia de arte. Aliado crescente nas tecnologias de comunicação, de dados e robótica, a fusão dessas três áreas surge como uma solução segura e eficaz para o problema observado [1].

A COSERN (Companhia Energética do Rio Grande do Norte), por meio de seu programa de Pesquisa e Desenvolvimento coordenado pela ANEEL, aprovou em 2007 um projeto para solucionar o problema descrito, intitulado Inspeção de Redes de Média e Alta Tensão Energizadas Utilizando Câmera de Vídeo Robótico em Vara de Manobra, com código ANEEL 0040-004/2007.

O projeto do protótipo foi concluído com sucesso tendo a participação da COSERN como empresa que deu suporte financeiro, o Instituto de Telemática, ITTI, e o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, IFCE, como entidades executoras.

Este trabalho apresenta a solução desenvolvida para o projeto, relacionando o controle e comunicação do sistema de captura de imagens digitais e a movimentação de um braço robótico.

## II. OBJETIVOS

Este trabalho consiste no desenvolvimento de um sistema de inspeção visual utilizando dispositivo robótico de controle para câmera de vídeo, acoplado a vara de mano-

bras. O sistema é composto por dois dispositivos, sendo o primeiro responsável pela transmissão das imagens da estrutura para um segundo, consistindo de um dispositivo de monitoramento e controle em solo. Este último, além do controle, é responsável também pelo armazenamento, acionamento e captura de imagens de um dispositivo de captura de imagens com movimentação de dois eixos distintos, possibilitando a visão de qualquer ponto ao seu redor. Como objetivos específicos podem-se destacar:

- Controlar remotamente dispositivo de captura de imagens e um braço robótico;
- Transmitir comandos e imagens entre os dois dispositivos que compõe o sistema de forma eletricamente isolada;
- Verificar a eficiência da comunicação estabelecida através de um link de rádio em ambientes ruidosos;
- Estabelecer processo para inspeção de linhas de transmissão.

### III. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

O primeiro ponto a ser observado na solução do problema diz respeito ao equipamento de captura de imagens a ser utilizado. A escolha do equipamento deve obedecer a critérios que demonstrem viabilidade técnica e econômica, visando à transformação em produto. A solução também prevê portabilidade, podendo o dispositivo de captura escolhida ser substituída por outro modelo com as mesmas funcionalidades requeridas pelo projeto [1].

Além da definição de modelo do dispositivo de captura de imagens para a solução do problema, as definições do controle microprocessado (ou microcontrolado), da estrutura mecânica e do sistema de comunicação sem fio também devem atender aos quesitos de viabilidade técnico-econômica pelos mesmos motivos mencionados da máquina fotográfica.

#### A. Visão Geral do Sistema

O sistema é composto basicamente por dois módulos, sendo um modulo de visualização, a ser utilizado pelo operador para controle do sistema de captura de imagens, visualização e armazenamento. A segunda parte, denominada de módulo de captura de imagens, é conectada a vara de manobra e permite que o operador posicione o dispositivo de forma a observar estruturas de transmissão de forma mais adequada.

A comunicação entre o modulo de visualização e o sistema de controle de transmissão é feita via radio freqüência. Desta forma, a vara de manobra continua com suas características de isolamento ao mesmo tempo em que permite a comunicação entre módulos. Existem dois canais de radio para a comunicação entre os módulos, sendo um digital e outro analógico. O primeiro é para enviar sinais de controle para a câmera enquanto que o segundo é para a transmissão das imagens. As seções a seguir detalham cada um dos módulos bem como as partes que lhe compõe.

Os dois módulos são sistemas embarcados que permitem a captura das imagens. Entretanto a análise das imagens é feita por meio de um software que armazena as imagens em banco de dados apropriado. As imagens ficam armazenadas e é

possível conectar o sistema a outros sistemas computacionais da empresa para a geração de relatórios de falhas em estruturas e sistematização de rotinas de manutenção. A figura 1 mostra a visão geral do sistema.

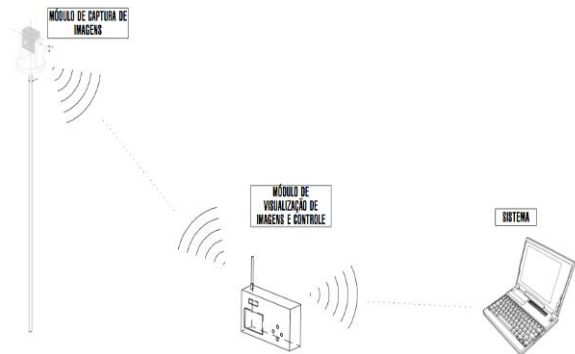


Figura 1. Visão geral do sistema

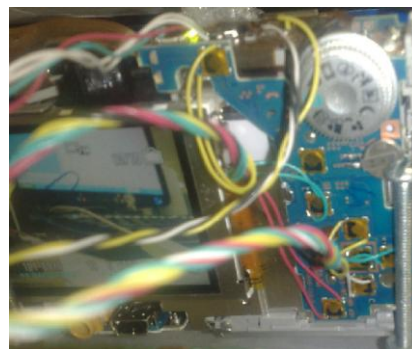
#### B. Dispositivo de Captura de Imagens

O dispositivo de captura de imagens escolhido foi a máquina fotográfica digital SONY DSC-W35 . Além de ser de fácil manuseio e baixo custo, ela tem algumas características essenciais para o atendimento dos requisitos da solução, como alimentação por um cabo externo, eliminando a necessidade de retirada de bateria para carga

Para o controle da mesma foi retirada a capa plástica que faz a interface com os botões e foram criadas chaves para acionamento programado pelo sistema, simulando um apertar de botão na máquina.



(a)



(b)

Figura 2. (a) Máquina fotográfica sem a capa plástica, (b) Detalhe das ligações feitas nos botões da máquina

Esta abordagem permite uma certa portabilidade, já que pode ser aplicado a diversos tipos e modelos de máquinas fotográficas digitais com poucas modificações. Outra vantagem dessa abordagem é que pode ser adaptada a máquina sem a necessidade de inutilizar seu uso manual, uma vez que os botões da máquina continuam disponíveis. A figura 2 mostra os detalhes construtivos do protótipo, permitindo observar as conexões dos botões da máquina fotográfica.

A máquina fotográfica percebe o apertar de um botão a partir de um fechamento entre duas partes de contato elétrico nas extremidades do botão. Com a retirada da capa plástica, visto na figura 2, foi soldado fios pequenos e flexíveis nas extremidades que fazem o contato de cada botão.

### C. Interface do Dispositivo de Captura de Imagens

Para fazer a interface da máquina fotográfica e o sistema microcontrolado, responsável pelo recebimento de comandos e atuação, foram implementados botões que acionam a máquina, tal como numa operação manual. Os contatos tipo NA simulam o toque do dedo em um botão do dispositivo. Para chavear esses contatos foi utilizado o CI 4066.

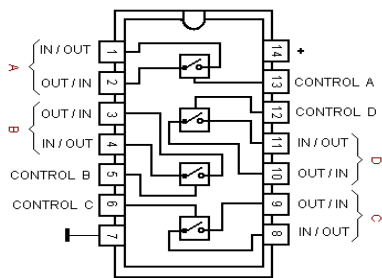


Figura 3. CI 4066

Esse CI possui quatro interruptores analógicos independentes. Cada interruptor possui dois terminais de entrada/saída e um interruptor habilitado em nível alto. Neste trabalho estão sendo utilizados três CIs 4066, permitindo o controle de até doze botões da máquina.

### D. Comunicação e Tratamento de Dados

O sistema de comunicação por radiofrequência é constituído por dois módulos transceptores LPRS Easy-Radio ER400TRS, que provê uma alta performance, simplicidade de uso e possibilidade de transferência bidirecional de dados.

Os rádios, dispostos em pares, transmitem dados através de sinalização digital numa frequência de 433 MHz, com potência de saída e velocidade de processamento de dados programáveis.



Figura 4. EasyRadio ER400TRS [2]

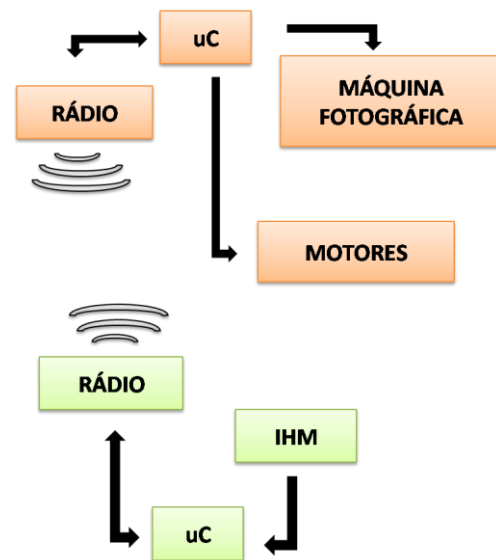


Figura 5. Esquema de tratamento de dados

Cada rádio fica junto a um dispositivo. Esses dispensam componentes adicionais requerendo apenas a conexão da linha de alimentação, do terra e da entrada (se transmissor) ou saída (se receptor) de dados. Estão sendo usados três microcontroladores da família PIC, um do lado do menu de comando remoto, utilizado para acessar as funções da máquina fotográfica e controle *pan* e *tilt*, e dois do outro lado, no dispositivo de recebimento e atuação. Os microcontroladores são responsáveis pelo protocolo de comunicação de dados entre o circuito de controle (IHM) e o de acionamento (máquina e braço robótico).

Para o processamento geral do sistema optou-se por uma arquitetura distribuída, tendo três microcontroladores da família PIC 18F, sendo um PIC 18F452 para acionamento de botões da máquina fotográfica, um PIC 18F4620 para tratar da comunicação entre comandos dos módulos de visualização e captura de imagens e o PIC 18F1320 para controle dos servomotores e implementação da funcionalidade *pan-tilt* realizada pelo braço robótico.

Para a visualização das imagens da máquina foi conectado um transmissor de vídeo genérico na saída de vídeo dessa, onde as imagens são vistas em um monitor que fica junto ao dispositivo de controle.

### E. Servomotor

Por serem pequenos e compactos, além de permitir um posicionamento preciso de seu eixo, os servomotores são largamente utilizados em robótica e modelismo [3].

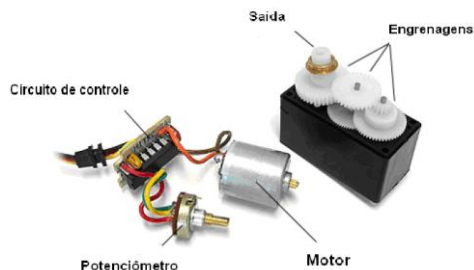


Figura 6. Circuito do servomotor [3]

Um servomotor possui um sistema eletrônico de controle e um potenciômetro que está ligado ao eixo de saída. Este potenciômetro possibilita ao circuito de controle monitorar o ângulo do eixo do servomotor. Se o circuito detecta que o ângulo está incorreto, o motor é ativado até que o ângulo seja o desejado. Nas engrenagens de um servo motor existe um limitador que atua no ângulo de giro do eixo, fazendo com que este varie de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  [3].

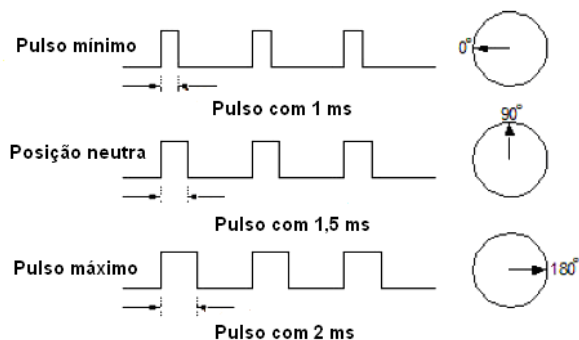


Figura 7. Posição do servo equivalente ao pulso [3]

Para este sistema foi usado dois servomotores, sendo cada colocado em um eixo distintos. Os servomotores são conectados a uma placa contendo um microcontrolador PIC. O microcontrolador, conectado ao sistema de comunicação, recebe comandos diretamente do módulo de visualização. Os comandos são armazenados e tratados de forma a gerar um PWM correspondente a posição desejada pelo operador.

A posição exata do braço robótico pode ser determinada, uma vez que na inicialização do sistema é gerado um PWM de forma posicionar o sistema nas coordenadas  $90^\circ$  para os dois sistemas. Para cada comando recebido, o sistema é incrementado a  $5^\circ$  positivos ou negativos nos eixos *pan* ou *tilt*, dependendo do comando. Cada interação é armazenada em memória para identificação da posição do braço. O controle é todo realizado em malha aberta.

#### F. Braço Robótico

A estrutura mecânica foi desenvolvida no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, IFRN, toda feita de alumínio, a fim de buscar uma boa sustentação da máquina e para que a mesma tivesse uma visão mais ampla dos pontos ao seu redor.

Os servomotores foram colocados em pontos que pudessem ter uma maior mobilidade de dois eixos distintos,

sendo estes os responsáveis pelas rotações *pan* e *tilt*, de acordo com o observado na figura 8.

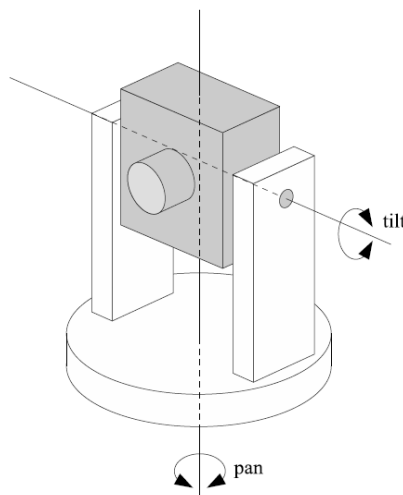


Figura 8. Esquema dos eixos de rotação [4]

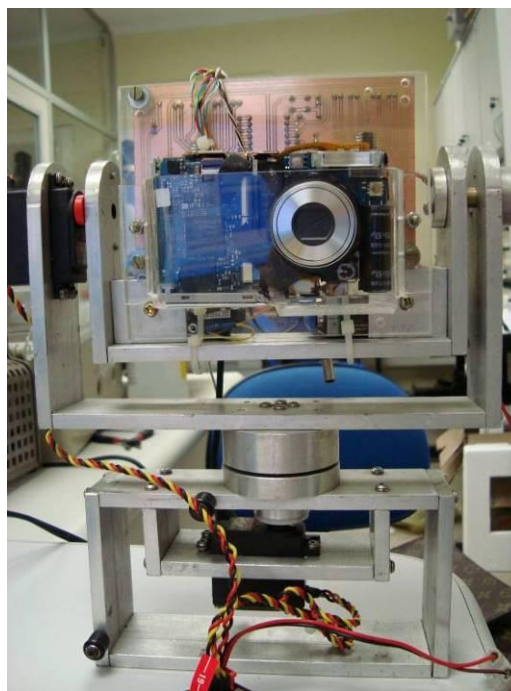


Figura 9. Vista frontal da estrutura robótica

A figura 9 mostra a estrutura robótica já com a máquina fotográfica fixada, sendo esta fixação feita em acrílico. Acoplada ao dispositivo *pan* e *tilt*, encontra-se a máquina fotográfica propriamente dita.

#### G. Módulo de Visualização

O módulo de visualização é composto por um microcontrolador PIC da família 18 F. Está conectada ao microcontrolador uma interface de entrada sendo um teclado matriz de  $3 \times 5$  e um display LCD de  $2 \times 20$ . As interfaces de entrada e saída permitem ao operador entrar com dados relativos a estrutura a ser inspecionada, de acordo com uma programa-



ção definida preliminarmente, além de possibilitar realizar as operações sobre o módulo de captura de imagens. Outros quatro botões são implementados para o movimento *pan-tilt* do braço robótico. Outros três botões foram implementados para funcionalidades futuras.

Além das interfaces de entrada e saída (teclado e LCD), uma interface de acesso a cartões de memória tipo SD é responsável pelo armazenamento de dados capturados do módulo de captura de imagens. Estes dados são armazenados de acordo com uma estrutura de dados que relaciona as imagens e os dados entrados pelo operador sobre a estrutura inspecionada.

O sistema então é conectado a um rádio digital serial transceptor ER400 TRS. A comunicação com o módulo de captura de imagens é realizado por um par de rádios (um em cada módulo) e um protocolo que evita possíveis ruídos advindos do campo eletromagnético da linha de transmissão.

Por outro lado existe um monitor LCD com a funcionalidade de visualizar as imagens capturadas pelo módulo de captura de imagens. O monitor LCD é totalmente independente do microcontrolador e é ligado diretamente a um canal de rádio analógico. Para implementação desse canal de rádio foi utilizado um receptor *wireless* Fujika FK 802-A, que implementa entradas de vídeo e áudio padrão AV-OUT, compatível com o monitor LCD utilizado. Pelo lado do módulo de captura de imagens, é conectado um transmissor *wireless* da mesma marca e modelo a saída AV-OUT da câmera fotográfica, criando assim um *link* de comunicação entre os dois módulos. A figura 10 mostra o módulo de visualização implementado.

A gravação das imagens é realizada no cartão de memória SD da própria máquina fotográfica enquanto que os dados relativos a estrutura inspecionada é realizada no cartão SD do módulo de visualização. Um software e um procedimento de download de informações do sistema é responsável pelo correlacionamento dos dados.



Figura 10. Módulo de visualização

#### H. Monitoramento do Sistema

A interface de monitoramento do sistema, equipada com um microcontrolador PIC 18F4620, tem como funcionalidade o controle de:

- Um display de cristal líquido (LCD) 16x2, onde é possível mostrar o menu da máquina fotográfica e mostrar os dados referentes a inspeção

- Dois botões para alternância de funções da interface e um terceiro botão para ativar a função a ser enviada a máquina fotográfica
- Um teclado alfanumérico, usado para escrever os dados da inspeção.
- Quatro botões para a movimentação do braço robótico
- Um receptor de vídeo e um monitor de 6" usados com a finalidade de mostrar as imagens da máquina.

#### I. Acesso remoto da Máquina Fotográfica

O menu implementado no LCD tem como funcionalidade mostrar todos as funções que podem ser acessados remotamente da máquina fotográfica e indica se a função foi executada corretamente ou não.

Tabela 1. Funções do Menu

Ligar e desligar	Liga e desliga a máquina fotográfica
Bater foto	Bate foto, abre menu para inserção dos dados do poste e da última foto
Zoom mais	Aproxima o foco da máquina na imagem
Zoom menos	Afasta o foco da máquina na imagem
Ver foto	Visualiza a última foto
Opções de flash	Habilita ou desabilita flash
Função Macro	Aciona a função macro
Nível da bateria	Indica a carga da bateria

A função escolhida é enviada pelo rádio para o outro microcontrolador que já está esperando por comandos.

Após o envio do comando, o sistema irá aguardar a resposta que virá em até 5 segundos (*timeout*), caso não haja resposta o sistema irá indicar no LCD a falha na comunicação. O microcontrolador responsável pelo acionamento da máquina verifica os dados recebidos, se o comando for válido, a máquina é acionada e o LCD indica que a operação foi executada, se não, aguardará o envio de um novo comando.

#### J. Controle da Inspeção

Com o uso do LCD, do teclado alfanumérico e do PIC18F4620 é feito o processo de armazenamento de dados referentes a inspeção e as fotos tiradas da mesma. Este armazenamento é feito em um cartão de memória usando um HDDBS. O HDDBS possui um sistema de armazenamento de dados compatível com FAT16 e FAT32, que permite criar, ler e apagar diretórios e arquivos, sendo feito pelo microcontrolador.

No início de cada inspeção é gravado no cartão de memória SD o número do poste mais próximo e o nome da primeira foto referente a esta. Este processo é feito com finalidade de análise das fotos em um PC. Após a conclusão da inspeção é retirado o cartão de memória SD do sistema de

controle e o cartão de memória SONY da máquina fotográfica, estes cartões são colocados em um leitor de cartão genérico conectado ao PC onde um software relaciona cada foto ao seu respectivo poste.

### K. Controle do Braço Robótico

Quando o LCD estiver do menu é possível a movimentação do braço por quatro botões específicos para este.

A movimentação de cada servomotor é feita de forma digital onde ao pressionar um botão movimenta, naquela determinada posição, o ângulo do servomotor muda.

O algoritmo feito para este foi implementado de forma que só mandasse um dado de posição depois que o botão fosse solto, por exemplo se apertar o botão por 1 segundo ele irá manda um comando para mover 3°, se apertar por 5 segundos irá mandar o comando para mover 20°. O incremento da posição é feito pelo circuito do controle remoto, pois em trabalhos com rádios e alta tensão a probabilidade de erros devido a ruído é alta.

### L. Interface da base de dados

A empresa em questão possui a organização de estruturas de energia agrupadas em subestações, que são formadas por áreas de Alimentação (Alimentadores), que por sua vez são compostos por torres que são o foco desta pesquisa.

Tal esquema de organização nos concebeu a estratégia de armazenamento de dados em um banco relacional, sendo as imagens armazenadas no servidor e suas referências postadas na base de dados, afim de não perdermos desempenho na recuperação dos dados. O modelo entidade relacional apresentado na figura 11 indica como ficou a estrutura das tabelas em cada esquema.

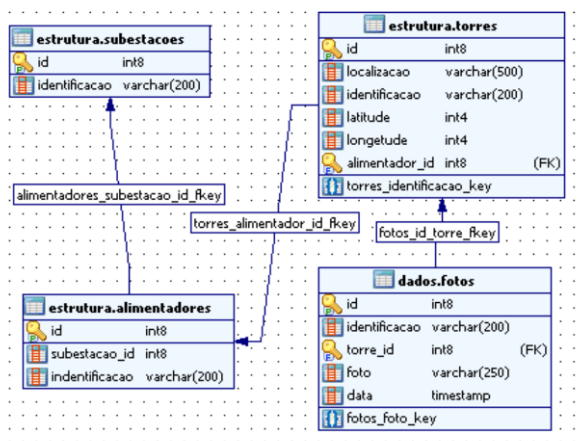


Figura 11. Modelo da Base de Dados

A interface de mantenedora destas informações está implementada na plataforma Java afim de se ganhar portabilidade com relação ao ambiente nativo no servidor da empresa. E pelo ganho de desempenho em se dividir as variadas tarefas de acesso a base de dados e interação entre interface visual e o usuário através da implementação de multi-threads. A figura 12 passa a estrutura de pacotes e classes, incluindo as API JDBC (Driver de acesso ao SGBD) e Swing (Gerenciador gráfico).

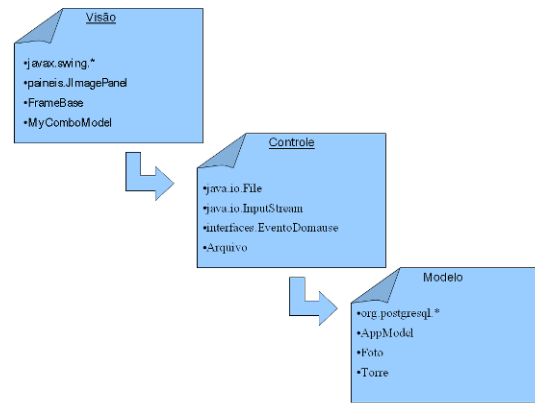


Figura 12. Estrutura do Sistema

Resultando na interface de base de dados. Que prevê os requisitos de recebe as fotos tiradas em campo e armazená-las de acordo com as instruções enviadas pela máquina no chip de dados e de imagens. Realizando a copia dos dados e limpando os chips para que possam ser reutilizados na câmera em campo. Em anexo temos o manual de manuseio da interface.

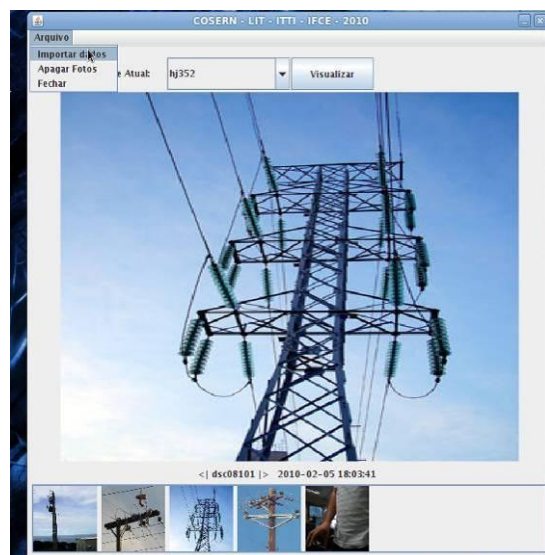


Figura 12. Interface do sistema de alto nível.

### M. Procedimento de Download de Dados

O procedimento de download de dados inicia, na verdade, com o upload de dados via cartão SD a ser inserido no módulo de visualização. Os dados inseridos correspondem as estruturas a serem visitadas pelo operador.

Para cada estrutura visitada, o operador abre uma seção indicando a última foto visualizada, informação essa disponível pelo monitor LCD conectado pelo link de rádio ao módulo de captura de imagens. O operador, por meio do módulo de visualização, ajusta as imagens que deseja armazenar e dispara o comando para a fotografia digital. Para cada comando é registrado na memória um numero sequencial da máquina fotográfica adicionado da estrutura. Vale ressaltar que as fotos são armazenadas no cartão de memória da máquina, separada fisicamente e logicamente do registro de dados correlacionado no modulo de visualização.

Apos a realização dos procedimentos de inspeção, os cartões são retirados do sistema e conectados ao leitor de cartão. Os arquivos são armazenados em diretórios específicos de forma automática pelo sistema. O próprio sistema é responsável pela junção das informações dos dois arquivos para manutenção da base de dados, já explicitado na seção H.

#### IV. TESTES E RESULTADOS

Nos primeiros testes os comandos recebidos pelo rádio eram enviados por um PC, usando o software DOCKLIGHT, dedicado para comunicação serial RS232 como mostra a figura 13. O PC também recebia as imagens enviadas por um transmissor de vídeo conectado à máquina fotográfica. Uma placa de captura genérica era responsável pela conversão de formatos de imagem entre a máquina fotográfica e o PC.

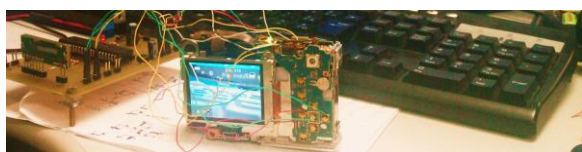


Figura 13. Início dos testes em laboratório

Com o perfeito funcionamento do dispositivo de acionamento da máquina fotográfica passa-se a usar um outro microcontrolador para enviar os comandos a serem executados pelo dispositivo (IHM), o microcontrolador PIC 18F4620, onde as imagens da máquina fotográfica são vistas em uma pequena televisão de cristal líquido de sete polegadas, do mesmo modo utilizado no PC, usando a placa de captura e o transmissor ligado na saída de vídeo da máquina.

Utilizando o DOCKLIGHT e outro rádio conectado ao PC foi possível analisar a comunicação entre os rádios, tornando mais notáveis os erros de transmissão e recepção.

Usando acrílico como suporte de sustentação para câmera, este foi fixado na estrutura robótica, a fim de que fosse feita a movimentação da câmera.

Com a eficiência da comunicação e do sistema robótico foram acoplados os botões, o LCD e o circuito responsável por estes a um controle da Futaba para que a estrutura da câmera fosse comandada por um dispositivo único. Como o controle da Futaba usa potenciômetros para o ajuste de posição dos servomotores foi observado vibrações nos motores e em lugares mais propensos a ruídos não foi possível a estabilidade do braço robótico, sendo necessário o descarte do controle Futaba e a posterior utilização de um circuito digital, sendo este implementado no laboratório e embarcado no circuito de controle remoto.

Em campo, um protótipo foi disponibilizado para a COSERN para ser utilizado por equipes de manutenção. Inicialmente foi realizado um treinamento e acompanhamento das equipes. Observou-se dificuldades iniciais de adaptação e uso do equipamento, considerado normal. As primeiras inspeções mostraram imagens de oxidação de estruturas de isolamento não observadas visualmente. As primeiras 20 inspeções detectaram três eventos sinalizados para intervenção de manutenção não detectada nos métodos de inspeção visual tradicional.



Figura 14. Testes em Campo



Figura 15. Teste feito nas instalações elétricas da COSERN.

#### V. CONCLUSÕES

O sistema foi montado e testado com sucesso em laboratório, sendo possível controlar as diversas funções da máquina fotográfica e o sistema de *pan* e *tilt*. O protocolo de comunicação implementado estabeleceu segurança no envio de comandos, evitando possíveis falhas de comunicação e sinais ruidosos externos. O isolamento é seguro, uma vez que os rádios estão funcionando perfeitamente e os principais botões da máquina fotográfica estão sendo manipulados remotamente.

Dentre os benefícios com a conclusão do projeto, pode-se destacar a diminuição de interrupções para manutenção corretiva devido à identificação de problemas previamente encontrados, a diminuição de custos de reparo devido a inspeções mais detalhadas, o aumento de receita devido à diminuição de paradas por motivos de falhas, por falta de manutenção preventiva, entre outros.

Nas primeiras vinte inspeções foram observados três situações não detectadas pelos métodos tradicionais de inspeção, gerando intervenções preditivas e ganhos econômicos

pela concessionária. A COSERN está em processo de desenvolvimento de um cabeça de série do projeto para o ciclo 2010/2011.

#### VI. AGRADECIMENTOS

A Companhia Energética do Rio Grande do Norte, COSERN, pela ajuda financeira.

Ao Instituto de Telemática, ITTI, e ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, IFCE, pelo apoio e todo o suporte oferecido para a conclusão deste projeto.

#### VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SÁ, Rejane C. (2008). Dispositivo remoto para captura de imagens. III Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. Fortaleza – CE.
- [2] LOW POWER RADIO SOLUTIONS (LPRS). ER400TRS Transceiver Datasheet: 'easy-Radio' 433-4Mhz FM transceiver with user programmable frequency, output power and data rate. Disponível em: <<http://www.lprs.co.uk/datasheets/ER400TS-02.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2009.
- [3] SANTOS, André (2007). Servomotores. Porto Alegre.
- [4] KIKUCHI, Davi Yoshinobu (2007). Sistema de controle servo visual de uma câmera pan-tilt com rastreamento de uma região de referência. São Paulo.