



**XXIII SNPTEE
SEMINÁRIO NACIONAL
DE PRODUÇÃO E
TRANSMISSÃO DE
ENERGIA ELÉTRICA**

FI/GPC/27
18 a 21 de Outubro de 2015
Foz do Iguaçu - PR

GRUPO – V

GRUPO DE ESTUDO DE PROTEÇÃO, MEDIÇÃO, CONTROLE E AUTOMAÇÃO EM SISTEMAS DE POTÊNCIA - GPC

ESPECIFICAÇÃO DE PROCEDIMENTOS DE MANUTENÇÃO DE SISTEMAS DE PROTEÇÃO E AUTOMAÇÃO USANDO REALIDADE AUMENTADA

**Ubiratan Carmo (*)
CHESF**

**Judith Kelner
UFPE**

**Bernardo Sousa
UFPE**

**Iony Patriota
TECNIX**

RESUMO

O objetivo deste trabalho é realizar um breve detalhamento das técnicas de realidade aumentada ilustrando um caso de uso da aplicação da mesma na manutenção de dispositivos de proteção e automação e descrever a funcionalidade desta uma aplicação. O artigo está organizado nos seguintes tópicos: a seção 1 apresenta uma breve Introdução que realiza a contextualização dos conceitos de realidade aumentada à seção 2 estabelece a teoria de realidade aumentada e sua técnica de aplicação e da teoria de rastreamento de imagem, a seção 3 ilustra o detalhamento do módulo responsável pela edição de roteiro de manutenção, a seção 4 descreve o detalhamento do módulo de visualização de roteiro, seção 5 ilustra um caso de uso da aplicação em uma manutenção em uma unidade terminal remota GE 2020 e finalmente as conclusões.

PALAVRAS-CHAVE

Procedimento de Manutenção, realidade Aumentada, Rastreamento de Imagens, Confiabilidade

1.0 - INTRODUÇÃO

Os procedimentos de manutenção de equipamentos e dispositivos da área de proteção, controle e de automação na Chesf são especificados através de roteiros de manutenção que utilizam texto e imagens estáticos para passar informações necessárias a execução da manutenção. Este método de transmitir informações ao executor da manutenção pode ocasionar erros de interpretação por parte do mesmo ocasionando configurações erradas dos dispositivos de proteção podendo ocorrer funcionamento errado dos mesmos ocasionando danificação de equipamentos primários e/ou operação errada do sistema elétrico de potência (SEP) tendo interrupção do fornecimento de energia e apagões do sistema elétrico.

A fim de mitigar esses problemas, foram investigadas maneiras de expor as informações necessárias relativas aos procedimentos de manutenção, objetivando a redução dos hiatos cognitivos durante o processo de captação das instruções. Uma abordagem que transforma os roteiros de manutenção em roteiros aumentados (roteiro baseado em realidade aumentada) foi concebida e um aplicativo denominado de CHESF Realidade Aumentada (CHESF-RA) foi desenvolvido para atingir tal propósito. Esta ferramenta é composta de dois módulos: O primeiro módulo é um editor de roteiros aonde o órgão de engenharia de manutenção responsável por emitir os roteiros realiza a elaboração do roteiro da manutenção de dispositivo específico. O segundo módulo é um visualizador de roteiro no qual o executor da manutenção segue os procedimentos da manutenção utilizando a tecnologia de realidade aumentada.

No aplicativo CHESF-RA, os roteiros de manutenção são carregados e os objetos presentes no ambiente serão identificados. Caso seja encontrado o dispositivo alvo da manutenção, o aplicativo apresentará as instruções junto

a informações visuais adicionais sobre o local onde será aplicada a instrução especificada. Além disso, o CHESF-RA é capaz de fornecer informações multimídia sobre o procedimento e de requisitar informações para o executor da manutenção sobre a situação atual, proporcionando uma experiência lúdica na realização do procedimento de manutenção.

O aplicativo CHESF-RA reúne vídeos, áudios, imagens e indicações visuais contextualizadas em um dispositivo que poderá ser usado pelo executor da manutenção em qualquer local que se faça necessário. Facilita e acelera, a tomadas de decisão e possibilita a execução do procedimento de manutenção com eficácia. As indicações visuais aceleram a identificação do local onde serão aplicados os passos da manutenção, além de poder eliminar dúvidas e conseqüentemente reduzir a ocorrência de erros em um passo crítico do procedimento de manutenção. O CHESF-RA é capaz de gerar relatórios semi automatizados, contendo métricas relacionadas à eficiência da manutenção. Esses relatórios poderão ser analisados posteriormente por especialistas, permitindo detectar acertos e erros ocorridos e viabilizar o aperfeiçoamento do procedimento.

O aplicativo CHESF-RA pode ser usado na execução de qualquer procedimento que siga roteiros (procedimentos de manutenção e procedimentos de operação) e na realização de treinamento de técnicos. Nesse contexto, o CHESF-RA pode ser utilizado como um guia interativo, onde ocorre a simulação das tarefas a serem realizadas durante o procedimento. Qualquer tarefa descritível em formato de lista de instruções pode ser incorporada ao aplicativo. Em outras palavras, várias áreas da organização podem explorar o potencial do CHESF-RA.

O conceito de realidade mediada (MR) é uma coleção de técnicas que são utilizadas por sistemas interativos para modificar e melhorar a percepção do usuário do ambiente em que está contido. O conceito foi introduzido pela primeira vez como uma operação de filtragem aplicada a uma imagem real combinada com uma série de imagens sobrepostas [1]. Estas operações, que devem ser realizadas em tempo real, e reconfiguram de forma inteligente a percepção da realidade, seja ela visual, auditiva, tátil, ou com base em qualquer outro sentido do corpo humano [2]. Realidade mediada pode ser visto como uma mistura do conceito de Realidade Aumentada (AR) [3] com o conceito de Realidade Diminuída (DR) [4] técnicas, que além de adicionar elementos virtuais pode remover as reais possibilitando modificar o mundo perceptual [5].

Efeitos simples, como a retirada do foco ou desaparecimento gradual do ambiente, mantendo as páginas de um livro nítidas e coloridas poderia ser um exemplo de MR. O mundo real é manipulado a fim de melhorar a experiência do usuário - neste caso, através da criação de uma indistinta, ausência de estímulos do ambiente e que permite ao usuário manter o foco durante a leitura. Dispositivos de aparelho auditivo e fones de ouvido com cancelamento de ruído são outros exemplos, uma vez que medeia a percepção auditiva do usuário. Como pode ser visto nos exemplos anteriores, as utilizações mais comuns de utilização da MR envolve o fornecimento de mais informações para os utilizadores ou capacitando-os sobre os seus sentidos. A figura 1 ilustra exemplos de realidade aumentada em um filme chamado Minority Report © 20th Century Fox e Sonhos Trabalho SKG. [5].



FIGURA 1 Exemplo do uso de Realidade Aumentada no filme Minority Report

O conceito de reconhecimento de objetos é a técnica que encontra e reconhece objetos no mundo real a partir de uma imagem deste mundo, usando modelos de objetos que são previamente conhecidos. Esta tarefa é surpreendentemente complexa. Os seres humanos realizar o reconhecimento de objetos facilmente e instantaneamente sem nenhum esforço [6].

O algoritmo de reconhecimento selecionado pelo projeto Chesf RA para o reconhecimento de objetos do mundo real foi o algoritmo denominado do inglês *Oriented Fast and Binary Descriptor Rotate Brief (ORB)* que utiliza a técnica desenvolvida pelo "OpenCV Labs" *algorithms*. Outros algoritmos também foram considerados e analisados durante o projeto. Estes algoritmos apesar de implementar funções semelhantes, houve uma série de diferenças

decisivas em suas implementações. Isso influenciou diretamente os cenários suportados por cada um deles, bem como o seu desempenho quando executado, portanto o algoritmo ORB foi escolhido principalmente por causa de seu desempenho em tempo real.

O descritor de binário é composto por três partes: a primeira é um padrão de amostragem com pontos de amostragem na região em torno do descritor, a segunda parte é responsável pela compensação da orientação onde é usado algum mecanismo para medir a orientação de um ponto chave e se for o caso realizar uma rotação para compensar para a mudança de rotação do mesmo. Finalmente um par de amostragens é utilizado para a comparação quando da construção do descritor final. A figura 02 ilustra um exemplo de reconhecimento de objetos usando um algoritmo ORB onde o sinal de vídeo capturado é comparado com um modelo de rastreamento de uma Unidade Terminal Remota (UTR) GE D20.

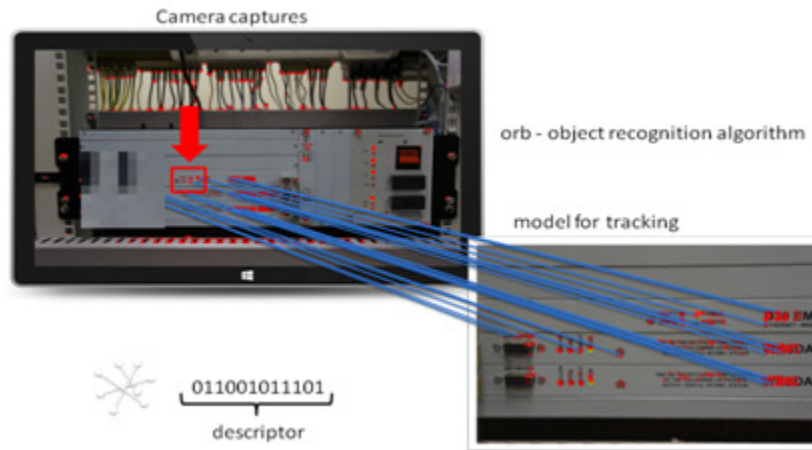


FIGURA 2 Exemplo de reconhecimento de objeto usando a técnica de binário descritor

O modelo funcional de manutenção utilizando a aplicação CHESF RA é composto pelo módulo editor de roteiros de manutenção que é responsável por criar um roteiro de manutenção. Este roteiro é composto pelas etapas de manutenção, os valores de referência que devem ser observados pelo executor da manutenção quando da realização da mesma, o modelo de relatório, arquivos de áudio e vídeo anexado com diagramas e explicações sobre o procedimento de realizar a manutenção. Durante a fase de criação do roteiro de manutenção, o modelo de referência e os pontos de destaques são identificados e incluídos no roteiro por um engenheiro especialista na manutenção do dispositivo. O produto principal nesta fase é o roteiro de manutenção. Depois disso, o engenheiro de campo recebe o roteiro e executa a manutenção seguindo os passos indicados pela ferramenta CHESF-AR.

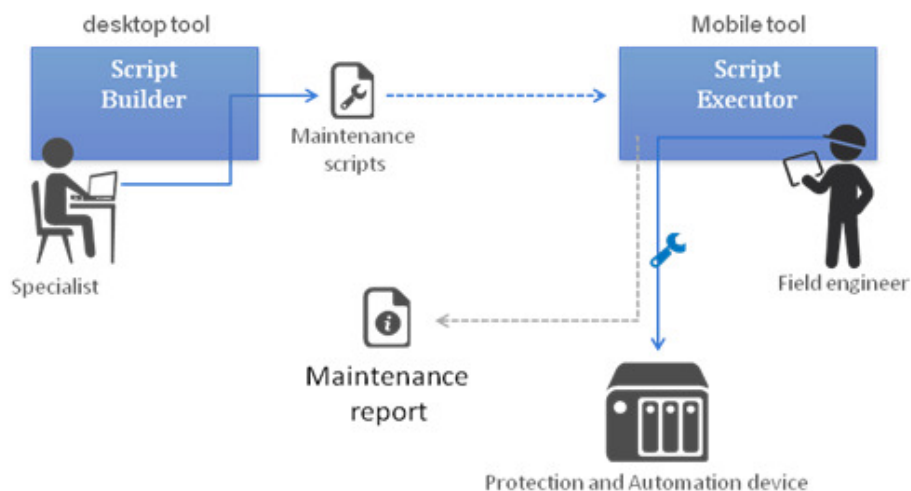


FIGURA 3 Modelo funcional da aplicação CHESF-RA

Durante a etapa da manutenção propriamente dita, o engenheiro de campo pode, por exemplo, usar um tablet para além de seguir os passos de manutenção observar o dispositivo sob manutenção e os pontos destacados do mesmo pelas ferramentas CHESF-RA. Observamos que os destaques apresentados são sincronizados com as etapas de manutenção. Este passo a passo sincronizado com os destaques do objeto (Dispositivos) evita que o usuário cometa erros durante o período de realização da manutenção, portanto, aumentando a confiabilidade da mesma. No final do processo de manutenção a ferramenta Chesf-RA, emite o relatório relativo à manutenção que pode ser impresso localmente ou enviada para o centro de manutenção. A Figura 3 ilustra o modelo funcional da ferramenta Chesf-RA.

2.0 - MODULO CONSTRUTOR DE ROTEIROS DE MANUTENÇÃO

O módulo construtor de roteiros é o módulo responsável pela criação dos roteiros de manutenção que serão futuramente executados e exibidos pelo módulos de visualização de roteiros. Este módulo foi desenvolvido para o sistema operacional Windows 7, o construtor de roteiros foi codificado completamente em C # sob a plataforma .NET 4. Ele é baseado no sistema de gráficos Windows Presentation Foundation (WPF).

A arquitetura do Construtor de Roteiros foi estruturada utilizando o padrão de arquitetura de software para interfaces gráficas MVC (em inglês, *Model-View-Controller*). Este padrão visa separar a aplicação em 3 grupos – modelo, visualização e controlador – responsáveis por diferentes atividades no sistema. Cada grupo possui a representação interna da informação de acordo com os requisitos de cada grupo. Além disso, cada grupo foi implementado utilizando o padrão de design de software Façade, que visa prover uma interface simplificada para grandes conjuntos de códigos. No caso, cada grupo do MVC possui sua própria façade.

O modelo utilizado no caso de o módulo do construtor de roteiros é formado por um conjunto de classes que representa um roteiro dentro do sistema. Este conjunto de classes armazena as informações fornecidas pelo usuário e é posteriormente utilizado para exportar um pacote de dados para ser lido no módulo visualizador de roteiro. O elemento principal do modelo é ACTIVITY. Ele tem um conjunto de passos, representando cada etapa do roteiro. Cada etapa usa ponteiros para se associar aos elementos do roteiro, que são armazenados apenas dentro de cada ACTIVITY. Estes ponteiros são: ALLOCATEDPART, ALLOCATEDSECURITYITEM, ALLOCATEDTARGET e ALLOCATEDTOOL. Além disso, a passo tem ponteiros para a próxima etapa, chamada de CONNECTIONS e possível a entrada de dados pelo usuário, chamada de INPUT. A Figura 4 ilustra os diagramas de classe de construtor script de manutenção.

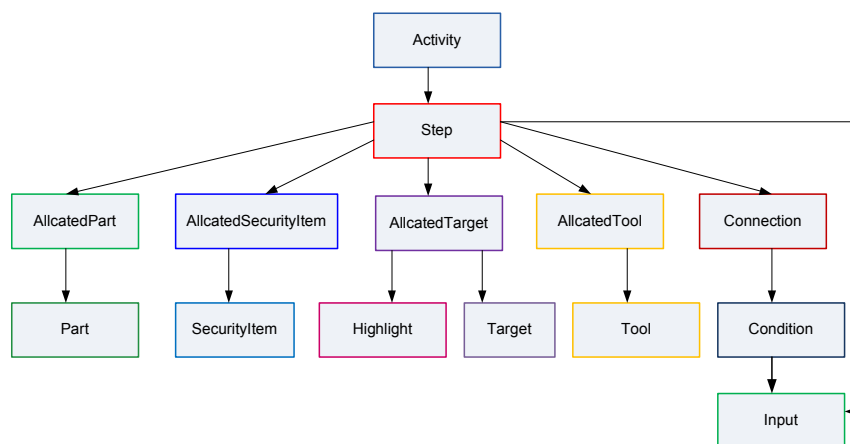


FIGURA 4 Diagrama de classe do construtor de roteiros de manutenção

A operação ao nível de usuário, o módulo construtor de roteiro abre uma janela pop-up, onde o usuário pode inicializar a elaboração do roteiro. As opções iniciais principais para esta ferramenta são: abrir um roteiro de manutenção existente, abrir um roteiro recentemente usado, criar um novo roteiro; editar o banco de dados e finalmente abrir as funcionalidades de ajuda. O usuário pode optar por não exibir este pop up para iniciar o programa, e uma tela principal oferece as mesmas opções deste pop up. Na janela banco de dados o usuário pode gerenciar os registros armazenados no banco de dados. Esta janela associa os passos de manutenção com diferentes abas, uma para materiais, outra para a segurança e uma terceira para itens-alvo, cada um deles inclui opções para a criação de novos registros (como botão de ferramenta "add"), e opções para edição e exclusão de registros.

3.0 - MODULO VISUALIZADOR DE ROTEIROS DE MANUTENÇÃO

O modulo visualizador de roteiros é uma das ferramentas que compõem o sistema de auxílio a manutenção baseado em realidade aumentada. Este módulo tem como objetivo ajudar os usuários durante os procedimentos de execução da manutenção, mostrando e destacando os pontos de interesse a cada passo da mesma de forma a controlar todo o caminho para a realização do processo de manutenção. O usuário é guiado através de indicações visuais sobre o destino e informações adicionais, tais como vídeos e áudio explicativo, lista de materiais e todas as ferramentas necessárias para a realização da manutenção. O visualizador de roteiros é o sistema responsável por executar os roteiros de manutenção e treinamento criados no Construtor de Roteiros. Este sistema foi concebido para ser multi-plataforma, e por isso foi desenvolvido utilizando o framework de interface gráfica Qt. Entretanto, somente a versão para Windows 8 foi realmente implementada. O Executor de Roteiros foi codificado completamente em C++, utilizando diversas bibliotecas, tais quais OpenCV (para rastreamento de imagens), VideoInput (para leitura do fluxo de vídeo da câmera) e outras encontradas no framework Qt, mas que não são de funcionalidade gráfica.

A principal classe do sistema é o Controle, que é responsável por coordenar os diversos aspectos da aplicação. A execução propriamente dita de cada roteiro é de responsabilidade da classe EXECUTOR, que lê e modifica as propriedades de cada execução no modelo – representando pelas classes ATIVIDADE, PASSO, ALVO, ELEMENTO, entre outras. Os arquivos de roteiros são interpretados pelo LEITORXML (que utiliza a biblioteca de leitura de arquivos XML do Qt chamada QXMLSTREAMREADER) e o fluxo de vídeo é capturado através da classe VIDEOINPUT (que utiliza funcionalidades da biblioteca de mesmo nome). O módulo que implementa a realidade aumentada é o ORBTRACKINGTHREAD, que cria uma thread específica para análise do vídeo e rastreamento dos alvos. O sistema de visualização é todo baseado em Qt e OpenGL, e é composto por diversas classes sob a classe mãe VIEW.

No ponto de vista dos usuários a janela principal no Executor de roteiros de manutenção é dividido em painéis que permitem aos usuários escolher um roteiro de manutenção, observar a manutenção atual, importar um novo roteiro de manutenção, excluir roteiros de manutenção e iniciar o roteiro de manutenção corrente. A figura 5 ilustra as principais janelas do visualizador de roteiros. A aplicação Chesf-RA suporta apenas o idioma português.



FIGURA 5 tela principal do modulo de visualização de roteiro de manutenção

4.0 - CASO DE USO DA FERRAMENTA CHESF- RA

A aplicação Chesf-Ra foi validada utilizando vários roteiros de manutenção. O caso de uso apresentado neste artigo tem como cenário a manutenção corretiva de substituição das baterias do cartão processador e do cartão de memória de uma unidade terminal remota GE D20. Esta manutenção apesar de ser uma simples substituição de bateria pode causar a perda da configuração da UTR e/ou perda do firmware o que ocasiona perda total de comunicação com a mesma.

O roteiro da manutenção de substituição das baterias da UTR GE D20 segue os seguintes passos:

- a) Desligue o RTU
- b) Abra o cartão de memória em que as baterias estão incluídas,
- c) Identificar as duas baterias
- d) Realizar as medições para identificar a bateria com a tensão mais baixa,
- e) Substituir a bateria que tem a mais baixa tensão.
- f) Substituir a segunda bateria
- g) Coloque o cartão de memória na posição de funcionamento
- h) Ligue o RTU

O usuário poderá imprimir o relatório de manutenção gerado ou enviá-lo para hierarquia superior em um centro de manutenção. A Figura 6 apresenta um exemplo que mostra a janela do visualizador de roteiros de manutenção onde se pode ver no painel à esquerda da etapa utilizado para verificar o estado de carga da bateria. Os botões que podem acessar um arquivo de imagem, de áudio e de vídeo são apresentados nesta janela, tem como finalidade apoiar o engenheiro de campo caso se queira ver uma imagem associada ao passo de manutenção, um áudio explicando o procedimento do passo ou um vídeo com um filme de ilustrando o procedimento do passo da manutenção. Na janela esquerda inferior existem as entradas de dados que será preenchido com o valor reconhecido pelo objeto que identifica a medição da tensão da bateria encontrada no cartão do processador sob manutenção. O campo inferior direito exibe o número de sequência passo. Na area principal é mostrado a imagem do objeto sob a manutenção (UTR) e os destaque do local no qual o executor da manutenção deverá realizar a leitura de tensão da bateria. Estes destaque foi indicado na fase de elaboração do roteiro e são identificados pelo processo de rastreamento da imagem.

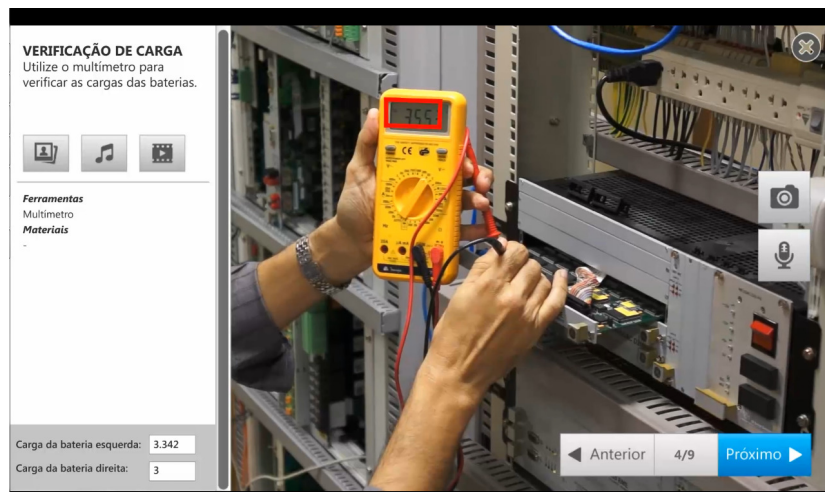


FIGURA 6 Exemplo de manutenção utilizando o visualizador de manutenção

5.0 - CONCLUSÃO

A aplicação CHESF-RA combina vídeo, áudio, imagens e pistas visuais contextualizadas em um dispositivo que pode ser usado pelo executor da manutenção em qualquer lugar que possam ser necessárias. Esta ferramenta facilita e acelera o processo de tomada de decisão e realização de procedimentos de manutenção de forma eficaz. As destaques visuais identificam de forma rápida a parte sob manutenção indicada no passo de forma a eliminar dúvidas tendo como consequência a redução de ocorrência de erros principalmente em uma fase crítica do procedimento de manutenção. A CHESF-RA é capaz de gerar automaticamente relatórios com base nos dados de manutenção que contém métricas relacionadas à sua eficiência. Estes relatórios podem ser analisados por especialistas externos do ambiente de manutenção, permitindo a detecção de resultados positivos e erros que possam ter ocorridos facilitando, assim, a melhoria do processo. A Chesf-RA também aumenta a confiabilidade de manutenção dos dispositivo de proteção e automação de forma a evitar interrupção de energia e apagões.

6.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) Mann, S.: Mediated Reality. TR 260, M.I.T. Media Lab Perceptual Computing Section, Cambridge, Massachusetts (1994).
- (2) Mann, S., Barfield, W.: Introduction to mediated reality. International Journal of Human-Computer Interaction. 15, 205–208 (2003).
- (3) Azuma, R.T.: A survey of augmented reality. Presence. 6, 355–385 (1997).
- (4) Seo, B.-K., Lee, M.-H., Park, H., Park, J.-I.: Projection-Based Diminished Reality System. International Symposium on Ubiquitous Virtual Reality, 2008. ISUVR 2008. pp. 25–28 (2008).
- (5) Herling, J., Broll, W.: Advanced self-contained object removal for realizing real-time di-minished reality in unconstrained environments. Mixed and Augmented Reality (ISMAR), 2010 9th IEEE International Symposium on. pp. 207–212. IEEE (2010).
- (6) Ramesh Jain, Rangachar Kasturi, Brian G. Schunck. : Machine Vision Published by McGraw-Hill, Inc., ISBN 0-07-032018-7, 1995.

7.0 - DADOS BIOGRÁFICOS

Ubiratan Alves Carmo;
 Graduado Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Pernambuco – 1979;
 Mestre em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Pernambuco - 2003;
 Especialista em Telecomunicações pela Universidade Federal Fluminense – 2005;
 Engenheiro projetos de Medição e Controle de Processo da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco;
 Doutorado em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Pernambuco;
 Membro do Cigre e do IEEE desde 2003.