



# Uma Arquitetura de Controle Inteligente para Robôs Forenses

José Helano Matos Nogueira, *Perito Criminal Federal, Diretoria Técnico-Científica, Departamento de Polícia Federal, SAIS, Quadra 07, Lote 23, Brasília-DF, Brazil*

**Abstract**—For some time now it has been argued new forms to create efficient control architecture for mobile robots. This work presents a new architecture to creating intelligent mobile robots, called forensic robots which interact with uncertain and dynamic environments as crime scene. To demonstrate the real functionality of this architecture it was created a conceptual model of forensic robot (ROFO). ROFO is divided in modules that they are inspired by the anatomy and physiology of the human beings. In addition, it uses advanced artificial intelligent techniques and neural networks to generating its capabilities of planning, control, and reactive behavior.

**Palavras-Chave**—ciência forense, informática forense, inteligência artificial, robótica.

## I. INTRODUÇÃO

projeto de arquiteturas de controle para robôs que executam tarefas em ambientes especificados tem sido um tópico de interesse em robótica, inteligência artificial e pesquisas de tecnologias aplicadas nos últimos anos [1]-[3], [8],[7]. Todavia, tem se verificado que grande parte das arquiteturas propostas exibem somente uma forma bastante limitada de comportamento inteligente do robô em relação ao seu domínio de atuação. Isto se comprova principalmente devido a falta de uma metodologia apropriada para interação do robô com seu ambiente, destacadamente na descoberta de vestígios em locais de crime, onde o uso de módulos de estruturas de controle de robôs tradicionais são bem distantes da realidade prática. A idéia central deste trabalho é propor uma arquitetura de controle inteligente para uma nova geração de robôs que possa auxiliar os peritos criminais em suas tarefas diárias de investigação e busca de vestígios em ambientes quase sempre desconhecidos e muitas vezes inóspitos, tais como locais pós-explosão, laboratórios clandestinos e ambientes saturados de materiais tóxicos ou radioativos. A esta nova geração de robôs que utiliza uma arquitetura baseada em planejamento computacional, redes neurais, reconhecimento de padrão e técnicas avançadas de inteligência artificial aplicada no campo de atuação judicial será chamada a partir deste ponto de robôs forenses.

Para tratar as limitações impostas pelas tecnologias anteriores, este trabalho cria uma nova arquitetura de controle genérica para criação de robôs forenses inteligentes e móveis

que interagem com ambientes externos incertos, insalubres, perigosos e dinâmicos, campo de vasta aplicação na área pericial. Esta arquitetura é inspirada na anatomia e fisiologia do modelo biológico dos seres humanos, mais especificamente em seu sistema nervoso central. Para tanto, a metodologia de comportamento utilizada está baseada em técnicas de inteligência artificial que são responsáveis pela representação do conhecimento, pelo reconhecimento de padrões, pelo planejamento e pela reatividade nestes tipos de robôs. Já as estruturas de controle da arquitetura estão divididas em módulos que buscam um comportamento mais realista e inteligente para os robôs forenses.

Com o intuito de demonstrar a funcionalidade desta arquitetura de controle foi criado o modelo conceitual de um RObô FOrense (ROFO) que interage de forma dinâmica com ambientes complexos e não estruturados.

## II. MODELO BIOLÓGICO REPRESENTATIVO

Para que se tenha uma arquitetura completa para um robô móvel aplicado em locais de crime torna-se necessário um modelo que seja eficiente e ao mesmo tempo inteligente. Portanto, nada mais natural do que usar como analogia de controle o modelo biológico dos seres humanos.

No ser humano todo o controle de suas atividades vitais é realizado por seu sistema nervoso. O sistema nervoso do ser humano é uma rede entrelaçada extensa que consiste de duas partes: periférica e central. Para o propósito deste trabalho, a pesquisa será concentrada no Sistema Nervoso Central (SNC), em seus dois componentes: a medula espinal e o encéfalo (cérebro, cerebelo e bulbo) [4]. A figura 1 apresenta a anatomia básica do SNC do ser humano, o mais sofisticado sistema nervoso dos seres vivos.

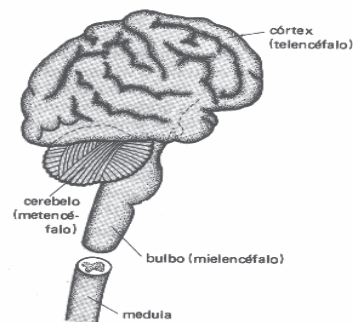


Fig. 1. O sistema nervoso central humano.

### III. ARQUITETURA DE CONTROLE PARA ROBÔS FORENSES

A arquitetura de controle que foi projetada é uma arquitetura genérica que pode ser aplicada a uma ampla variedade de robôs móveis. Todavia, para facilitar a demonstração das estruturas de controle, torna-se útil considerar todas elas em um único robô, complexo o bastante para deixar evidente a necessidade de cada mecanismo, mas simples o suficiente para fornecer um bom acompanhamento do funcionamento da arquitetura. Portanto, será apresentado como exemplo de aplicação da arquitetura o Robô FOrense (ROFO) que requer ambas capacidades de planejamento e reatividade.

Assim como no SNC humano a arquitetura de controle do ROFO está dividida em duas grandes porções: o encéfalo (córtex cerebral, cerebelo e bulbo) e a medula espinal. No córtex cerebral o ROFO realizará o controle das atividades de planejamento (geração e reconhecimento de planos), o reconhecimento de padrões, reatividade e a agenda de execução das ações. Para a geração de planos já se encontra implementado um Gerador de Planos (PIT), que fornece uma nova metodologia para geração automática de planos — a estratégia de meios-fins combinada com a regressão de metas [10], [9]. Desta forma o PIT consegue contornar o *frame problem* [5] e ainda gerar planos otimizados. Também encontra-se implementado o módulo de reconhecimento de planos, criando um novo paradigma, chamado Sistema Reconhecedor de Planos (SRP), formalmente descrito em lógica clássica de primeira e segunda-ordem, no item B da seção IV. A grande vantagem do uso do SRP incorporado ao ROFO é que ele reconhecerá as ações e planos de objetos e agentes externos antes de executar qualquer procedimento reativo de alto impacto.

Na parte referente ao reconhecimento de padrões será implementada a abordagem conexionista de redes neurais acoplada ao módulo de coordenação sensora. Para realização da reatividade será utilizado um Sistema Módulo Reativo (SMR) que se encarregará das ações condicionais reativas. Para a representação do conhecimento e execução das tarefas será utilizada a técnica de agenda de execução [3] que receberá as ordens de execução do SMR. O cerebelo do ROFO será o responsável pela coordenação motora que utilizará como estratégia de navegação o algoritmo de busca heurística em tempo real - RTA\*, trabalhado em [10]. No bulbo ficará centralizada a coordenação sensora que interagirá com a rede neural de reconhecimento de padrões. No módulo da medula espinal ficarão distribuídos os geradores de movimentos e os filtros sensores.

Portanto, o ROFO é um robô autônomo abstrato que executará a navegação e a manipulação externa por longos períodos de tempo. O ambiente de trabalho do ROFO é qualquer ambiente externo não estruturado como movimentações em locais onde há ameaça de bombas deixadas por criminosos ou terroristas, locais pós-explosão, locais de difícil acesso. Ou seja, aplicar esta nova categoria de robôs forenses em locais perigosos ou insalubres (tóxicos, inflamável, radioativo, corrosivo, dentre outros) ou que não seja possível a atuação do perito humano. O comportamento do ROFO está dividido em camadas: superior e inferior. A

camada superior está responsável pela visão e percepção. É nesta camada que o robô identifica os objetos externos e seus respectivos movimentos através do uso de reconhecimento de padrões e de planos. Já a camada inferior está responsável pela realização de ações. Estas ações consistem basicamente na navegação entre os ambientes externos, na geração de planos para atingir os seus objetivos e na reatividade. Cada estado do robô é representado através do modelo de quadro-negro [6]. Este modelo será utilizado em conjunto com a estrutura de representação do conhecimento baseada em agenda de execução, que por sua vez representará os planos, tarefas e ações.

A estrutura de decisão do ROFO é dividida em duas porções principais: planejar e agir. O planejamento é garantido pelo Gerador de Planos (PIT) que efetiva o planejamento inteligente de tarefas. As ações, por sua vez, são executadas com base no sistema Reconhecimento de Planos (SRP) e no Sistema Módulo Reativo (SMR). O controle do ROFO está, basicamente, em seu córtex cerebral, de forma semelhante a arquitetura apresentada na fig 2.

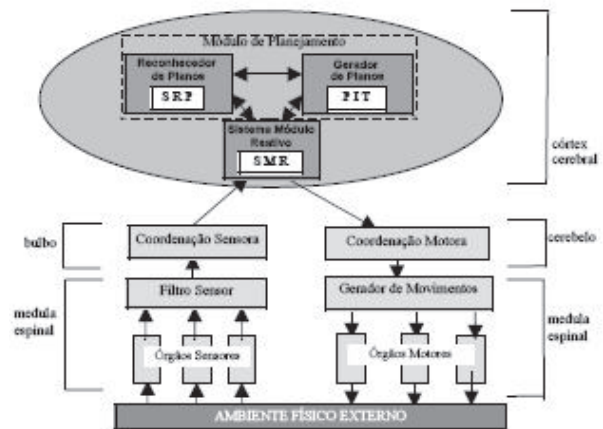


Fig. 2. Arquitetura de controle para robôs forenses

### IV. MÓDULO DE PLANEJAMENTO

Com o objetivo de apresentar a realidade prática do módulo de planejamento da arquitetura de controle em robôs móveis, serão apresentados a seguir a geração e o reconhecimento de planos incorporados ao ROFO.

#### A. Gerador de Planos

Um *plano* é formado por um conjunto de ações que serão executadas pelo ROFO. O processo de *geração de planos* de forma automática consiste em dividir a tarefa a ser executada em uma seqüência de passos que solucionam o problema modelado. No módulo Gerador de Plano (PIT) do ROFO, se um caminho improdutivo é detectado, então um novo caminho pode ser explorado, retrocedendo-se até o ponto da última escolha. O PIT utiliza como entrada um conjunto de operadores ( $Op_i$ ) e um problema. O problema é caracterizado por um estado inicial ( $E_i$ ) e um estado final ( $E_f$ ) que representam os objetivos. Além disso, deve haver outros dados sobre o domínio de aplicação que são armazenados em uma base de dados. A base de dados é uma estrutura composta de fatos e



regras que mapeiam o conhecimento de determinado domínio de aplicação em um modelo computacional. O plano resultante é fornecido ao Sistema Módulo Reativo (SMR) que se encarrega da execução do plano. Vide figura 3.

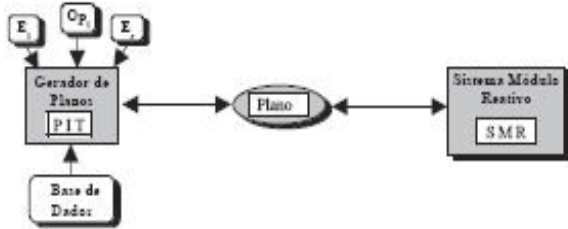


Fig. 3. Geração de planos e sua execução no ROFO

A estratégia de busca de soluções utilizada na geração de planos do ROFO será a estratégia de *meios-fins* [6]. A inclusão desta estratégia de raciocínio para robôs móveis deve-se ao fato dela permitir a divisão do problema em subproblemas menores e então solucionar primeiro as partes mais importantes para só depois solucionar as partes menos relevantes. Isto é efetuado através da seleção de operadores que correspondem as ações a serem realizadas pelo robô. A outra técnica utilizada em conjunto com a estratégia de meios-fins é a *regressão de metas* [10], [9]. A idéia da regressão de metas é que o planejador deve preservar os objetivos que já foram atingidos (satisfeitos) em etapas anteriores no processo de geração de planos. Portanto, planejadores sem regressão são incompletos. A solução utilizada no PIT para se obter a completude é garantir que planos ótimos sejam gerados e isto só é possível permitindo-se a interação entre os objetivos através da regressão de metas.

### B. Reconhecedor de Planos

Um problema não tratado nas arquiteturas de controle encontradas na literatura de robótica e inteligência artificial é o reconhecimento de planos, pois o robô está sempre gerando planos e/ou reagindo. Todavia, existem situações em que torna-se necessário primeiro que o robô reconheça a intenção do agente externo para só depois reagir ou executar um novo planejamento. Portanto, este trabalho apresenta uma nova técnica de reconhecimento de planos elaborada especificamente para o uso em robôs móveis. Esta técnica foi criada a partir da teoria formal genérica encontrada em [9]. O *processo de reconhecimento de planos* consiste em encontrar o plano que contenha a representação das ações ou movimentações de um agente externo. Uma vez encontrado o plano este é montado em um modelo que será utilizado para construção de um novo plano que será utilizado como resposta ao plano do agente externo, ou este novo plano é enviado diretamente ao SMR do ROFO para que seja efetivado alguma reação, de acordo com as figuras 2 e 3.

Para efetuar o reconhecimento de planos foi criada uma Técnica Formal de Reconhecimento de Planos (TeFoRP) que está baseada em lógica clássica de primeira e segunda ordem. Neste momento vale a pena destacar o fato de que a TeFoRP possui uma nova formulação adaptada exclusivamente para o reconhecimento dos planos de agentes externos. Assim, a TeFoRP foi projetada com a finalidade de prover

funcionalidade aplicada a qualquer robô móvel de uma maneira simples e ao mesmo tempo robusta. Visando a formalização e a correteza da TeFoRP algumas definições básicas tornam-se necessárias neste momento.

### DEFINIÇÃO 1 (EVENTO)

Um evento  $E_i(x)$  é um predicado unário que representa *ações* e *planos* realizados pelo agente  $x$  ( $x$  pode ser o ROFO ou um agente externo). O conjunto  $\varepsilon$  é um conjunto de eventos consistindo de uma seqüência  $E_0(x), E_1(x), \dots, E_n(x)$  representando planos e ações.

$$\varepsilon = \{ E_0(x), E_1(x), \dots, E_n(x) \}$$

### DEFINIÇÃO 2 (ABSTRAÇÃO)

Sejam dois eventos  $E_i(x), E_j(x) \in \varepsilon$ . Diz-se que  $E_j$  abstrai diretamente  $E_i$  se, e somente se, para todo evento  $E_i$ , temos  $E_j$ , mas o contrário não é válido. O fechamento transitivo é válido e o fato que  $E_j$  abstrai  $E_i$  é escrito da forma  $\text{abs}(E_j(x), E_i(x))$ . Portanto,  $E_j$  abstrai  $E_i$ , se, e somente se, os axiomas de lógica de segunda-ordem abaixo são válidos:

- (I)  $\forall E_i, E_j [\text{abs}(E_j(x), E_i(x)) \leftrightarrow (\forall x. E_i(x) \rightarrow E_j(x))]$
- (II)  $\forall E_i, E_j, E_k [\text{abs}(E_i(x), E_j(x)) \wedge \text{abs}(E_j(x), E_k(x)) \rightarrow \text{abs}(E_i(x), E_k(x))]$

### DEFINIÇÃO 3 (PASSO FUNCIONAL)

Um passo funcional  $f_i(x)$  é uma função unária que faz o mapeamento de um evento em seu respectivo componente

$$E_i(x) \rightarrow E_j(x), \text{ onde } E_i(x), E_j(x) \in \varepsilon,$$

Generalizando, temos que:  $[f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)] : E_i(x) \rightarrow E_j(x)$

### DEFINIÇÃO 4 (AXIOMA DE DECOMPOSIÇÃO)

Define-se um axioma de decomposição  $A_d$  como:

$$\forall x. E_0(x) \rightarrow E_1(f_1(x)) \wedge E_2(f_2(x)) \wedge \dots \wedge E_n(f_n(x)) \wedge R,$$

onde  $E_0(x), \dots, E_n(x) \in \varepsilon$ , onde  $f_1(x), \dots, f_n(x)$  são passos funcionais, e  $R$  descreve as restrições sobre o evento  $E_0(x)$ .

### DEFINIÇÃO 5 (RESTRIÇÃO)

Todo axioma de decomposição tem associado características que agem como restrições sobre toda a estrutura dos eventos. Uma restrição  $R$  é um predicado com os valores das restrições  $V_R$  sobre qualquer evento  $E_i$ . Portanto, todas as restrições devem ser mutuamente consistentes. Cada predicado  $R$  é fornecido a partir do axioma

$$\forall x. E_i(x) \rightarrow \bigwedge_{j=1}^n R_j(V_{R1}(x), V_{R2}(x), \dots, V_{Rn}(x)), \text{ onde } E_i \in A_d, \text{ e } V_R \text{ é o predicado de avaliação que representa as restrições.}$$

### DEFINIÇÃO 6 (EVENTO FIM)

Um evento é chamado de evento do tipo Fim, escrito da forma  $\text{fim}(x)$ , quando o seguinte axioma é válido:



$$\text{fim}(x) \leftrightarrow \neg \exists x. E_k(x)(\text{abs}(E_k(x), E_i(x)))$$

O evento Fim é o ponto fixo desta teoria e a implementação segue o seguinte padrão de raciocínio: para cada observação do robô ROFO aplicam-se os axiomas, hipóteses e heurísticas até que uma instância de Fim é alcançada.

#### DEFINIÇÃO 7 (OBSERVAÇÃO)

Uma observação  $O$  feita pelo ROFO é uma tupla  $\langle E, R \rangle$ , onde  $E$  é um evento observado e  $R$  contém as restrições sobre  $E$ ; mais formalmente, temos

$O \equiv \exists x. E_i(x) \bigwedge_n R_j(V_{R1}(x), V_{R2}(x), \dots, V_{Rm}(x))$ , ainda temos que  $S_o = \{O_1, O_2, \dots, O_n\}$  como sendo o conjunto de observações do ROFO.

#### DEFINIÇÃO 8 (EXPLICAÇÃO)

Seja  $\Gamma$  um banco de dados e  $S_o$  o conjunto de observações do ROFO, uma explicação de  $S_o$  consiste de todos os modelos  $\mu$  tal que

- (i)  $\mu[\Gamma] \not\models \perp$ , onde  $\perp$  é o símbolo de absurdo
- (ii)  $\mu[\Gamma] \models S_o$

#### DEFINIÇÃO 9 (PROBLEMA DE RECONHECIMENTO DE PLANOS)

Propriedade de cobertura : Um modelo  $\mu$  é um modelo coberto quando  $S_o$  gera (vide  $S_o$  na definição 7) um evento Fim. Portanto, um modelo  $\mu$  é um modelo coberto se,  $\mu[\Gamma] \models S_o \wedge \text{fim}(x) \in \mu$

Logo, o *Problema de Reconhecimento de Planos* consiste em encontrar os modelos cobertos  $\mu$  de  $S_o$ .

### V. MÓDULO REATIVO

Um sistema reativo é de fundamental importância para um robô inteligente móvel com as características que os robôs forenses necessitam, pois um robô móvel precisa reagir rapidamente a qualquer mudança no ambiente. Para isto, o sistema reativo deve ser capaz de comportamentos surpreendentemente complexos, especialmente em tarefas do mundo real como a navegação. Assim, a arquitetura proposta provê o uso de reatividade em seu Sistema Módulo Reactivo (SMR), vide figura 2.

A principal vantagem que o SMR integrado ao planejador PIT (veja figuras 2 e 3) tem sobre os planejadores e sistemas reativos tradicionais é que o SMR trabalha robustamente em domínios onde uma modelagem completa e precisa é difícil. Na arquitetura de controle são previstos três níveis de comportamento reativo. O primeiro, o nível da medula espinal, que garante que os arcos reflexos sejam extremamente rápidos. O segundo nível, cerebelo e o bulbo, fornece o controle reativo sensor e motor. A operacionalização das tarefas sensoras e motoras terão bastante influência no tempo de planejamento no nível seguinte. Já o terceiro, nível do córtex cerebral, executa o planejamento orientado à objetivos, o reconhecimento de planos e sistema reativo do robô móvel.

### Estruturando os módulos reativos no ROFO:

De forma resumida, torna-se importante estruturar o sistema módulo reativo (SMR) e relacioná-lo com a teoria das ações:

#### DEFINIÇÕES (REGRAS DE CONTROLE REATIVAS)

Sejam  $c_1, c_2, \dots, c_k$  literais condicionais e  $a_1, a_2, \dots, a_m$  ações.

(R1) Uma regra de controle *simples* possui a seguinte forma:

Se  $c_1, c_2, \dots, c_k$  Então  $a_1, a_2, \dots, a_m$

(R2) Uma regra de controle de *suspensão* é da seguinte forma:

Se  $c_1, c_2, \dots, c_k$  Então SUSPENDE

(R3) Uma regra de controle de *finalização* possui a seguinte forma:

Se  $c_1, c_2, \dots, c_k$  Então PARE

Portanto, uma *regra de controle* só pode apresentar-se nas formas definidas em (R1), (R2) ou (R3). Assim, o SMR é definido como uma coleção de regras de controle.

### VI. ESTRATÉGIA DE NAVEGAÇÃO

Navegar significa mover-se pelo mundo: chegar ao destino desejado sem efetuar colisões no meio do caminho, ou seja, planejar rotas. Isto faz com que os problemas de navegabilidade e busca sejam surpreendentemente complexos. O *problema de planejamento de caminho* consiste em traçar um conjunto contínuo de pontos conectando a posição inicial do robô a uma posição desejada.

Se o robô móvel é tão pequeno a ponto de ser considerado um ponto, o problema do planejamento de caminho pode ser solucionado diretamente através da construção de um *grafo de visibilidade*. Este grafo é construído a partir de um conjunto  $C$  que consiste nas posições inicial e final e também nos vértices de todos os obstáculos. Para formar o grafo de visibilidade, conecta-se todos os pares de pontos em  $C$  que podem ser vistos uns dos outros, conforme mostra a fig. 4. Depois percorre-se o grafo (usando por exemplo o algoritmo RTA\* [7], [10]) para encontrar o caminho ótimo para o robô.



Fig. 4. Construindo um grafo de visibilidade



Todavia, a maioria dos robôs, inclusive o ROFO, é de volume não desprezível, e isto precisa ser levado em consideração. Neste caso, considere o ROFO possuindo a forma apresentada conforme figura 5. Este problema pode ser reduzido ao problema anterior de planejamento de caminho.



Fig. 5. Uma nova forma de planejamento de caminho

A idéia básica do algoritmo é reduzir o ROFO a um ponto e executar o planejamento de caminho em um espaço artificial, conhecido como *espaço de configuração*. Para permitir rotações, o robô pode ser representado como uma combinação do ponto P e de um ângulo de rotação  $\Theta$ . O robô agora pode ser considerado como um ponto que se move através do espaço tridimensional (x, y, z). Os obstáculos também podem ser transformados em objetos tridimensionais do espaço de configuração. Em seguida um grafo de visibilidade pode ser novamente criado e percorrido.

Os passos para redução ao problema de caminhos é o seguinte:

- I. Escolha um ponto P na superfície do robô
- II. Aumente o tamanho dos obstáculos de forma que eles cubram todos os pontos onde P não pode entrar, por causa do tamanho físico e da forma do robô
- III. Construa e percorra um grafo de visibilidade baseado em P e nos vértices do novo obstáculo, conforme mostra a fig. 6.



Fig.6. Navegando entre os obstáculos no espaço de configuração

Outro fator importante para navegação do ROFO é utilizar um algoritmo de busca eficiente para encontrar uma boa trajetória, no caso o RTA\*.

## VII. CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo central apresentar a integração das tecnologias da Ciência da Computação em aplicações forenses, mais especificamente na atuação diária do perito criminal em local de crime. Com esta finalidade é

proposta uma arquitetura de controle para um robô inteligente móvel - Robô FOrense (ROFO). O ROFO é um modelo conceitual baseado no sistema nervoso central do ser humano que utiliza diversas técnicas de inteligência artificial como a estratégia de meios-fins, a regressão de metas, o algoritmo de busca heurística RTA\*, a rede neural, o planejamento, a representação do conhecimento e a reatividade, demonstrando aplicações reais da arquitetura de controle de robôs móveis de forma eficiente e funcional no auxílio ao perito criminal.

## REFERÊNCIAS

- [1] Baltes, J.; Liu, X. W. T.; *A An Intuitive and Flexible Architecture for Intelligent Mobile Robots*; 2nd International Conference on Autonomous Robots and Agents; 2004.
- [2] Braunl, T.; *Embedded Robotics: Mobile Robot Design and Applications with Embedded Systems*; Springer; 2006.
- [3] Choset, H., Lynch, K. M.; *A Principles of Robot Motion: Theory, Algorithms, and Implementations (Intelligent Robotics and Autonomous Agents)*; The MIT Press; 2005.
- [4] Leonard, R. J.; *Essential Medical Physiology*, Academic Press; 2003.
- [5] Hirose, A.; *Complex-Valued Neural Networks (Studies in Computational Intelligence)*; Springer; 2006.
- [6] Luger, F. G; *Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving*; (5<sup>th</sup> Edition); Addison Wesley, 2004.
- [7] Nogueira, J. H. M.; *Desenvolvimento de Sistemas Computacionais*; Editora Livro Técnico; 2004.
- [8] Nogueira, J. H. M.; *Inteligência Artificial e a Atividade Pericial*; Revista Perícia Federal, Ano II, p. 30-35; 2000.
- [9] Nogueira, J. H. M.; *Manipulator Robots Using Partial-Order Planning*; Advances in Artificial Intelligence; p 229-239; Lecture Notes in Computer Science; Springer Verlag; 1998.
- [10] Winston, P.; *Artificial Intelligence*; Addison Wesley; 2005.



**José Helano Matos Nogueira** tornou-se membro da Sociedade Brasileira de Computação em 1992 e consultor sênior em 1994. Nascido em Fortaleza-Ceará-Brazil obteve seu grau de mestre em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro-PUC/Rio, no período de 1993 a 1994. Obteve sua diplomação de Bacharel em Ciência da Computação pela Universidade Estadual do Ceará-UECE, de 1988 a 1992. Em seguida, de 1999 a 2000, obteve a Licenciatura Plena em Matemática pela mesma Universidade Estadual do Ceará-UECE.

Professor, cientista, perito em crimes por computador e computação científica na área de alta tecnologia do governo federal. Foi pesquisador de desenvolvimento científico regional do CNPq, tendo iniciado sua carreira de pesquisador no meio científico nacional desde o ano de 1995. Lecionou em diversas universidades e instituições de nível superior brasileiras, dentre elas ANP/DPF, UFC/CE, UECE/CE, FURG/RS, PUC/RJ. Orientou uma gama de alunos nas mais diversas áreas da Ciência da Computação e Informática, tais como: Informática Forense, Combate aos Crimes por

Computador, Inteligência Artificial, Engenharia de Software, Análise e Projeto de Sistemas, Linguagens de Programação, Banco de Dados. Já publicou dezenas de trabalhos científicos em livros, revistas, congressos, conferências e simpósios, tendo sido premiado em âmbito nacional e internacional, com vários de seus trabalhos. Como profissional aplicado ao desenvolvimento de sistemas, sua equipe criou sistemas computacionais para empresas de pequeno, médio e grande porte, iniciando com a metodologia estruturada e depois evoluindo para abordagens da orientação a objetos e dos paradigmas de representação do conhecimento.

Atualmente, trabalha na Polícia Federal brasileira dedicando-se no combate aos crimes por computador, crimes cibernéticos e crimes de alta tecnologia que de alguma forma têm assolado a sociedade.