

INSTRUMENTAÇÃO INTELIGENTE EM MEDICINA*

J.J. PEDROSO DE LIMA

Serviço de Biofísica. Faculdade de Medicina de Coimbra. Coimbra.

RESUMO

A introdução de robots inteligentes, de sistemas periciais e de outras formas de automatismo inteligente na prática corrente da medicina, parece inevitável. Tem interesse olharmos para os esforços que, desde os primeiros passos, há cerca de três décadas, foram feitos e considerar as perspectivas futuras, quer imediatas quer de médio prazo, neste fascinante campo. Paralelamente, interessa considerar aspectos novos que são criados com a evolução destas metodologias tais como a responsabilização perante as decisões dos sistemas inteligentes, as possíveis vantagens, no presente, dos sistemas interactivos e os riscos dos sistemas com aprendizagem. São mencionados alguns esforços por nós desenvolvidos no sector.

SUMMARY

Intelligent instrumentation in medicine

The introduction of intelligent robots, expert systems and other forms of intelligent automatization in the current practice of medicine seems to be inevitable. It appears interesting to look back to the efforts that have been done, since the former steps, about three decades ago and consider the prospects in this field for both short and long term. Simultaneously it is interesting to reckon the new aspects which are raised with the evolution of these methodologies such as the responsibility of decisions taken by intelligent systems, the probable advantages, at the present stage, of the interactive systems and the risk of self-learning systems. Some efforts carried out in our department in this field are described.

Everything should be made as simple as possible, but not simpler.
Albert Einstein

O progresso nas técnicas de processamento de dados, usando computadores, acaba por traduzir-se por automatização de trabalho mental, previamente executado pelo homem.

Em particular, e com exemplo, uma vez caracterizadas e estabelecidas sequências de tarefas, tal como sucede na procura, num arquivo, dos doentes com dada afeção e determinadas características, ou nos sistemas de auto-avaliação, ou ainda no cálculo dos parâmetros estatísticos de um conjunto de resultados, tais operações podem ser executadas mais rápida e precisamente por um computador do que por seres humanos.

Apesar destas vantagens, a capacidade dos computadores de detectar, por exemplo, um objecto ou um esboço e identificá-lo, ou *ouvir* língua chinesa e compreendê-la, não se aproxima, ainda, da existente numa criança de tenra idade.

Um dos objectivos da investigação no campo da chamada inteligência artificial é esclarecer como se processa o trabalho mental, uma vez que este não apresenta uma sequência específica e bem determinada de tarefas, para chegar a uma dada solução.

Definir inteligência não é fácil pois engloba processos de aquisição, interpretação, classificação, transferência, controlo e aplicação da informação, raciocínio simbólico, abstracto e lógico, síntese e generalização, isto para além de outros elementos, ainda mais difíceis de caracterizar.

Os computadores do presente, a executar tarefas no sector da designada inteligência artificial, quando muito, incorporaram algumas destas características.

Começando com as aplicações mais convencionais do computador e não nos preocupando, desde já, demasiado, com as fronteiras que hoje limitam a disciplina da inteligência artificial, fica-nos, no campo das ciências Biomédicas, uma enorme lista de situações onde um trabalho que, se executado por nós, chamaríamos de mental, é destinado ao computador. Talvez possamos enquadrar tais situações atendendo às condições específicas para o estudo de cada sistema.

A entrada dos dados, numéricos ou não, ou as tarefas de aquisição de sinais provenientes de transdutores apropriados são, por certo, o primeiro passo da aplicação do computador.

A situação mais comum em medicina é aquela em que, no sistema em estudo, só a saída é disponível.

Sabe-se à partida, muito pouco do particular sistema em observação que pode considerar-se uma caixa fechada. Não é invulgar saber-se alguma coisa sobre a entrada do sistema, podendo, frequentemente, aplicarem-se sinais à entrada. Em condições ideais é possível obterem-se as funções de transferência mas, infelizmente, na vasta maioria dos processos biológicos o comportamento dos sistemas não é linear. Como exemplos, podemos referir as respostas evocadas em ECG, a estimulação farmacológica, os estudos funcionais com radionúclidos, etc.

Em certos processos os sistemas podem ser sujeitos a condições forçadas a obterem-se respostas a estímulos. São exemplos os testes de esforço, a análise EEG sob anestesia, os renogramas após hidratação, etc.

Quando o sistema é conhecido com relativo detalhe pode elaborar-se um modelo (ou eventualmente um análogo) para o processo biológico. Estes modelos poderão ser utilizados

* Comunicação apresentada no III Encontro Nacional de Investigação em Saúde, Faculdade de Medicina de Lisboa, 8 a 11 de Maio de 1991.

para identificação ou investigação do processo, para estimativa de parâmetros ou para controlo funcional.

As saídas dos sistemas são os sinais resposta que podem ser desde imagens ou elementos de imagem até aos resultados de uma dosagem bioquímica ou farmacológica, passando pelos potenciais à superfície, concentrações de metabólitos, velocidades de desintegração radioactiva, etc.

A análise dos sinais pode ser feita on-line com é o caso de certas situações em que a monitorização de biosinais é necessária, (unidades de cuidados coronários intensivos, etc) ou off-line que é a situação mais comum.

É bom imaginar-se que os sinais processados a este nível se destinam a tomar decisões.

A orientação da análise e a decisão também poderão, pelo menos em princípio, ser suportadas pelo computador.

O processamento que é aplicado à saída dos sistemas depende de cada situação específica.

Poderíamos, em termos muito gerais, dizer que provavelmente estágios como: ADC; pré-processamento; segmentação; transformação; filtragem; interpretação; análise; classificação; cálculo de parâmetros; saída; estarão presentes e têm algum software ou hardware dedicado à sua implementação.

Por exemplo, uma análise de ECG no domínio dos tempos pode incluir os seguintes passos após o pré-processamento:

- Divisão do sinal em componentes e sua caracterização
- Pré-selecção de componentes
- Extração de parâmetros; amplitude; duração; frequência; inclinação dos flancos (1.^a derivada); agudez ou curvatura no pico (2.^a derivada)
- transformação dos componentes seleccionados em vectores de características.

Esta é uma diminuta referência, pois a tecnologia dos computadores ajudou a criar novos conceitos em todos os ramos da electrofisiologia experimental e clínica com o suporte da estatística, reconhecimento de padrões, pesquisa e modelação dos mecanismos de regulação, correlações com o comportamento e as funções cognitivas e sensoriais, etc.

Apesar dos extraordinários progressos nas aplicações biomédicas dos computadores é quase aterradora a sensação que se tem quando se pensa no que há para conquistar neste campo, em particular no campo das tarefas inteligentes. A análise dos progressos já realizados, neste último sector, leva-nos a concluir que, a não ser em algumas das suas formas mais elementares, ainda se está longe de simular o raciocínio humano.

Apesar da complexidade e aparente diversidade dos processos mentais, já foi provado o facto de que, no nosso cérebro, é executada a análise simbólica, não numérica, com rigor. Esta análise tem, seguramente, regras próprias e a sua investigação é um ponto de partida para o desenvolvimento das formas rotuladas de inteligência artificial.

Um dos pontos mais importantes nesta nova filosofia de encarar as aplicações do computador é a nova concepção sobre os dados a fornecer à máquina. Querem-se programas capazes de receber e tratar não só números ou expressões, mas opções, factos, ideias e até, sensações e gerar, a partir daí, decisão.

O uso de modelos funcionais ou estruturais, em Medicina, em vez de modelos semânticos é um importante conceito no desenvolvimento de sistemas de suporte inteligentes.

Os sistemas semânticos usam palavras para identificar manifestações da doença, tais como dor, palidez, inchaço ocorrendo o ajuste destas palavras relativamente ao conteúdo verbal da base de dados armazenada no computador. Contudo, as palavras e os sinais e sintomas a que eles se referem são reflexos imprecisos do processo patológico. Um enfarte do miocárdio não é uma dor retroesternal no tórax, aperto, suor, palidez, arritmia e quarto som cardíaco, mas

isquemia e necrose do miocárdio resultante de obstrução vascular coronária. Os sintomas são reflexos do processo básico da doença e, para mais, os doentes comportam-se de maneiras muito diferentes na forma como referem os seus sintomas.

Explicitações, críticas e análise estrutural adicionam um nível de redundância, ou seja, de julgamento paralelo, mais ou menos independente do processo clínico, mas com peso, por vezes negativo, na valorização subjectiva. Por outro lado as interpretações estatísticas e regras de procedimento cegamente seguidas são perigosas.

O suporte resultante da assistência pelo computador associado à versatilidade única da mente humana devem resultar em performance clínica superior.

Em termos gerais a inteligência artificial pode ser olhada em duas perspectivas.

O primeiro é o ponto de vista científico com a finalidade de perceber os mecanismos da inteligência humana, sendo o computador utilizado para permitir a simulação, destinada a verificar teorias sobre a inteligência humana. Nesta perspectiva são privilegiadas as relações da inteligência com a psicologia cognitiva.

O segundo situa-se na engenharia e o objectivo é produzir um computador com as capacidades intelectuais de um ser humano. A maioria dos investigadores adopta a segunda perspectiva tentando criar, no computador, capacidades que se aproximem da inteligência humana sem, necessariamente, imitar os passos de processamento de informação executados pela mente humana.

Estes dois caminhos estão, contudo, estreitamente relacionados, pois a investigação dos processos mentais utilizados na resolução de problemas tem, frequentemente, oferecido importantes contribuições às técnicas computacionais da inteligência artificial.

Em inteligência artificial, o robot que interessa é o robot inteligente, aquele que consegue resolver situações novas, identificando os problemas por comparação com outras situações já encontradas, gerando um conjunto de possibilidades alterativas de solução ou, mesmo, reconhecendo que, eventualmente, enveredou por um caminho com consequências duvidosas ou inesperadas, provavelmente sem interesse. Os robots inteligentes devem possuir a capacidade geral de serem capazes de enfrentar com elevada probabilidade de sucesso uma grande variedade de situações.

O robot que executa, por rotina, uma tarefa para que foi programado e, uma vez em acção, nada poderá fazer para além disso, está fora do interesse e dos objectivos da inteligência artificial.

Os estudos sobre as possibilidades de introdução de formas de automatismo inteligente na prática corrente da medicina, iniciaram-se há mais de 30 anos. Se é certo que os resultados destas décadas de investigação não são ainda muito aparentes no cotidiano da medicina clínica, também é certo que enormes passos foram dados e poderá não demorar muito até à sua utilização ser rotineira.

Aliás, na literatura são já centenas as referências a sistemas periciais em funcionamento nos mais diversos campos da medicina.

Sistemas periciais são *aplicações* ou conjuntos de programas de computador com conhecimento intrínseco num sector específico, que se destinam a resolver problemas de modo idêntico ao que faria um especialista desse sector.

Quando se analisam, globalmente, os resultados obtidos neste campo, no período que compreende os fins da década de cinquenta e a década de sessenta, durante o qual foi realizado um surpreendente esforço e já ocorreu uma aplicação considerável de tecnologia, incluindo o computador, verifica-se que os resultados estão bastante abaixo das expectativas.

O facto é que, nestas décadas, os principais objectivos da

investigação, bem como as metodologias utilizadas para os atingir, foram desenvolvidas independentemente, em diversos níveis de hierarquia, desde o molecular ao social, sem serem efectuados esforços reais de captar as suas interligações e dependências. Como lição, ficou o aviso inestimável de que seres vivos são organizações tão complexas de componentes interrelacionados, que o seu estudo terá de ser feito de maneira integrada, utilizando técnicas sofisticadas de análise de sistemas.

Quatro disciplinas de cibernética nasceram das preocupações de efectuar um estudo integrado das actividades de aquisição, processamento, controlo e transferência, associadas à actividade humana: a Teoria do Controlo Biológico, a Inteligência Artificial, a Psicologia Cognitiva e os Modelos Neurais.

O sujeito material dos estudos sobre inteligência artificial tem também variado com o tempo. Por exemplo, no fim da década de 60 as técnicas de leitura de caligrafia (alfabeto e números) era considerado como pertencente ao âmbito da inteligência artificial. Todavia, quando os leitores ópticos de caracteres foram desenvolvidos, estas técnicas deixaram de pertencer ao referido campo. Quando as técnicas se tornam estabelecidas e são postas em prática, a tendência dos investigadores é deixarem de considerá-las como fazendo parte da inteligência artificial.

A maioria dos computadores utilizados, no presente, em Medicina executam tarefas simples como memorização, listagem ou contagem. Por vezes, um grau muito primário de decisão é estabelecido, baseado por exemplo, nos valores de provas laboratoriais. A geração de decisão baseada em redes mais ou menos complexas de análise, engloba, porém, uma parte substancial das aplicações actuais da inteligência artificial no campo da medicina.

As decisões, quer em terapêutica quer em diagnóstico, são o fulcro da prática clínica. Algumas decisões são directas e óbvias — num paciente com um ferimento profundo, numa coxa, produzido por um objecto perfurante, o controlo da hemorragia e a restauração do volume sanguíneo são decisões indiscutíveis. Num número considerável de situações, porém, tal não sucede havendo um certo grau de incerteza associada aos processos de diagnóstico e terapêutica. As causas de uma dor de cabeça persistente ou a terapêutica óptima num estágio específico de linfoma são resolvidos com contribuição da intuição. Dentro da intuição existem componentes racionais de geração de decisão, possíveis de definir e aplicáveis a futuras decisões.

As estratégias de geração de decisão são, fundamentalmente, de dois tipos: o probabilístico (ou estatístico) e o baseado no conhecimento (ou obedecendo a regras estabelecidas). Além dos métodos baseados nestas estratégias existe uma terceira categoria, os métodos heurísticos que englobam, em geral, elemento destes dois tipos.

Os métodos estatísticos utilizam correlações entre causa e efeito de elevada significância (Teorema de Baye), análise de *clusters*, análise de discriminação e outros processos de tratamento estatístico para chegar a uma probabilidade de diagnóstico.

Os métodos de suporte e geração de decisão baseados no conhecimento convertem os conhecimentos sobre prática clínica bem sucedida, em regras bem definidas e fáceis de seguir. Não é efectuada avaliação estatística sendo cada caso avaliado em termos das suas características específicas.

Os problemas destes métodos são diversos:

— Os programas baseados na probabilidade só podem aplicar-se a domínios estreitos e bem limitados.

— Os protocolos baseados em regras são dirigidos a uma única doença e entram em dificuldades quando os doentes têm mais do que uma doença sintomática, em particular com sobreposição de sinais.

— As doenças evoluem no tempo. O médico tem de saber julgar os dados no instante em que o paciente procura os seus cuidados sem informação do estágio em que a doença se encontra. Por exemplo, os sinais de uma doença podem, em dada altura, ser tão inespecíficos que a utilização de probabilidades não faça qualquer sentido, enquanto que, num estágio posterior os sintomas e sinais são tão perfeitamente definidos e o diagnóstico tão óbvio, que dispensa qualquer apoio estatístico.

— As probabilidades em relação a populações são frequentemente desconhecidas e podem variar de local para local e no tempo.

Colecções de dados de grandes dimensões são frequentemente necessárias para um particular protocolo poder ser aplicado.

— Os factores introduzidos na fórmula de Baye devem ser independentes entre si. Contudo, duas manifestações diferentes de uma doença podem ser, simultaneamente, expressão do mesmo factor.

— A decisão pode ser subjectiva. Por exemplo, se, num caso o teorema de Baye calcula uma probabilidade de 0,75 para uma apendicite, pode tratar-se de uma base razoável para se procederem a laparotomia, mas qual é o limiar para a decisão favorável? Há o risco de uma doença pouco comum não ser detectada devido ao suporte psicológico dado por uma probabilidade elevada de outra afecção.

— Muitos algoritmos dependem da resposta sim ou não, mas, com frequência, os doentes são incapazes de responder de uma maneira tão restritiva.

Os investigadores a trabalhar na investigação dos sistemas de apoio à decisão reconhecem que a confiança na *cognitive partnership* pode ser aumentada se forem oferecidas aos clínicos explicações e citadas as publicações revelantes em que foram baseadas as decisões. Isto é, em vez de, dogmaticamente, fornecer respostas ou indicar o próximo passo numa sequência de diagnóstico ou terapia, programas como MYCIN, PROMIS e MacDonald's Clinical Remainder System explicam as suas acções à medida que progride a tarefa. Deste modo, o médico percebe a razão de uma particular recomendação e pode avaliar a sua adequação ao caso específico em estudo. Além de constituir uma importante defesa contra os erros do computador, esta capacidade de explicação tem uma função pedagógica óbvia. Uma relação ainda mais pessoal entre o computador e o médico pode ser efectuada através da crítica. O programa ATTENDING para planeamento da administração de anestésicos não dá instruções específicas. Em vez disso, após a entrada dos dados, o médico inicia um diálogo propondo um plano de administração do anestésico. O computador discute a proposta considerando a situação clínica e o produto a administrar podendo sugerir uma estratégia diferente. O médico avalia o interesse da perspectiva do computador em relação à situação presente e toma uma decisão final.

A análise da literatura sobre as aplicações da inteligência artificial em medicina, nos últimos dois anos (fizemos a pesquisa cruzada no Medline para 89, 90, 91) é algo decepcionante.

Os programas de suporte de decisão, nas diversas especialidades, não transvasaram dos locais onde foram desenvolvidos, não havendo qualquer sistema, do nosso conhecimento, que tenha sido aceite para a rotina clínica. Parece, contudo, evidente que muitos dos programas implementados podem já ser utilizados com vantagem mediante uma interacção supervisiva e esforço desenvolvido para o seu gradual aperfeiçoamento. Além do aperfeiçoamento objectivo há aspectos que poderão levar ainda algum tempo de análise e estudo até à comunidade médica deixar de os considerar, no mínimo, polémicos. Referimo-nos a questões éticas, legais, psicológicas e outras.

Um exemplo de aplicação da inteligência artificial no campo dos sistemas baseados no conhecimento cuja ligação à Medicina Nuclear me leva a trazer até aqui é o da análise automática dos estudos de ventriculografia de equilíbrio (Niemann et al, Univ. de Erlangen-Nürnberg, West Germany).

É conhecido que o estudo dos parâmetros funcionais do coração, em pacientes com o sangue marcado com o ^{99m}Tc , usando aquisição pela câmara de raios, sincronizada pelo ECG, seguida de processamento dos dados no computador, é um método de valor reconhecido na moderna cardiologia. Na versão *modo matriz* desta metodologia a actividade detectada na região cardíaca é acumulada durante um número apreciável de círculos cardíacos em matrizes correspondentes a sucessivos e bem determinados intervalos de tempo durante o ciclo.

É assim possível obter um conjunto de imagens da actividade das cavidades cardíacas, durante o ciclo cardíaco, com boa estatística.

Estas imagens podem usar-se para determinar o volume local e total dos ventrículos, a amplitude e fase dos primeiros harmónicos da análise de Fourier e outros parâmetros. A análise desta informação conduz ao diagnóstico.

Pode partir-se do princípio de que os factos, as regras e os conhecimentos prévios que caracterizam a especificidade de uma situação clínica, tal como o estabelecimento do próprio diagnóstico com base na análise da referida sequência de imagens, podem ser incorporados num programa. Por outras palavras, a finalidade deste sistema é a implementação de um programa que, sem intervenção humana, avalie a motilidade do ventrículo esquerdo, descrevendo esta em termos médicos, sugerindo um possível diagnóstico, de modo semelhante ao especialista.

Trata-se, portanto, do que poderemos chamar um sistema especializado (*expert system*).

Podemos considerar o sistema dividido em 4 módulos principais.

Os dados específicos sobre a sequência de imagens e a sua interpretação estão contidos nos blocos sobre conhecimento declarativo e conhecimento sobre o procedimento.

O conhecimento declarativo contém a descrição das propriedades estruturais do coração, do ventrículo esquerdo e dos respectivos movimentos durante o ciclo cardíaco, bem como da evidência médica que pode ser obtida a partir destes dados.

Foi desenvolvida uma rede semântica com 170 conceitos cada qual com 8 níveis de hierarquia *de condição necessária* contendo, por sua vez, cada um destes níveis, mais três níveis de especialização. O nível mais baixo corresponde à interface com os métodos de processamento de baixo nível que incluem alisamento, detecção de contornos do ventrículo e segmentação.

A parte de procedimento está ligada à parte declarativa através de vínculos de procedimento e é constituída, sobretudo, por algoritmos para determinação do valor de atributos e factores estruturais. Podem, inclusivé, serem obtidas inferências sobre atributos médicos.

O módulo *instances*, que traduzimos por exemplos, contém o modelo gerado no módulo declarativo após substituição dos valores em *default* pelos parâmetros correspondentes ao caso específico em estudo e pela adição dos resultados de procedimento já efectuados.

O módulo de controlo comanda o processo, usando diversas funções:

— uma interface com o utilizador que permite interrogar sobre possíveis dados de diagnóstico, que se traduzem, afinal, na tentativa de determinar *exemplos* de um particular conceito contido na rede semântica; a *exemplificação* (*instantiation*) do conceito é efectuada no bloco *expanded*

model que contém informação já tratada proveniente do bloco do conhecimento declarativo; a *search tree* é a história da análise. Cada nodo é um estado do modelo e do exemplo em questão, é um conceito.

Como se representa e flue no computador esta informação relacionada com conceitos? Que objectos, acontecimentos e diagnósticos estão ou poderão estar na sequência de imagens de um exame de equilíbrio? De que conhecimentos prévios partimos para fazermos uma análise desta sequência?

Partimos de declarações já sedimentadas tais como: os ventrículos esquerdo e direito são objectos; o ventrículo esquerdo é constituído por 4 segmentos (posterolateral, inferoapical, basal e septal); durante o ciclo cardíaco, contrações, expansões e estagnações podem ocorrer nos objectos; hipoquinesia é um diagnóstico; falar de motilidade requer um objecto ser observado em tempos distintos; etc.

Se objectos, acontecimentos e diagnósticos forem descritos como conceitos e seleccionados, então, uma próxima questão é quais são as propriedades quantitativas de um conceito? Serão do tipo: um objecto ocupa uma área em qualquer imagem da sequência; uma fase do movimento, por exemplo a contracção tem, entre outras características, um tempo de ocorrência; um diagnóstico tem associada uma probabilidade e uma descrição textual.

Outros conhecimentos são também necessários, como por exemplo, dois objectos só são válidos como ventrículo esquerdo e direito se o ventrículo esquerdo estiver à esquerda do direito.

Parece ser de esperar que, cedo ou tarde, programas como este passem de um estado de curiosidade local para uma aceitação mais generalizada embora controlada dentro de limites bem definidos e conscientes das limitações ainda existentes na simulação da actividade da mente humana.

No estado presente a solução óptima é da interacção com a utilização das potencialidades do computador naquilo em que este é manifestamente conveniente ou, se quizermos, superior.

Em termos concretos algumas das tarefas em que a experiência já provou o enorme interesse dos sistemas inteligentes em medicina são:

Possibilidade de disponibilizar informação relativa ao caso em estudo que o clínico poderá desconhecer ou supor inacessível.

Reaver todos os elementos clínicos do doente presentes em bases de dados.

Sugerir possibilidades de diagnóstico com base nos dados laboratoriais e semióticos disponíveis.

Manter vigilância em situações cansativas, tédias ou complexas onde as capacidades dos clínicos poderão claudicar devido à fadiga, dispersão ou multiplicidade de informação.

Uma realização conjunta entre o nosso serviço e o Departamento de Electrónica e Telecomunicações da Universidade de Aveiro, presentemente em curso, poderá ser um exemplo bem conseguido de interacção operador máquina, embora não seja necessariamente um exemplo notável de aplicação de inteligência artificial à Biomedicina.

Trata-se de uma concepção nova da tomografia de emissão simples, Fig. 1.

Uma característica saliente em tomografia de emissão simples é a duração do exame, tipicamente 30 a 40 minutos, imposta pela necessidade de um número de contagens de fótons considerado suficiente para minimização do erro estatístico nas projecções necessárias para a reconstrução.

Este tempo pode ainda ser aumentado se o clínico decidir proceder de imediato à análise das imagens das secções reconstruídas, já que estas só estão disponíveis após a finalização da aquisição de dados.

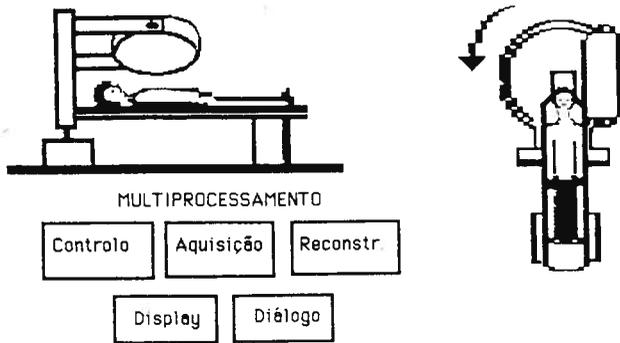


Fig. 1 — Tomografia de emissão nova concepção.

O objectivo deste trabalho é descrever a aplicação à tomografia de emissão simples de um sistema de processamento, de baixo custo, baseado numa arquitetura de microprocessadores em multiprocessamento, implementando de uma forma eficiente o algoritmo das retroprojectões filtradas, e que, associado a uma técnica alternativa de aquisição de dados, visa flexibilizar a duração do exame.

Em vez de uma rotação única, a câmara de raios gama realiza sucessivas rotações em torno do paciente, com tem-

pos de aquisição por vista muito inferiores aos convencionais. Ao fim de cada rotação e em simultâneo com a continuação da aquisição, imagens das secções reconstruídas estão de imediato disponíveis, tornando-se progressivamente mais claras à medida que a acumulação de contagens melhora a estatística. Quando esta for suficientemente boa o operador poderá decidir pela interrupção do exame. Se quiser, o operador, após escolher a região de interesse, nas primeiras seqüências, poderá optar por uma paragem quando o erro estatístico tiver um valor fixado.

BIBLIOGRAFIA

1. BLOIS M.S.: Clinical judgement and computers, N Engl J Med, 1980; 303: 192-97.
2. NIEMANN H. et al.: A knowledgw based system for analysis of gated blood pool studies IEEE Trans on Patt Anal and Mach Intel, 1985; 7, n.º 3: 246-259.
3. LEVINSON D. ED.: Computer Applications in Clinical Practice, MacMillan, 1985.
4. KRIEWALL J. AND LONG J.M.: Computer based Medical System Computer (IEEE), 1991; 24: 3,9-13.

Pedido de Separatas:
 J.J. Pedroso de Lima
 Serviço de Biofísica
 Faculdade de Medicina de Coimbra
 3000 Coimbra