DE NATURA ANIMAE[1]
ENSAIO NUMA PERSPECTIVA COMPUTACIONAL

Isabel Barahona da Fonseca, J. Simões da Fonseca.

Laboratório de Psicologia Médica, Faculdade de Medicina de Lisboa.

Trabalho realizado com o apoio da Fundação Bial (Porto) e do JNICT PBIC/T I T/2527/95

1 - INTRODUÇÃO

Ao considerarmos os problemas que nos levanta o estudo da Psicologia podemos escolher como estratégia inicial uma inquirição acerca do modo como é processada a informação pelo ser humano.

Justifica-se esta escolha porque a actividade psíquica tem como sede indispensavel o Cérebro Humano e a função essencial do cérebro é o processamento da informação: - Nomeadamente a informação acerca do Meio Externo (ME)[2] e do Meio Interno (MI) e também a informação que subconjuntos de células têm acerca do estado de outros subconjuntos de células do Cérebro.

Se a informação acerca do ME e do MI e ainda do estado de subconjuntos de células é possível, isso deve-se à existência de comunicação dentro do Sistema Nervoso (SN), entre as células que o constituem.

---

[1] Este trabalho procura um lugar de comunicação mais próximo do ensaio do que da comunicação científica. Não se revê toda a literatura pertinente. Isso será feito noutro lugar e dentro de outro espírito. Tenta-se sim, sem perda de rigor, expor um conjunto de ideias que se desviam dos paradigmas mecanicistas que estão subjacentes à maioria das ideias em neurofisiologia.

[2] Ao longo deste trabalho Sistema Nervoso será substituido por SN, Meio Externo por ME e Meio Interno por MI.

Qual é o veiculo e o suporte dessa comunicação? - O funcionamento das células expresso através de potenciais de acção que percorrem os axónios e de potenciais graduados que percorrem as redes dendríticas[3].

A primeira questão que implica directamente o funcionamento celular e o processamento de informação e a sua comunicação diz respeito a problemas de codificação neuronal.

A expressão "*codificação neuronal*" pretende exprimir que existem conjuntos de regras a que obedece o funcionamento dos neurónios de tal modo que o resultado desse funcionamento é a produção de sucessões de sinais que constituem um "mapa" ou representação do estado de actividade das células que os produzem[4].

É imediatamente sugestivo o estabelecimento de analogias entre os códigos binários e o funcionamento dos axónios, entendido em termos de produção de potenciais de acção e de manutenção de um estado de repouso que poderiam ser interpretados simbolicamente como correspondendo efectivamente a sinais 1 e 0, que representariam o estado dos neurónios que os produziram.

---

[3]Nesta simplificação, o corpo celular, onde se processa a informação, recebe excitação através da ligação com os dendritos e envia excitação através do axónio. O axónio é mais longo que os dendritos. Os dendritos são procidências externas que se arborizam por vezes muito extensamente.

[4] *"Codificação"* é um termo ainda usado aqui como metáfora: são as regras biofísicas que determinam a sequência de intervalos entre Potenciais de Acção que são gerados no corpo celular, mas o termo tem aqui um uso legítimo na medida em que as mensagens assim geradas possuem um conteudo distinto conforme a configuração de estados de excitação que lhes deu lugar. Excluindo o interpretante, esses sinais têm analogia com os utilizados nos modernos sistemas electrónicos de comunicação.

Mantendo um entendimento provisório destes estados de actividade e de repouso como símbolos, cumpre-nos verificar a primeira condição para a verosimilhança desta hipótese.

Poderiamos nós representar qualquer conhecimento, mesmo contendo mensagens em número arbitrariamente elevado, usando um tal modo de codificação? A reposta é positiva: - Basta observar a correspondência entre o conjunto de números inteiros representados na base 10 e a sua representação em base 2:

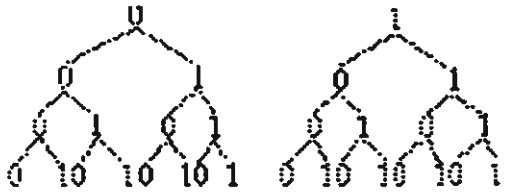
1 - 1
2 - 10
3 - 11
4 - 100
5 - 101
6 - 110
7 - 111
8 - 1000
9 - 1001
10 - 1010
11 - 1011
12 - 1100
13 - 1101
14 - 1110
15 - 1111
16 - 10000 ...

Por outro lado, se combinarmos estes números de modo a que se conserve a sua identidade, podemos formar pares, triplos, quádruplos, etc, que permitem considerar as

possibilidades de operar sobre eles dentro de algebras mais complexas que no caso dos números inteiros[5].

Embora os números sejam distintos entre si, poderia pretender-se ou achar-se conveniente que na codificação das entidades a representar os símbolos nunca fossem o prefixo de outra entidade que fosse distinta, o que permitiria a sua identificação de maneira não ambígua.

O seguinte modo de codificação em árvores de decisão binárias mantem uma completa não ocorrência de mensagens que sejam prefixo de outras.



Ficam codificadas entidades sob a forma de n triplos de 1 e 0s como se segue:

0000	1000
0001	1001
0010	1010
0011	1011
0100	1100
0101	1101... etc

Também se poderia perguntar se existe maneira de produzir mensagens deste tipo, num conjunto de neurónios com um baixo dispêndio de células activas.

---

[5] Basta recordar-nos o código de morse que usando apenas dois sinais (ponto e traço) pode veicular qualquer expressão verbal escrita em qualquer língua.

A rede seguinte (Figura 1) mostra que 7 mensagens podem ser codificadas de maneira distinta apenas por 3 neurónios, e para qualquer numero $2^n - 1$ de mensagens, por n neurónio.

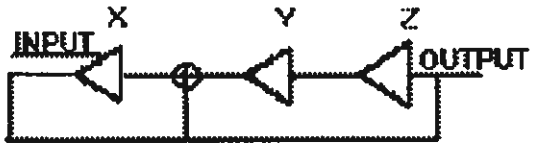


Figura 1: A interpretação da rede é a seguinte: o neurónio inicial recebe informação do último neurónio e repete-a. O segundo neurónio recebe a soma (módulo 2) da informação do último neurónio com a do primeiro. O terceiro neurónio repete a informação do segundo.

No diagrama ou rede neuronal (Figura 1), 1 representa o limiar definido por cada célula e " $\oplus$" simboliza "a adição módulo 2", "ou exclusivo" que obedece à tabela seguinte, onde Z Y X:

X 1 1 0 0
Y 1 0 1 0
Z 0 1 1 0

As linhas correspondem a axónios e/ou, arborizações dendríticas onde a condução de sinais e as operações são consideradas instantâneas.

A quantidade de excitação que cada axónio transmite à célula seguinte é definida como 1 (igual ao limiar).

A tabela seguinte resume uma sucessão de estados iniciada pelo estado 100:

XYZ

0 0 0
1 0 0
0 1 0
0 0 1
1 1 0
0 1 1
1 1 1
1 0 1
1 0 0

Estes dois exemplos mostram que o problema da codificação nem é simples nem sem consequências para a representação de estruturas de conhecimento dentro do SN.

Podemos supor o fluxo de informação acerca do ME, a partir dos orgãos dos sentidos e sua progressão sob a forma de mensagens binárias (ou de outra base qualquer), com um conjunto de regras sintácticas que relacionam entre si as mensagens e a sua produção e transportando uma referência ao ME, ou ao MI ou a outras células[6], que células "sucessoras" destas, na estrutura do SN, têm que detectar, receber e descodificar ou "interpretar" para a "tomada de decisões" - isto é, para produzir uma outra mensagem de acordo com as regras que regulam o seu funcionamento.

Todo este esquema teria sentido através de uma estrutura funcional de que damos um dos exemplos mais simples:

---

[6] Designa-se referência de uma mensagem o objecto ou estado que ela denota, o que deve ser distinguido de significado de uma mensagem.

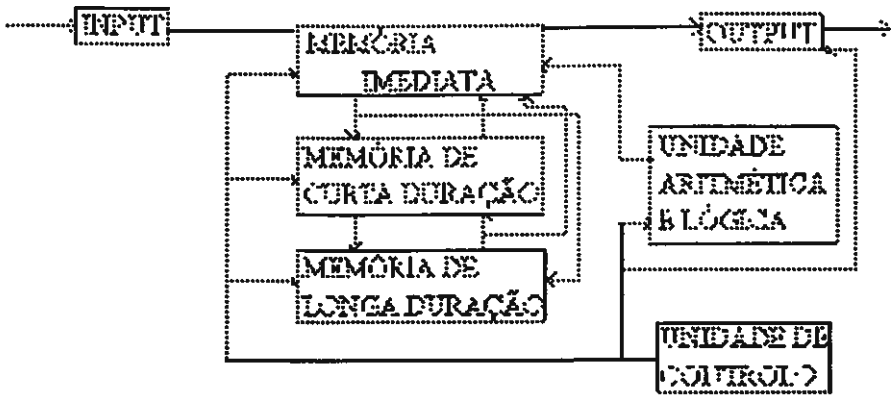


Figura 2: Esquema simplificado de um dispositivo de cálculo automático.

Este é o esquema simplificado de um dispositivo de cálculo automático programável tal como é corporizado sob a tecnologia mais corrente (Figura 2). Estes dispositivos processam a informação, armazenam-na na memória imediata, de curta duração e de longa duração, têm "periféricos" para receber informação ou controlo ou para comunicar com o exterior. Realizam operações aritméticas, lógicas e operações de comando e de controlo. São capazes, se adequadamente programados, de algum grau de inteligência. O que os distingue então, no seu processamento de informação, do SN?

Em primeiro lugar, o seu muito maior rigor na preservação e na identidade mantida constante dos sinais; ou a temporização rigorosa com realização de todas as operações de acordo com um tempo imposto pelo relógio do controlador central; pela representação das mensagens

através de códigos com sinais discretos e não contínuos e graduados - sem mencionarmos o seu modo de implementação e as óbvias diferenças em relação a um computador químico e biofísico como o Cérebro tem forçosamente de ser.

Fica no entanto exemplificada uma metáfora relativamente ao modo de processamento do SN que demonstra a exequibilidade desta abordagem.

Os códigos do SN poderão ser completamente distintos e os seus componentes não tão claramente representáveis simbolicamente. A procura das estruturas de conhecimento que são acessíveis ao SN poderá revelar, e revela, modos de codificação impostos pela evolução[7]. São significativos os requisitos que a codificação e o processamento da informação têm de satisfazer, porque têm necessáriamente que ser representadas quer as entidades e os seus atributos relacionais, quer igualmente aquilo que são as condições para que o Cérebro seja um operador ligado aos periféricos, com memória central de trabalho, de curta e de longa duração mas igualmente com mensagens de estrutura sintáctica característicamente identificável, e por fim inclui uma consciência ou pelo menos conhecimento reflexivo das suas próprias operações ou de parte delas e uma capacidade para interpretar referencialmente e semanticamente a informação.

Veremos onde nos conduz a consideração do modo de organização do SN e as conclusões que esse conhecimento impõe como requisitos mínimos para que possa existir auto

---

[7] Evolução no sentido de evolução natural das espécies.

conhecimento e compreensão do que pode ser interpretante da informação que é processada.

Guardadas as diferenças relativamente ao Cérebro, recordemos apenas que nos dispositivos de cálculo, para um observador externo, os estados internos do computador têm uma "referência" aos dados introduzidos nos periféricos, um significado, cada um deles, que depende dos dados iniciais e das transformações a que a realização do programa dá lugar, e uma intencionalidade que é a de realizar um conjunto de operações para obter certos resultados.

2 - CÓDIGOS TOPOLÓGICOS

Entre os factos mais seguramente provados acerca da organização e do modo de funcionamento do SN encontramos a ligação anatómica e a projecção fisiológica dos orgãos sensoriais para as áreas sensoriais primárias do Cortex Cerebral[8].

Sabemos, por exemplo em relação à visão, que a estimulação em qualquer dos elos da cadeia sensorial visual produz experiências ou vivências visuais - seja a estimulação da Retina, do Nervo Óptico, do Quiasma ou das Fitas Ópticas do Nucleo Geniculado Externo, das Radiações Ópticas ou da Área Visual Primária do Cortex Cerebral (Área 17 ou Cortex Estriado).

Este modo de organização que se encontra repetido em relação às outras modalidades sensoriais - audição, gosto, olfato e sensibilidade geral somática - tacto, calor, frio, pressão, etc. pode ser invocado quando se inquire acerca da natureza dos códigos ou das codificações neuronais.

Os resultados subjectivos da estimulação sensorial, apoiados na identificação de sinais fisiológicos ao longo de toda a via sensorial visual e também em relação às outras modalidades, permitem afirmar que um dos modos de codificação da informação sensorial consiste na própria organização topológica - as respectivas linhas de condução da informação, se activadas, só transmitem informação sensorial com a qualidade a que pertence a estrutura, no caso do sistema visual, acústico, etc - e de maneira menos exacta em relação à sensibilidade geral somática.

---

[8] Perkel, DH; Bullock, TH, (Eds) (1968): Neural Coding *NRP Bul 6-3*

A experiência subjectiva da visão em condições normais depende pois dum estado de activação do SN em que está implicada, numa sucessão temporal, toda a via sensorial visual, e o mesmo se passa em relação às outras modalidades sensoriais.

Não existe ou não foi provado até hoje que existam padrões de relações entre os potenciais neuronais de acção que possam definir mensagens especificamente características da função visual ou de qualquer outra modalidade sensorial.

O mesmo acontece em relação a aspectos ou dimensões particulares dessa informação que é transportada dos orgãos dos sentidos (olhos) para o Cortex Visual. Não há padrões característicos das mensagens referentes à iluminação global dos campos receptivos neuronais, ou de iluminação parcial, a decifração ou interpretação das mensagens de cor só pode ser feita se houver um interpretante ou observador externo ao sistema, que saiba ou conheça as características do estímulo que está a ser usado e vá identificando as células que só sejam activadas quando o estímulo tiver as características que está a estudar. Nada, nas próprias mensagens consideradas no seu padrão, permite identificar as características do estímulo.

A organização tópica e a dependência total das interpretações topológicas relativamente ao conteúdo da mensagem transportada é assim inquestionável e tudo o que sabemos mais é que há células que reagem a características de objectos sucessivamente mais complexas - segmentos de recta de dimensão rígida, segmentos de recta de comprimento variável, ângulos, formas características de

objectos, relações espacias ou temporais entre estímulos, etc[9].

Sabe-se haver células que detectam características complexas implicando relações que só têm paralelo em processos cognitivos - alimentos, posições no espaço, formas da mão, etc.

A sua activação implica a presença do estímulo, mas essa mesma activação celular que depende do estímulo não tem qualquer sinal ou marca característica do estímulo.

O Cérebro nada sabe pois senão que está activo. Terá de haver um interpretante externo a indicar-lhe se o estímulo que deu origem à activação pertencia a uma certa classe de estímulos.

É igualmente seguro existirem células que reagem a estímulos de diferentes modalidades sensoriais e isso é equivalente a essas células processarem mensagens à partida distintas, como pertencentes a uma mesma classe.

A subida na complexidade nada acrescenta ou contribui para esclarecer a questão de como se constitui e opera o interpretante que no Cérebro *saiba* quais foram os estímulos exteriores.

A questão parece inocente porque "ver uma coisa" estará ligado a haver células que são activadas por essa "coisa enquanto estímulo".

Todavia, não havendo nada de específico na mensagem a não ser a organização tópica, a natureza desse conhecimento permanece na total obscuridade.

---

[9] Letvin, Maturana, Pitts,McCulloch (1959): "What the frog's eye tells the frog's brain". *Proc. Inst. Radio Eng.*

Hubel, Wiesel (1959): "Receptive Fields of Single Neurons in the Cat's Striate Cortex" *J. Physiology*

Se não há nada de caracteristicamente visual na mensagem, então o interpretante que se introduza putativamente será confrontado com estados de activação sem características distintivas e portanto sem atribuição possível de qualidade sensorial com base na informação.

Podemos progredir nesta inquirição e procurar a chave para o problema na aceitação de que existe um espaço de representação interna, uma espécie de "palco interior "onde se re - representa o drama que na verdade é extèrno. O interpretante seria um conjunto de células activadas em simultâneo pelas células que constituem esse espaço de representação e pelas células primariamente sensoriais[10].

Conhecendo as características de classe de atribuições no espaço de representação, poderia então interpretar as mensagens que estão a chegar ao cérebro, requerendo para isso a existência de circuitos em "feedback" que lhe permitissem "endereçar" as perguntas acerca do que se está a passar numa qualquer célula do espaço de representação (ele também operando a nível celular).

---

[10] Pode fazer-se a reflexão de que o predecessor deste conceito é a ideia de Lekton dos filosófos estóicos. Eles imaginavam haver um lekton que reunia como um punho apertando simultaneamente o objecto físico, a frase que o designa e relacionaria reflexivamente ambos com o próprio sujeito (uma relação triádica). No nosso conceito o objecto externo estará materializado pela especificidade forçada ou forçosa da via que conduz a informação sensorial. Adiante discutiremos acerca de como a potencialmente infinita variedade de estados do interpretante poderá materializar-se sob a forma de funcionamento celular com a variedade requerida para que sirva de suporte aos estados de consciência.

(McCulloch, W (1967): " Lekton" in L. Thayer (ed): *Communication. Theory and Research.* Charles C. Thomas Pub. Springfield, Illinois. PP: 348-353.

McCulloch, W (1967): "Commentary" in L. Thayer (ed): *Communication. Theory and Research.* Charles C. Thomas Pub. Springfield, Illinois. 412-428.

von Domarus, E (1967): "The Logical Structure of Mind" in L. Thayer (ed): *Communication. Theory and Research.* Charles C. Thomas Pub. Springfield, Illinois. 354-411.

O interpretante, isto é, a zona ou zonas do SN que sabem quais as células que estão activas e quais os receptores que estão activados ou zonas funcionais especializadas, constitui-se como pertencendo a um nível funcional que é informado acerca das zonas que estão activas e interroga os grupos celulares acerca do seu estado de actividade actual ou recente ou num passado arbitrariamente remoto, inquirindo ainda, através dos dados disponiveis, o "espaço interno de representação" e dele recebendo "feedback".

Todos estes processos, ao ocorrerem sem que haja uma marca característica na mensagem, implicam, para ser possível uma interpretação, que haja pelo menos uma organização tópica tão específica como a dos sistemas sensoriais nos níveis já referidos.

Toda esta organização, ao assentar numa tópica fixa, poderá explicar qualidades tais como, a do "ser consciente" como resultante da informação de que zonas características do Sistema Reticular do Tronco Cerebral ou do Sistema Difuso de Projecção Tálamo Cortical estão activas para a "focagem selectiva" de fenómenos.

Podem aplicar-se argumentos análogos às qualificações de dimensões emocionais e motivacionais através de qualificações tópicas precisas e fixas.

Todavia, o interpretante mesmo tendo referência a uma representação do "próprio", dependente do Esquema Corporal e da organização da informação no espaço direito e esquerdo através da marca tópica da informação do Cortex Parietal, requer, para que verdadeiramente se possa constituir como capaz de uma interpretação semântica, de

marcas identificadoras das zonas que estão activas e da proveniência de mensagens vindas de zonas distantes.

Não existindo características distintivas na mensagem, mas existindo pelo contrário ligações anatómicas distintivas, a primeira hipótese que surge como viável é que haja um "conhecimento", a nível fisiológico celular da via activa nesse funcionamento, dos orgãos sensoriais implicados ou de outras estruturas operacionais fixas e bem definidas do SN.

Para que a explicação fosse eficiente seria portanto necessário que um conhecimento cognitivo (como se fosse cognitivo) estivesse latente, imanente na organização da estrutura anatómica do SN.

Esta hipótese parece implausivel dada a necessidade de dotar uma estrutura biológica de uma dimensão cognitiva.

Todavia, se considerarmos todo o desenvolvimento ontogenético do óvulo ao embrião e ao feto e mesmo o desenvolvimento epigenético, a universalidade da posse das mesmas características em todos os indivíduos da mesma espécie implica que haja marcadores químicos locais para orientar a migração e diferenciação celular e controlar a expressividade genética implicada nesses processos.

A "execução" desse plano biológico que é o desenvolvimento genético, implica a orientação da morfogénese de acordo com um esquema, diagrama ou plano arquitectural que implica uma organização conceptual inteiramente sobreponível, nos requisitos de conhecimento, à posse dos conceitos necessários para que o plano se execute.

O único passo hipotético requerido é o de que esse conhecimento arquitectónico fique impresso no modo de

funcionamento celular depois da arquitectura estar constituída na sua forma final - ou uma marca como se assim fosse.

A prova da verosimilhança desta argumentação encontra-se no fenómeno bem estabelecido da projecção sensorial - isto é, qualquer estimulação eficaz efectuada em qualquer ponto de uma via sensorial é referida pelo sujeito aos orgãos sensoriais periféricos ou ao espaço externo que é suposto agir sobre esses orgãos sensoriais[11].

Ainda outro aspecto deste argumento encontra a sua prova no facto de, sendo a mensagem indistinta no seu padrão temporal de modalidade sensorial para modalidade sensorial de que é questão, a estimulação de qualquer ponto de uma via sensorial produz experiências subjectivas próprias dessa modalidade sensorial.

Isso significa que a qualidade específica da vivência de uma informação sensorial, isto é, a qualidade característica de uma modalidade sensorial diferenciada de outras modalidades, terá que depender ou da arquitectura e funcionamento do analisador específico, ou da codificação em que cada elo da cadeia poria uma marca específica de modalidade não presente nas mensagens consideradas fibra a fibra, mas definidas através de um padrão relacional entre os eventos nas distintas fibras.

As experiências subjectivas evocadas pela estimulação eléctrica cerebral de áreas sensoriais específicas no Homem, em que a qualidade distintiva da modalidade está patente sem que tenha havido activação de qualquer elo anterior da

---

[11] Ruch , TC(1961) :"Somatic Sensation" in Ruch, TC; Patton,HD; Woodbury, JY; Towe, AL (eds): *Neurophysiology* WBS, EUA.

via sensorial, prova que a estrutura anátomo funcional da organização do Cortex Cerebral nas áreas específicas é condição suficiente para que ocorra a qualidade específica distintiva da modalidade de uma vivência sensorial.

Para finalizar esta parte do argumento, consideraremos que o fenómeno de projecção sensorial sobre a periferia é prova de que o centro sensorial "sabe" a que receptor periférico está ligado.

O argumento acerca do conhecimento pelos centros do SN da sua própria arquitectura de ligações e de funções terá que ser retomado através de outra linha de evidência que exporemos na secção seguinte.

Lembremos, como argumento final, que ao sofrer a amputação de um membro o sujeito pode desconhecer essa perda e referir ter conhecimentos, que imputa ao membro inexistente, dos estímulos que estão a agir sobre ele: todas as informações que são produzidas ao longo da via aferente são atribuídas à periferia a partir do conhecimento da proveniência dessas informações o que só seria natural se não tivesse havido a perda do membro. A atribuição pelo interpretante cerebral dos estados de activação a um membro que já não existe, constitui um argumento a favor da dependência dessa atribuição a um processo genético e do desenvolvimento que não é incompatível com o predomínio de factores preprogramados sobre o processo de aprendizagem[12]. O processo de aprendizagem tem um timing

---

[12] O problema do membro fantasma é discutido na literatura desde Descartes e a explicação que é proposta pelos neurologistas como Hecaen e Ajuriaguerra (1952), entre outros, debate-se entre teorias periferalistas e teorias centrais. Nas teorias periferalistas supõe-se que do coto da amputação poderão partir estímulos que são interpretados erroneamente como oriundos do membro. Nas teorias centralistas pelo contrário, supõe-se que essas zonas libertas do

típico para que as memórias de longa duração tenham adquirido estruturas fixas dependentes da experiência, mas rígido depois de adquiridas.

Para finalizar, notemos ainda que o fenómeno da projecção sensorial dá-se sobre o elo mais periférico da cadeia sensorial, o receptor.

Temos então que a excitação de um ponto intermediário entre o receptor e o cortex cerebral da via sensorial é seguido de uma progressão da excitação do ponto estimulado até ao cortex e aí dá-se a atribuição da excitação a receptores da periferia que correspondem à recepção da zona que foi excitada.

O problema tópico na via sensorial diz respeito à atribuição ao extremo da cadeia. O conhecimento estrutural que é requerido ao SN é apenas o do extremo e não de elos intermediários.

Esta simplificação da informação sensorial estrutural permite conceber e propor a existência de uma outra estrutura de sinalização que contribui significativamente para a arquitectura do conhecimento que é estruturado no SN.

Pode razoavelmente aceitar-se a existência de "sinais de informação endo-estruturais" (SIES). Estes sinais têm de

---

controle periférico poderão ter um funcionamento autónomo e gerar estados subjectivos erróneos (Hecaen, Ajuriaguerra (1952): *Méconnaissances et hallucinations corporelles* Paris, Masson et Cie).

É interessante notar que nenhum dos autores da escola neurológica se refere ao problema da projecção que mencionamos antes - desse modo de funcionamento com projecção sensorial obrigatória resulta imediatamente que com membro ou sem membro a atribuição será sempre feita à periferia. Mais ainda, a atribuição à periferia depende apenas de condições centrais do fenómeno de referência. Parece-nos pois que o debate entre teorias centrais e periferalistas resulta de um mal entendido cultivado desde sempre por falta de reflexão suficiente.

acompanhar fasicamente cada mensagem. Eles estão presentes em todos os processamentos e impõem a qualidade vivencial que não deve ser procurada nos padrões de sequências de potenciais de acção.

Estes SIES percorrem continuamente as estruturas e acompanham a manutenção e o aprovisionamento neuronal em materiais que são transportados ao longo do axónio.

O fenómeno de transporte deverá pois, nesta perspectiva, ter uma especificidade química e organizacional.

A especificidade química existe - assim o induzem os fenómenos de regeneração orientada que ocorrem nos nervos da periferia quando a sua continuidade é interrompida e também em situações mais específicas como a interrupção das projecções retino tectais no caso da rã[13].

---

[13] Contribuição de Sperry na pp. 407 Neurosciences Research Program Bull., Vol14-3.

3. CÓDIGOS DE ACÇÃO

A evolução histórica das ideias em Psicologia conduziu, a partir do início do século XX, à realização do programa que visava estabelecer os conceitos psicológicos em termos de relações entre observáveis, relações entre estímulos e respostas.

A confrontação desses dados com os conhecimentos neurofisiológicos e psicofisiológicos permite-nos dispor de um outro modo de aceder à compreensão dos códigos do SN, de um ponto de vista diferente do "referencial", tópico.

Nesta nova perspectiva, a compreensão da mensagem sensorial seria alcançável em termos da conduta a que essa mensagem daria lugar.

Em linguística convencional, a compreensão do conteúdo de uma mensagem verbal em termos do comportamento ou das decisões motoras que são provocadas no organismo que recebe a informação é designada, a partir de Morris[14], de "significado pragmático" de uma mensagem verbal.

O paralelo entre esta conceptualização e alguns modos do funcionamento do SN é imediatamente evidente - nos actos reflexos inatos simples ou complexos a informação sensorial que é recebida da periferia dá origem a respostas reflexas motoras miotácticas ou de defesa, ao nível mais elementar. Estas respostas motoras não são o resultado de um padrão específico de relações temporais entre potenciais de acção, mas sim do encaminhamento de uma quantidade

---

[14] Morris ,C (1964): *Signification and significance*. MIT Press, Cambridge Mass.

de excitação suficiente para activar células motoras que por sua vez actuam sobre os efectores musculares.

O significado dessas mensagens sensoriais é encontrado na estrutura das relações anatómicas e na natureza e função dos transductores e dos efectores motores, assim como da excitabilidade das células nervosas intermediárias entre uns e outros.

Subindo na hierarquia das funções do SN, coordenações mais complexas encontram-se ligadas à integração da postura estática e na integração dinâmica entre postura e movimentos segmentares na marcha ou em movimentos que se apoiam numa postura que os suporta.

Aqui a integração envolverá em cada caso estruturas parcialmente diferentes numa combinatória de variedade ilimitada-havendo mensagens sensoriais e de proveniência central ou do Tronco Cerebral, Cerebelo, Hipotálamo, Nucleos Cinzentos da Base, e Cortex Motor, Pré-motor e Associativo.

Também nestes casos mais complexos as ligações são rigidamente estabelecidas através de uma arquitectura fixa e universal na espécie humana - e do mesmo modo em cada uma das outras espécies.

O exemplo científico mais típico da procura de significado a que esta fixidez dá lugar encontra-se na Etologia, disciplina em que a diferenciação entre algumas espécies cuja morfologia externa é extremamente semelhante, se consegue a partir das diferenças entre padrões característicos de coordenações motoras herdadas (Erb kordinationen - "coordenações herdadas") específicas.

O significado das mensagens motoras prévias e correspondentes aos actos intencionais voluntários encontra-

se, não nos padrões de potenciais de acção e intervalos entre eles, mas sim no conjunto característico de células motoras e efectoras que são activadas - isto do ponto de vista do "significado pragmático" de uma mensagem.

Também aqui se reconhece que a execução de um acto intencional requer, por parte do SN, o conhecimento do plano de organização do SN que liga funcionalmente os orgãos de decisão aos orgãos efectores através de centros de coordenação de extrema complexidade.

Para o próprio organismo que executa os actos, o significado estará ligado ao conhecimento das estruturas que são activadas através, por um lado, de mensagens que dos centros geram, enviam e encaminham e por outro lado, a partir do feedback dessas estruturas adjuvado pelo feedback dos espectros globais de acção sobre o Meio Externo a partir da monitorização sensorial.

Aqui também é requerida a identificação pelo feedback sensorial dos elementos de decisão motora activada e o reconhecimento e previsão por parte dos centros motores da diferença entre as decisões já tomadas e as requeridas para a execução completa da intenção que gerava os actos.

O conhecimento que o interpretante tem da configuração de decisões motoras, por feedback da mensagem intencional mais central e de nível mais elevado de integração é completada pelo feedback dos centros de execução menos diferenciados. O interpretante tem assim acesso a uma informação acerca da intencionalidade dos actos que será incluída no planeamento intencional dos actos no espaço de representação interna. Por outro lado, o feedback sensorial virado para o exterior , que envolve o meio externo, fornece a informação acerca dos resultados de

acções e permite a avaliação da adequação do significado pragmático dos actos relativamente ao significado pragmático previsto ou antecipado no espaço de representação interno[15].

Também neste caso o significado intencional requer o conhecimento, por parte do interpretante, das conexões entre os diversos centros motores.

Esta estrutura de significação indica um modo peculiar de expressão do conteúdo significativo da mensagem: nomeadamente, um impulso gera uma actividade e é nessa

---

[15] Distingue-se entre feedback da própria mensagem de comando antes de ela ser executada (cópia eferente) e feedback do resultado da execução da acção. A contribuição tanto da Efference - Copie como do feedback da acção parece poder concluir-se da existência de jogos de exercício e jogos de repetição durante as primeiras fases do Período Sensório Motor do Desenvolvimento - no esquema de Piaget.

A Efference - Copie é inata e antecede o feedback. É a contrapartida motora da projecção periférica da sensibilidade. De uma maneira paradoxal poderia dizer-se que relativamente a uma acção que se constroi na sua integridade na periferia, a sua periferia está nos centros onde se iniciam os comandos de acção e a contrapartida da vivência sensorial é a vivência da intencionalidade orientada nos comandos dos actos cuja informação se contem na Efference e cuja mestria é refinada através do exercício e da repetição.

mensagem, no paradigma pragmático generalizado a todos os componentes do SN.

O essencial desta ideia é que uma mensagem aferente provoca uma mensagem eferente e é nesta última que se encontra o significado da primeira.

De uma forma ainda mais generalizada pode dizer-se que nesta perspectiva o significado das mensagens do SN deste tipo é criado pelo operador a partir de mensagens aferentes e não existe na mensagem se considerada como independente en relação ao operador.

De uma forma ainda mais complexa uma mensagem complexa gerará mensagens de complexidade variavel cuja estrutura imposta pelo operador depende essencialmente deste operador.

A generalização deste ponto de vista pragmático a todo o SN permite interpretar o modo pelo qual o isolamento sensorial pode modificar o modo de pensar ou provocar alucinações - ou distorcer o significado por funcionamento autónomo de operadores que geram mensagens espontaneamente sem que sejam activados pela via mais importante a que pertençam. Nós próprios proposemos em 1967[16] que, numa mensagem neuronal constituida por Potenciais de Acção, se poderia distinguir entre uma porção inicial que teria a função de programar o operador e uma parte final da mensagem que seria interpretada pelo programador após ter sido programado. Sem querermos entrar nesta matéria, que requer outro lugar, muitos outros esquemas se poderiam conceber, como por

---

[16] Simões da Fonseca, J. (1967): "What is the "Purpose" of Delay in Nets of Real Neurons?" *Investigation Progress Report 2 (B)*. Centro de Estudos Egas Moniz, Lisboa, Dez.

exemplo o de mensagens servirem apenas para programar conjuntos de neurónios a que acedem, modificando temporáriamente a organização funcional do SNC. Muitos psicofármacos modificam o estado afectivo das pessoas a quem são administrados. O modelo para a compreensão deste efeito é conceptualmente simples porque esses fármacos actuam sobre uma dimensão ou conjunto limitado de condições das vivências ou do humor. A combinação dos conhecimentos dos agonistas e dos antagonistas dos neurotransmissores e da regulação da sensibilidade dos receptores para os neurotransmissores a nível sináptico, por exemplo no Sistema Límbico, no Cortex e em famílias de neurónios que se estendem por todo o cérebro, pode explicar facilmente o efeito desses fármacos.

Todavia, a situação é considerada mais complexa no caso de afecções que perturbam o processamento cognitivo, como acontece por exemplo na neurose obsessiva compulsiva e na esquizofrenia. Como poderão os fármacos alterar ou modificar o planeamento e execução de actos significativos, ou planeamento e execução de estruturas cognitivas, quer intencionais, quer significativas?

Sendo difícil de conceber que os fármacos actuem sobre o processo de pensamento em si mesmo, então o paradigma por nós proposto de distinção entre mensagens que programam e mensagens que constituem significados conduz a uma hipótese verosímil: no caso da neurose obsessiva compulsiva os impulsos de que resulta a decisão de actos repetidos compulsivamente poderia ser bloqueado embora não o conteúdo cognitivo dos mesmos. Por outro lado, nos fenómenos subjectivos obsessionais e na ideação delirante seriam as estruturas operativas que geram esses

significados a ser bloqueadas sem que o conteúdo seja modificado. Apenas as porções não atingidas pela perturbação ficariam livres para introduzir uma construção cognitiva normal que preencheria o espaço deixado pelo bloqueio dos processos anormais.

4. ALGUMAS REFLEXÕES ACERCA DE CÓDIGOS NEURONAIS

Para além dos códigos tópicos e dos códigos de acção que colocam, uns e outros, o peso da chave para o entendimento do processamento da informação na estrutura anatómica visando a identificação das qualidades e dos conteúdos veiculados nas mensagens, um código referente às mensagens acústicas processa um único tipo de conteúdos - a frequência dos estímulos.

A frequência tem de ser preservada através de *códigos cooperativos* que ultrapassam a dificuldade colocada pela limitação que existe relativamente à frequência máxima das descargas.

Pelo contrário, não existem os problemas postos pela pré-codificação a nível dos transdutores como existem em relação à visão - com a inibição lateral e a codificação da informação acerca da cor através das unidades sensíveis às cores fundamentais e as unidades sensíveis a uma ampla extensão de cores do espectro[17].

Se atentarmos na informação que é necessário codificar, surgem como relevantes os problemas de identificação de padrões característicos relativos às qualidades ou características distintivas dos fonemas e relativos ainda aos próprios morfemas.

Façamos um revisão breve do modo como se sabe que é codificada a informação acústica.

---

[17] Unidades dominantes e unidades moduladoras na ampla extensão do espectro (Granit, R (1943): "A Physiological Theory of Colour Perception". *Nature*.

Se considerarmos o problema da representação tópica do espaço e tonotópica do universo acústico, a analogia espacial, contida no esquema de distribuição tópica das células do sistema visual pode iludir-nos na medida em que uma certa estrutura geométrica está mantida com um certo grau de isomorfismo de dados elementares e até de funções com o exterior.

Todavia, em relação ao universo acústico, dizer que a diferença entre o som ser grave e ser agudo é dado pela tópica das células identificadoras do som no Cortex Cerebral parece proposta difícil de defender. Nada existe no funcionamento que seja identificador do espaço físico funcional em que o estímulo externo é representado.

Das diferenças de funcionamento a única que surge como viável ou verosímil será o processamento dendrítico com as suas diferenças de frequência, os diversos trajectos possiveis e diferentes ciclos de oscilação.

Interpretar um som como o de um violino será um interpretante (agrupamento celular) saber que o Orgão de Corti foi activado e quais as zonas e por outro lado qual a análise espectral, que representação em processamento dendro-dendrítico e finalmente dendro-axonal (ou no corpo celular, obviamente)[18].

---

[18] Graubard e Calvin entre outros, demonstraram que existem fenómenos de excitação entre dendritos e que os sinais transportados por dendritos, embora não atingindo a amplitude dos potenciais de acção axonais, podem propagar-se, sem atenuação, ao longo de complexas redes a nível relativamente local (Graubard, C; Calvin, WH (1979): "Presinaptic Dendrites. Implications of Spikeless Sinaptic Transmission and Dendritic Geometry" in F. D. Schmitt, F. G. Worden (Eds): *Neurosciences, Fourth Study Program*. Mit Press, Cambridge mass: 317-331). Pode conceber-se que a diferenciação tonal, embora não reflectindo de forma simples a frequência dos estímulos, pode resultar de modos de oscilação dentro de redes dendríticas que envolvem cada neurónio. Assim, o neurónio estaria num lugar do cortex mas aquilo que permite a diferenciação dos sons seria o seu modo de oscilação perante a estimulação

A organização tonotópica[19], com a sua distribuição por faixas no cortex, cada uma delas recebendo informação referente a uma banda específica de frequências, de maneira muito semelhante, quase idêntica, aquilo que se passa na Cóclea, isto é, ao nível dos receptores, sugere a existência de um outro problema por resolver.

Pensando na distinção que na nossa vida diária conseguimos estabelecer, com baixissímos limiares, entre os sons de frequências desiguais, surge como problema imediato o de encontrar um suporte fisiológico e anatómico para a distinção e a sequenciação graduada e sobreponível à variação da entidade física correspondente à altura de um som, e à sua modulação. Podemos pois indagar o modo como o interpretante produz juízos acerca das alturas do som tão adequados à variação e à sua correspondência com as frequências e suas modulações.

A distinção tonotópica pode parecer suficiente para a transformação com manutenção da distinção entre as diversas informações, cada uma delas referente a uma frequência de vibração detectada na Cóclea, todavia, as distinções anatómicas e fisiológicas a nível de produção de potenciais de acção não fornecem a variedade que seria necessária para distinguir subtilmente o contínuo das variações da frequência.

---

tonal. A tópica estaria fundamentalmente conservada no facto de a zona do ressoador harmónico de Helmoltz na cóclea corresponder a um ressoador dendrítico - neuronal numa certa zona do cortex.

19 Tunturi A *Amer. J. Physiol*, 1944, 141:397-401 citado por Ades, HW: " Central Auditory mechanisms" in J. Field, HW Magoun, VE Hall: *Handbook of Physiology, Vol I*

O interpretante, que seria o responsável pelas vivências das distinções entre os sons e por outro lado pela produção de juízos teria que atribuir, no espaço interno de representação, um determinado lugar e determinadas qualidades aos pontos relevantes de representação do Meio Externo.

A questão é idêntica à de saber qual é a representação simbólica dos sons a nível celular no Cortex Auditivo que sustenta a vivência do som , no caso que estamos a analisar, da sua altura.

Surgem como possíveis três referentes cerebrais: (a) Agrupamentos celulares; (b) Representações químicas subcelulares; (c) Oscilações dendríticas ao longo de redes dendro-dendríticas de geometria complexa.

O primeiro destes três referentes putativos implicaria que uma complexa e relativamente rígida codificação das frequências fosse corporizada pelos estados de um colectivo de neurónios. Fica por esclarecer, nesta hipótese, de que modo as células do interpretante poderiam elas próprias reflectir uma variação qualitativa da vivência ao longo de um contínuo de variação.

Uma alternativa que contém a variedade possível seria a variação química, através da consideração de reacções intracelulares cíclicas de transformações reversíveis com períodos de oscilação adequados.

Estas modalidades de representação da variedade dos sons permitiria que à vivência e à sua variedade correspondesse uma variedade possível dos períodos de oscilação dos osciladores químicos subcelulares.

Neste caso, o interpretante teria que reconstituir a vivência pela identificação tópica das células em oscilação,

mas não seria informado da verdadeira frequência que estava a ser identificada, dado que um código de potenciais de acção que sustente esse tipo de informação dificilmente poderá ocorrer sob a forma de potenciais de acção em células individuais ou em agrupamentos celulares.

As análises de variação temporal e dos "erros" ou de variações bruscas de codificação não são conciliáveis com tal modo de codificação, nem ele jamais foi identificado.

A terceira possibilidade, a de haver osciladores dendríticos locais, oferece por um lado a variedade de estados requerida para a representação de toda uma banda de frequência pela oscilação que caminha ao longo de um trajecto de geometria diferente de um caso para outro. Por outro lado, também as células do interpretante poderiam ser informadas do estado desses osciladores por meio de mensagens conduzidas através de redes dendro dendríticas[20].

Para que esta preservação da informação e este acesso à informação fossem possíveis, seria necessário, no entanto, que células do interpretante estivessem na área local de distribuição das arborizações dendríticas dos neurónios que oscilam.

Assim, o interpretante teria de ser integrado por uma assembleia de células distribuídas pelo cortex nos locais estratégicos referentes aos osciladores. Nas comunicações a

---

[20] Este problema contem uma dificuldade considerável na medida em que as redes dendríticas deveriam excitar-se entre si, mas o mesmo não foi provado relativamente à excitação dendrítica poder a vir estimular o corpo celular. A hipótese de uma tal excitação existir é no entanto verosímil na medida em que poderão existir sinapses dendro-somáticas, o que poderia resolver o problema de princípio. A não existirem tais sinapses, teríamos que concluir que o grau máximo na hierarquia do SN seria a sua oscilação só para si própria - quer dizer , a informação daria lugar a estados de oscilação neuronal que seriam apenas detectaveis para a própria célula e não para o interpretante. De um ponto de vista neuronal, este parece-nos o mais importante candidato putativo para o suporte do conteudo semântico das experiências sensoriais e subjectivas em geral.

distância a outras zonas do interpretante, com o espaço de representação interna, a codificação teria de assentar, de modo análogo aos casos já considerados, na tópica para que a identificação da vivência fosse possível ao interpretante.

Deve considerar-se claramente que o suporte para vivências terá de estar distribuído ao longo de extensas áreas corticais dada a sua manutenção mesmo quando extensas zonas são destruídas - o que implica ainda que em alguns aspectos existe uma elevada redundância anatómica, funcional e simbólica.

Se a natureza específica do vivenciado encontra variedade suficiente para ser representado no funcionamento celular e se, por outro lado, as células do interpretante podem ter acesso tópico a essa variedade pelo procedimento tópico de codificação, ainda aí terá lugar o princípio observado nos códigos de acção em que o verdadeiro significado de mensagens aferentes se realiza na relação que as mensagens aferentes têm com as mensagens eferentes, tomando em conta as relações transformadas e generativas através das quais essa mensagem é interpretada por atribuição de significado que é produzido pela célula interpretante quando responde a essa mensagem considerando o contexto, constituído por todas as mensagens que recebe nos lapsos de tempo simultâneos, imediatamente anteriores ou posteriores ou ainda os processos de memória que tornam uma parte do contexto independente da realização temporal imediata.

As complexidades da mensagem aferente devem ser interpretadas como transportadas pelos padrões de activação conjuntos das células que identificam as qualidades individuais dos estados de que o interpretante está a ser

informado - de maneira que tem estreita analogia com o facto de um complexo padrão motor ser representado na complexidade dos padrões que comandam esse padrão e de que o interpretante tem conhecimento (Príncipio de Reaferência de von Holst).

Por último, mas não menos importante, é o modo como todas as mensagens do interpretante adquirem plenamente o seu estatuto de símbolos, quando dão lugar a uma confirmação ou variação do estado de activação das componentes do Espaço de Representação interna e do Espaço de Locomoção onde podem ser previstos os actos motores e as suas consequências.

Não existe no Cérebro um único Espaço de Representação Interno e de Locomoção, mas vários - o das relações de representação do corpo no Lobo Parietal direito para o significado dos acontecimentos e esquerdo para as acções; do Lobo Frontal para a estrutura tempo; do Cortex Temporal para as representações do espaço visual; da Circunvolução do Ângulo e da Área de Wernicke para o espaço verbal de recepção e a zona de Broca para o espaço verbal motor.

A característica de colectivo que assume a assembleia de células componentes do interpretante poderia facilmente encontrar analogia, ainda que apenas metafórica, nos conceitos e nas leis da Mecânica Estatística de Gibbs em que colectivos e estruturas moleculares produzem qualidades molares observáveis. Pensamos, no entanto, que o cérebro possui uma tal complexidade de estrutura intrínseca que dificilmente se poderia aceitar como verosímil que as características moleculares (unitárias) pudessem gerar

características globais (molares) sem tomar em conta essa estrutura.

A analogia mais imediata poderia ser encontrada na estrutura matemática de funções de convolução . O paradigma seria o seguinte: havendo um colectivo de células do interpretante simultaneamente activadas ou activadas dentro de um intervalo de varrimento, um sistema programado de leitura selecionaria, com pesos distintos, esses estados unitários e faria com que uma estrutura ou padrão de combinações desses estados se tornasse consciente em detrimento de outras combinações ou padrões não varridos nesse momento pela função de convolução.

Esta ideia surge associada à reflexão acerca de como poderão ser geradas mensagens verbais através da produção de padrões motores na Área de Broca. Pode pôr-se a hipótese de que da Circunvolução do Ângulo poderão partir informações codificadas sob a forma de funções de onda, como se admite na Mecânica Quântica. Os colectivos de células activados simultaneamente por uma combinação de frentes de onda provindas da Circunvolução do Ângulo seriam então lidos na Área de Broca que produziria os padrões verbais característicos das mensagens verbais e dos intervalos entre elas em sequências que por um procedimento recursivo teriam uma variedade potencialmente infinita. O problema que conduz a esta hipótese tão complexa é o seguinte: sendo os padrões de activação celular conduzidos com velocidades diferentes e com significativas probabilidades de erro na transmissão da mensagem, terá de haver na zona emissora final uma função correctora cuja forma abstracta poderá encontrar-se nas funções de convolução generalizada com temporização

através de memória e com construção de padrões por um procedimento cujo paradigma se situará numa estrutura operacional que seleciona e actua sobre qualidades relevantes das mensagens, impondo-lhes uma forma temporo-espacial em que está presente uma relação com um contexto constituido pelas operações que poderiam ser mas não foram efectivamente utilizadas.

O modelo terá que identificar e reproduzir padrões e, por outro lado, dar-lhes uma estrutura sequencial ordenada, temporalmente exacta e, por fim, produzir invariantes a partir de um universo caracteristicamente probabilístico. Algumas analogias poderiam ser encontradas nas equações da Química Quântica de Pauli se, ao contrário do que se passa nesta área científica, as qualidades macroscópicas fossem simplificações construídas a partir do universo microscópico. Neste caso, o domínio macroscópico é mais complexo que o domínio microscópico, porque se tratará de um espaço funcional.

Esta reflexão deverá ser tomada como uma metáfora. A produção de um modelo deste tipo requer a consideração exacta de dados experimentais e de dados estruturais, por exemplo, de distribuição sináptica e por fim a construção de um modelo matemático bem constituído que não está ainda ao nosso alcance.

5-ALGUNS DADOS EXPERIMENTAIS E TEÓRICOS A FAVOR DESTAS INTERPRETAÇÕES.

O passo essencial do argumento contido na secção anterior diz respeito à diferenciação entre estados através de uma activação dendrítica conforme o conteúdo do estado a interpretar e, por outro lado, da organização tópica dessa representação.

Os resultados que se seguem são a primeira prova encontrada pelo segundo autor, de que a codificação dendrítica efectivamente permite diferenciar entre distintas representações do interpretante - nomeadamente entre letras, e números assim como entre estados de alegria, e de tristeza.

A análise de segmentos do EEG durante os quais se pedia ao sujeito que gerasse estados cognitivos/afectivos desligados de uma estimulação sensorial imediatamente presente na situação permitiu-nos identificar indicadores na actividade electroencefalográfica relacionada com eventos psiquicos (ERP)[21] que conduziram à distinção entre quatro situações cognitivas/afectivas distintas (Figura 3).

A consideração dos códigos de frequência nos sucessivos osciladores nos laços dendro-dendríticos levou à utilização de uma análise dos ERP no domínio da frequência em que se retivesse a informação das formas de onda. Assim, através do método Lee[22] (de correlação cruzada entre o sinal original, isto é a frequência imersa no ruido e as frequências que se pretendiam analisar nesse sinal)

---

[21] ERP - "Event related Potentials" , Potenciais Relacionados com Eventos Psíquicos.

[22] Lee (1960): *Statistical Theory of Communication*. J. Wiley, NY.

julgaram relevantes no ERP. Esta análise incidiu não só sobre frequências rápidas, o que seria de esperar dada a activação electroencefalográfica que acompanha a actividade cognitiva, mas também sobre componentes de frequência lentos, a partir de 1 Hertz[23].

Com vista a obter um sinal mais "limpo", sobre as frequências identificadas pelo método de Lee, era realizada a média , agrupando-se os dados frequência a frequência e usando-se como ponto de sincronização a passagem do sinal pelo seu pico máximo. O usar-se, na média, um referencial de tempo que depende do próprio sinal e é independente dos referenciais de tempo externos implica a consideração da hipótese de que os processos que contribuem simultaneamente para os eventos psíquicos em estudo e para a emergência de formas de onda no couro cabeludo possuem um tempo próprio, como se fosse um relógio sincronizador local, que é independente de referenciais de tempo externos.

Posteriormente, com vista a obter dados quantitativos que permitissem uma comparação objectiva, e exclusivamente com esse objectivo, computou-se a transformada de Fourier sobre as frequências assim identificadas. Seguiu-se a Análise Discriminante Multivariada passo a passo sobre as amplitudes do espectro de potência relativo às frequências fundamentais (de 1 a 10 Hertz) e suas harmónicas (Figuras 3 e 4) [24].

---

[23] Entenda-se a denotação de componentes de frequência rápidos e lentos no contexto da literatura corrente no domínio do conhecimento electroencefalográfico.

[24] Barahona da Fonseca, J (1985) "Technical Note" *Acta Psiq. Port. 31 (3),89-94.*

Barahona da Fonseca, J (1985) *Sistema de Aquisição e Processamento de Potenciais Evocados.* Tese apresentada no IST, Lisboa.

De facto os resultados obtidos vieram justificar o desenvolvimento deste método de análise. Em todas as derivações consideradas (registo bipolar, seis derivações: frontal-temporal anterior; temporal anterior - temporal posterior, temporal posterior-occipital em ambos os lados da cabeça) obtiveram-se resultados positivos, com excepção da derivação temporal posterior - occipital direita (Figura 5).

REGISTO BIPOLAR DE EEG

SOLICITAÇÃO DE PRODUÇÃO DE FANTASIAS (AGRADÁVEL, DESAGRADÁVEL, LETRAS E NÚMEROS), OLHOS FECHADOS, AUSÊNCIA DE ESTÍMULOS EXTERNOS IMEDIATAMENTE PRESENTES; REGISTO DO EEG NO INTERVALO DE TEMPO UM SEGUNDO ANTES E DOIS SEGUNDOS DEPOIS DA PRESSÃO DE UM BOTÃO ATRAVÉS DA QUAL O SUJEITO ASSINALAVA O ESTADO .

↓

CORRELAÇÃO CRUZADA

COM FUNÇÕES PERIÓDICAS REPETIDAS COM FREQUÊNCIA F QUE VARIAVA ENTRE 1 E OS 20 HERTZ

↓

MÉDIA

AGRUPANDO-SE OS DADOS FREQUÊNCIA A FREQUÊNCIA

↓

TRANSFORMADA DE FOURIER E CALCULO DO ESPECTRO DE POTÊNCIA

↓

ANÁLISE DISCRIMINANTE MULTIVARIADA SOBRE OS COMPONENTES DO ESPECTRO DE POTÊNCIA

Figura 3: Quadro resumo do método usado no registo e análise de ERP sem estímulos externos imediatamente presentes na situação experimental.

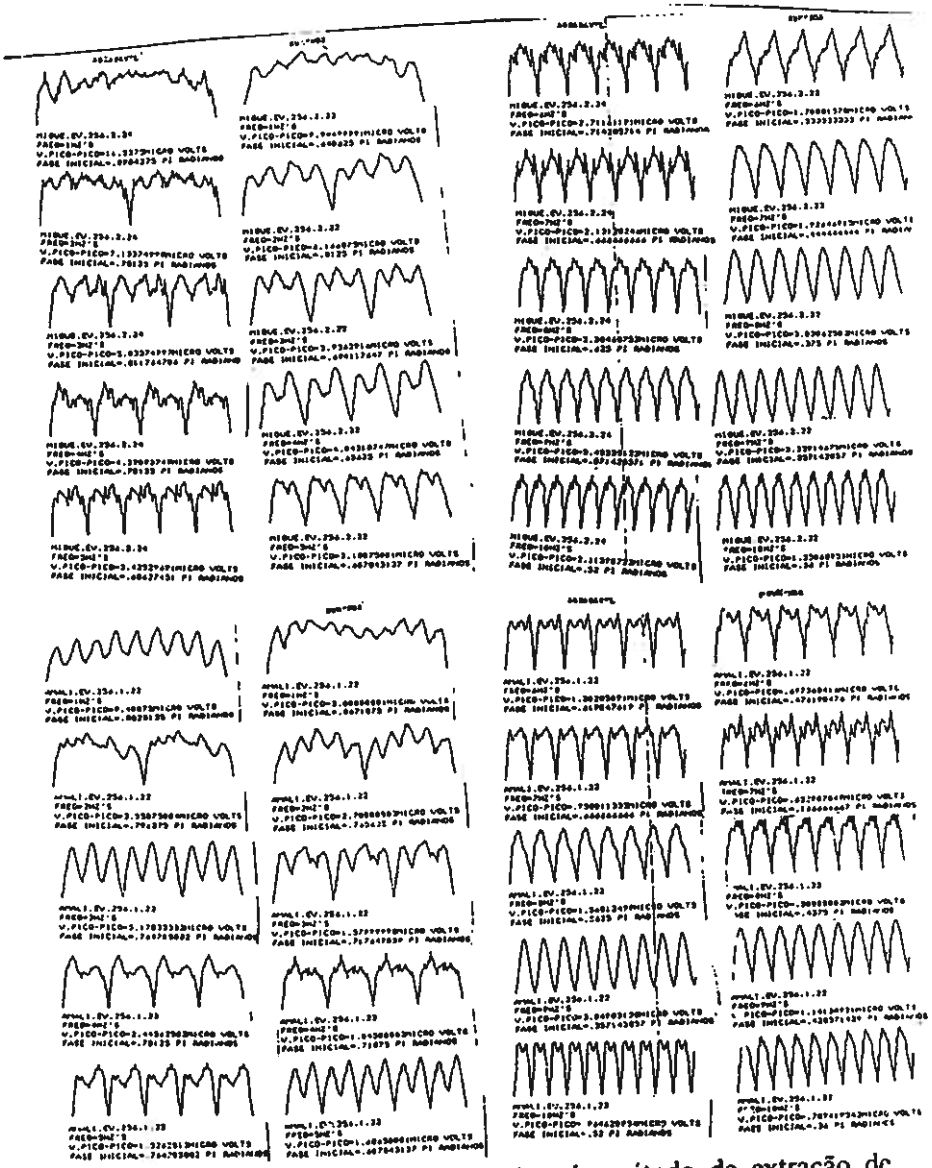


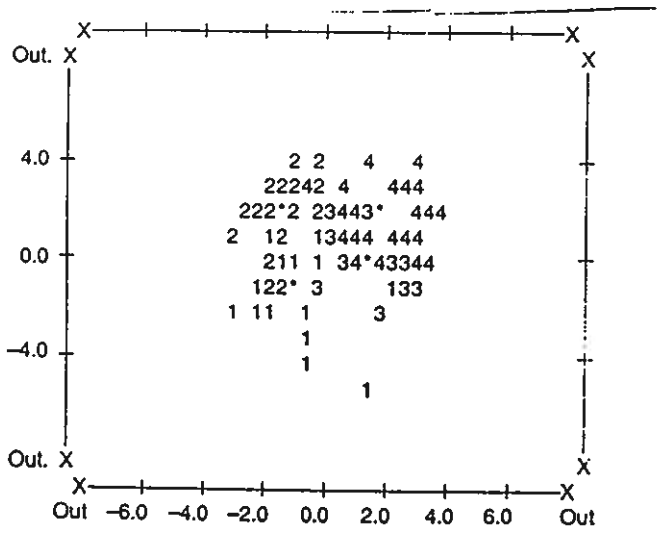
Figura 4: Dois exemplos do método de extração de ondas periódicas de 1 a 10 Hz do EEG. A primeira e a terceira coluna dizem respeito a uma condição experimental, a segunda e a quarta a outra.

Figura 5: Quadro Sinóptico da percentagem total de indivíduos correctamente classificados, isto é, incluidos no seu grupo definido préviamente,por critérios independentes aos usados na Análise Discriminante Multivariada Passo a Passo, nas 6 derivações consideradas[25]. Em todas as derivações obtiveram-se percentagens elevadas classificações correctas, com excepção da derivação Temporal Anterior - Occipital Direita.

A derivação em que se obteve a separação mais nítida entre os quatro grupos experimentais foi na derivação Temporal Anterior-Temporal Posterior Esquerda (Figura 6).

---

[25] Barahona da Fonseca, I (1991): *Os Fenomenos Oscilatórios do EEG como Indicadores de Eventos Psiquicos*. Tese de Mestrado apresentada na FPCE, Lisboa.



(DERIVAÇÃO TEMPORAL ANTERIOR-TEMPORAL POSTERIOR ESQUERDA

Grupo de pertença	N.º de casos	Previsão da inclusão no grupo			
		AG	Nu	DA	ALF
AG	15	13 86.7 %	1 6.7 %	1 6.7 %	0 0 %
Nu	30	2 6.7 %	28 93.3 %	0 0 %	0 0 %
DA	15	0 % .0 %	0 .0 %	13 86.7 %	2 13.3 %
ALF	30	0 .0 %	1 3.3 %	4 13.3 %	25 83.3 %

Número total de casos: 90
Percentagem total de casos correctamente classificados: 87.78 %.

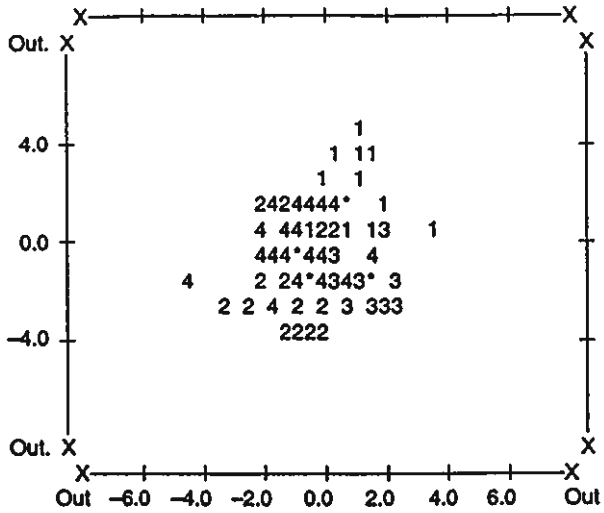
Figura 6: A - Resultados da Análise Discriminante Multivariada Passo a Passo entre todos os grupos

experimentais (Derivação Temporal Anterior-Temporal Posterior Esquerda). O eixo 1 designa a 1ª função discriminante e o eixo 2, a 2ª função discriminante. Os Centroides de cada grupo estão assinalados com *, e cada indivíduo pelo número do grupo a que pertence, respectivamente 1- "Agradável", 2- "Números", 3- "Desagradável", 4-"Alfabeto" (referência 26). B- Tabela de Classificação indicando-se o grupo de pertença e grupo de inclusão na Análise Discriminante Multivariada. Note-se uma separação nítida dos vários grupos experimentais, com percentagens de indivíduos incluídos no grupo de pertença que variam entre os 93.3% e os 83.3%.

Este resultado (Figura 6) deve ser interpretado como indicando que a cada um dos estados psíquicos definidos corresponde, na análise dos potenciais cerebrais, um padrão característico da distribuição das amplitudes dos componentes do espectro de potência. Por outras palavras, se houver uma codificação da informação através de oscilações periódicas, os nossos resultados mostram que efectivamente existe um padrão característico de cada estado psíquico na região que corresponde ao Lobo Temporal Esquerdo.

A hipótese de uma codificação topográfica é retomada nos nossos resultados ao identificar-se um padrão diferente na separação entre as quatro situações experimentais, nas distintas regiões cerebrais. Assim, na derivação Temporal Anterior - Temporal Posterior Direita apenas se separam as situações cognitivas com uma conotação emocional (Figura 7), enquanto na derivação Frontal - Temporal Anterior

Esquerda as situações cognitivas (letras e números) são as que surgem como claramente distintas (Figura 8).



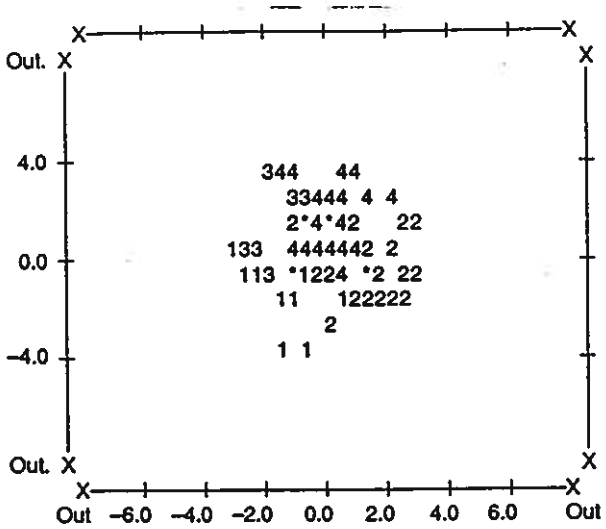
(DERIVAÇÃO TEMPORAL ANTERIOR-TEMPORAL POSTERIOR DIREITA)

Grupo de pertença	N.º de casos	Previsão da inclusão no grupo			
		AG	Nu	DA	ALF
AG	15	11 73.3 %	2 13.3 %	1 6.7 %	1 6.7 %
Nu	30	3 10.0 %	20 66.7 %	2 6.7 %	5 16.7 %
DA	17	0 % .0 %	1 5.9 %	15 88.2 %	1 5.9 %
ALF	32	3 9.4 %	7 21.9 %	3 9.4 %	19 59.4 %

Número total de casos: 94
Percentagem total de casos correctamente classificados: 69.15 %.

Figura 7: A- Resultados da Análise Discriminante Multivariada Passo a Passo entre todos os grupos

experimentais (Derivação Temporal Anterior-Temporal Posterior Direita). O eixo 1 designa a 1ª função discriminante e o eixo 2, a 2ª função discriminante. Os Centroides de cada grupo estão assinalados com *, e cada indivíduo pelo número do grupo a que pertence, respectivamente 1- "Agradável", 2- Números", 3- "Desagradável", 4-"Alfabeto" (referência 26). B- Tabela de Classificação indicando-se o grupo de pertença e grupo de inclusão na Análise Discriminante Multivariada. Nas situações cognitivas com uma conotação emocional , "agradável" e "desagradável", obtiveram-se, respectivamente, 73.3% e 88.2% de indivíduos correctamente classificados. Pelo contrário, nas situações cognitivas afectivamente "neutras", "números" e "alfabeto", as percentagens de indivíduos correctamente classificados são inferiores, respectivamente 66.7% e 59.4%. Este resultado aponta para uma organização funcional em que é clara a especialização relativamente aos processos afectivos no Lobo Temporal Direito. O mesmo não se passa em relação aos processamentos de símbolos literais e números - o que corresponde à atribuição de distribuição de funções que é feita em termos anatomo-funcionais em Neuropsicologia Clínica, e que nós confirmamos a nivel Psicofisiológico, o que constitui uma validação cruzada para a hipótese dos sinais periódicos analisados terem um o estatuto de suporte da informação no processamento cognitivo.



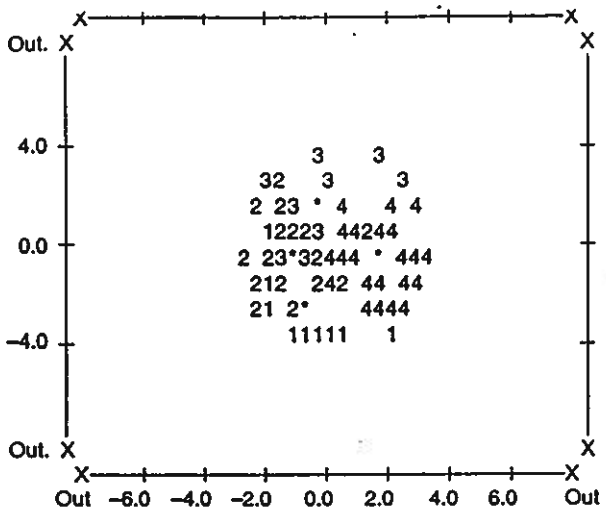
(DERIVAÇÃO FRONTAL-TEMPORAL ANTERIOR ESQUERDA)

Grupo de pertença	N.º de casos	Previsão da inclusão no grupo			
		AG	Nu	DA	ALF
AG	14	8 57.1 %	2 14.3 %	2 14.3 %	2 14.3 %
Nu	30	1 3.3 %	24 80.0 %	0 .0 %	5 16.7 %
DA	14	3 % .21.4 %	1 7.1 %	6 42.9 %	4 28.6 %
ALF	30	2 6.7 %	3 10.0 %	3 10.0 %	22 73.3 %

Número total de casos: 88
Percentagem total de casos correctamente classificados: 63.3 %.

Figura 8: A- Resultados da Análise Discriminante Multivariada Passo a Passo entre todos os grupos

experimentais (Derivação Frontal -Temporal Anterior Esquerda). O eixo 1 designa a 1ª função discriminante e o eixo 2, a 2ª função discriminante. Os Centroides de cada grupo estão assinalados com *, e cada indivíduo pelo número do grupo a que pertence, respectivamente 1- "Agradável", 2- Números", 3-"Desagradável", 4-"Alfabeto" (referencia 26). B- Tabela de Classificação indicando-se o grupo de pertença e grupo de inclusão na Análise Discriminante Multivariada. Ao contrário do que se passa relativamente aos resultados obtidos na derivação Temporal Anterior - Temporal Posterior Direita, nesta derivação apenas as situações "neutras" do ponto de vista emocional se separam, com percentagens de indivíduos classificados de acordo com o seu grupo de 80% e 73.3% para o grupo "números" e "alfabeto", respectivamente. Nas situações com uma conotação afectiva as percentagens foram 57% e 43% respectivamente para as situações de afecto "agradável" e "desagradável".Este resultado mostra que existe uma diferenciação funcional quer direita-esquerda, quer ainda anterior-posterior, do lado esquerdo na medida em que apenas os estados cognitivos sem uma componente afectiva são adequadamente classificados. Recordemos que na região Temporal Esquerda própriamente dita, todos os estados, com ou sem conotação afectiva, foram correctamente classificados o que mostra novamente uma diferenciação de funções entre as regiões Frontal e Temporal Posterior.



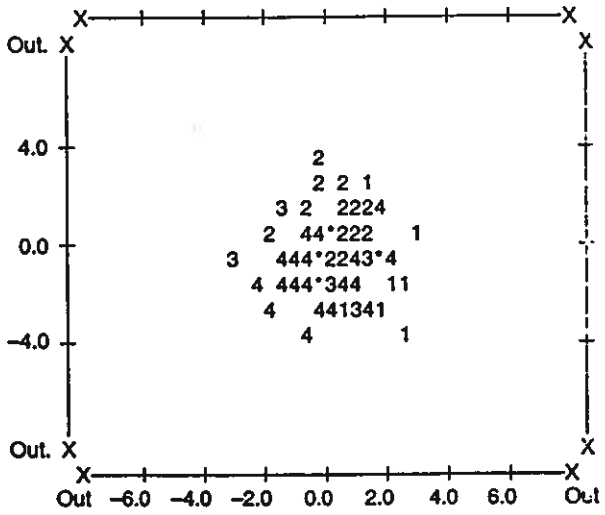
(DERIVAÇÃO FRONTAL-TEMPORAL ANTERIOR DIREITA)

Grupo de pertença	N.º de casos	Previsões da inclusão no grupo			
		AG	Nu	DA	ALF
AG	15	12 80.0 %	2 13.3 %	0 .0 %	1 6.7 %
Nu	30	4 .13.3 %	21 70.0 %	4 13.3 %	1 3.3 %
DA	15	0 % .0 %	2 13.3 %	12 80.0 %	1 6.7 %
ALF	30	2 6.7 %	0 .0 %	4 13.3 %	24 80.0 %

Número total de casos: 90
Percentagem total de casos correctamente classificados: 76.6 %.

Figura 9: A - Resultados da Análise Discriminante Multivariada Passo a Passo entre todos os grupos

experimentais (Derivação Frontal - Temporal Anterior Direita). O eixo 1 designa a 1ª função discriminante e o eixo 2, a 2ª função discriminante. Os Centroides de cada grupo estão assinalados com *, e cada indivíduo pelo número do grupo a que pertence, respectivamente 1- "Agradável", 2- "Números", 3-"Desagradável", 4- "Alfabeto" (referência 26). B- Tabela de Classificação indicando-se o grupo de pertença e grupo de inclusão na Análise Discriminante Multivariada. No registo nestas regiões observa-se uma separação satisfatória, a partir dos indicadores usados em todos os grupos experimentais. Este resultado é tanto mais significativo quanto esta é a região responsavel pelas respostas motoras da mão esquerda, que era usada para assinalar qualquer tipo de fantasia. Assim, parece ser uma separação relativa ao significado pragmático das acções, enquanto que o significado semântico está relacionado com a região temporal anterior- temporal posterior esquerda e o sensorial temporal posterior occipital esquerda.



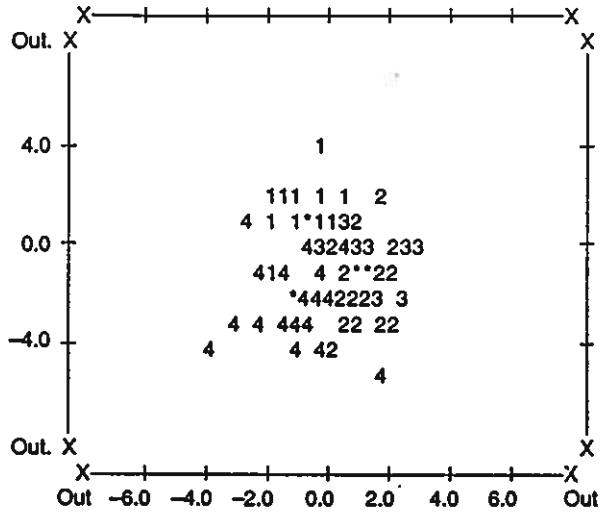
(DERIVAÇAO TEMPORAL POSTERIOR-OCCIPITAL DIREITA)

Grupo de pertença	N.º de casos	Previsão da inclusão no grupo			
		AG	Nu	DA	ALF
AG	15	9 60.0 %	2 13.3 %	2 13.3 %	2 13.3 %
Nu	30	2 6.7 %	18 60.0 %	5 16.7 %	5 16.7 %
DA	16	4 % .25.0 %	2 12.5 %	8 50.0 %	2 12.5 %
ALF	31	4 12.9 %	5 16.1 %	6 19.4 %	16 51.6 %

Número total de casos: 92
Percentagem total de casos correctamente classificados: 55.43 %.

Figura 10: A - Resultados da Análise Discriminante Multivariada Passo a Passo entre todos os grupos

experimentais (Derivação Temporal Posterior-Occipital Direita). O eixo 1 designa a 1ª função discriminante e o eixo 2, a 2ª função discriminante. Os Centroides de cada grupo estão assinalados com *, e cada indivíduo pelo número do grupo a que pertence, respectivamente 1- "Agradável", 2- "Números", 3-"Desagradável", 4- "Alfabeto" (referência 26). B- Tabela de Classificação indicando-se o grupo de pertença e grupo de inclusão na Análise Discriminante Multivariada. Os registos na região Temporal Posterior-Occipital Direita sugerem a existência, nas tarefas propostas, de um predomínio do envolvimento cognitivo predominantemente ligado ao hemisfério esquerdo. Tratando-se do hemisfério direito, não se observam distinções significativas.



(DERIVAÇÃO TEMPORAL POSTERIOR-OCCIPITAL ESQUERDA)

Grupo de pertença	N.º de casos	Previsão da inclusão no grupo			
		AG	Nu	DA	ALF
AG	15	12 80.0 %	0 .0 %	0 .0 %	3 20.0 %
Nu	30	1 3.3 %	21 70.0 %	5 16.7 %	3 10.0 %
DA	15	0 % .0 %	2 13.3 %	12 80.0 %	1 6.7 %
ALF	30	1 3.3 %	3 10.0 %	4 13.3 %	22 73.3 %

Número total de casos: 90
Percentagem total de casos correctamente classificados: 74.44 %.

Figura 11: A - Resultados da Análise Discriminante Multivariada Passo a Passo entre todos os grupos

experimentais (Derivação Temporal Posterior Occipital Esquerda). O eixo 1 designa a 1ª função discriminante e o eixo 2, a 2ª função discriminante. Os Centroides de cada grupo estão assinalados com *, e cada indivíduo pelo número do grupo a que pertence, respectivamente 1- "Agradável", 2- "Números", 3-"Desagradável", 4- "Alfabeto" (referência 26). B- Tabela de Classificação indicando-se o grupo de pertença e grupo de inclusão na Análise Discriminante Multivariada. Nesta área separam-se todos os grupos, o que remete para a hipótese de a atribuição de referência sensorial estar ligada a esta área, ou em alternativa, ao facto de havendo um distinção complecta na região Temporal Anterior-Temporal Posterior Esquerda, toda a informação já está presente no electrodo temporal posterior esquerdo e assim se produzir a ilusão na região temporal posterior-occipital esquerda.

Desejamos que se note que os resultados obtidos experimentalmente indicam de forma significativa que o processamento cerebral nas quatro tarefas propostas na experiência encontra indicadores nos potenciais cerebrais. Todavia, estes indicadores poderão eventualmenste estar relacionados com a execução das tarefas e não necessáriamente de maneira unívoca com os sinais utilizados nessa execução. Para provar a hipótese de os sinais identificados representarem de forma codificada as mensagens a nível cerebral seria necessário que um estímulo periódico com a mesma configuração que a detectada através do método de correlação cruzada fosse capaz de desencadear o mesmo estado subjectivo.

5 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O exame dos dados neurofisiológicos disponíveis numa perspectiva epistemológica ao considerarmos os problemas ligados às condições necessárias para que ao interpretante seja dado um corpo, isto é, tivesse uma realização biológica, remete-nos para quatro requisitos fundamentais: deve existir uma organização tópica em que o receptor activado seja sempre identificável para o interpretante; haverá uma atribuição de sentido às mensagens pela relação entre mensagem aferente , operador e mensagem eferente; haverá uma representação da complexidade por uma variedade suficiente de estados do operador através das oscilações num colectivo dendrítico, de acordo com padrões de activação ou ainda de padrões de activação em colectivos ou assembleias celulares; existirão Espaços de Representação e de Locomoção simbólicos.

A existência de um conhecimento imanente de quais os receptores que activam cada interpretante é sustentada pelos argumentos morfogénicos, pelos dados ligados aos fenómenos de projecção sensorial e ainda pelos que decorrem da consideração dos fenómenos do Membro Fantasma, do Neglect ou das Anosognosias.

Esses conhecimentos imanentes são estruturais, relacionais, de alto nível cognitivo e indicam que os sistemas orgânicos biológicos contêm no seu plano cognições complexas transmitidas pelo equipamento genético, pelos padrões complexos de proliferação, diferenciação e migração celular dentro da morfogénese, modulada pelas condições da adaptação ao ambiente

incluindo a aprendizagem, a memória e a experiência motora.

Os padrões de códigos de acção requerem que um plano de nível cognitivo na sua complexidade presida à realização das complexas realizações motoras de que o ser humano é capaz.

A representação do próprio, do Espaço de Representação e do Espaço de Locomoção são igualmente de nível cognitivo. É necessário que também a este nível haja ligações tópicas rigorosas entre operadores intervenientes no processamento. É necessário igualmente que todo o equipamento neuronal permitindo a realização das complexas operações que lhe pertencem, ocorra de acordo com um plano pré-estabelecido, sem o qual o rigor tópico e o conhecimento dele seriam incompreensiveis.

O conhecimento existente na relação entre receptor sensorial e interpretante encontra o seu simétrico na relação entre Espaço de Representação e interpretante, que garante a passagem do estado biológico de categoria de consequência de uma excitação para a categoria de símbolo.

Todas estas qualidades existem no aparelho biológico existem no corpo e existem no cérebro, - e desaparecem com eles.

Reflictamos que o interpretante é o conceito científico equivalente a Psique ou "Alma" : a nossa análise tornou clara a possibilidade de reconstruir os grandes conceitos psicológicos de consciência, de percepção, de acção motora simbólica, ao abandonar um estrito modelo mecanicista e introduzir hipóteses acerca do modo como as estruturas biológicas do cérebro e o seu funcionamento poderiam operar com quase identidade com as estruturas operacionais

da cognição , do pensamento, da atribuição de significado e posse de intencionalidade. Podemos pois dizer que a "Alma" é e desaparecerá se morrerem as condições que a corporizam. Por outras palavras, a alma é e é mortal.

Por outro lado, a consideração dos códigos biológicos cerebrais conduz-nos a um novo paradigma computacional. Neste paradigma função e estrutura surgem entrelaçadas intimamente, tornando-se indistinguíveis em certos casos como o da memória estrutural de longa duração ou o endereçamento através de canais fixos que conduzem a analisadores tópicos, indistinguiveis de um sistema de sinalização informacional endo-estruturante que marca as estações inicial e final de cada cadeia de processamento, de noção alternante de centro e periferia - sendo certo que a percepção e a cognição são fenómenos centrais relativos à informação aferente que se constitui sob a sua forma superior nos centros que reestruturam a sua informação sob as suas formas mais complexas na interface entre os efeitos e o ambiente.

Ainda merece reflexão a consideração do tempo como um conjunto de tempos locais e do papel da memória para anular o intervalo de tempo entre dois fenómenos e permitir o seu acoplamento.

O modelo de produção de padrões formais, através da intervenção do Kernel de equações integrais e a estruturação de sequências de padrões através de funções de convolução poderia conduzir à construção de modelos computacionais, em que um universo essencialmente probabilístico daria lugar à produção de invariantes.