



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE MEDICINA**

Antonio Carlos Sant’Ana

**Aplicações médicas das abordagens complexas não
lineares: a geometria fractal do EEG**

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Saúde Coletiva.

Orientadora: Profa. Dra. Karina Pavão Patrício

**Botucatu
2015**

Antonio Carlos Sant'Ana

Aplicações médicas das abordagens complexas não
lineares: a geometria fractal do EEG

Dissertação apresentada à Faculdade de
Medicina, Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de
Botucatu, para obtenção do título de
Mestre em Saúde Coletiva.

Orientadora: Profa.Dra. Karina Pavão Patrício

Botucatu
2015

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Sant'Ana, Antonio Carlos.

Aplicações médicas das abordagens complexas não lineares : a geometria fractal do EEG / Antonio Carlos Sant'Ana. - Botucatu, 2015

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina de Botucatu

Orientador: Karina Pavão Patrício

Capes: 40602001

1. Acupuntura. 2. Eletroencefalograma. 3. Modelos não lineares (Estatística). 4. Comportamento caótico nos sistemas. 5. Fractais.

Palavras-chave: Acupuntura; Caos; Complexidade; Eletroencefalograma; Fractais.

Antonio Carlos Sant'Ana

**Aplicações médicas das abordagens complexas não lineares: a
geometria fractal do EEG**

Dissertação apresentada à Faculdade de Medicina,
Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Profa. Dra. Karina Pavão Patrício

Comissão examinadora

Profa. Dra. Karina Pavão Patrício

Prof. Dr. Moacir Fernandes de Godoy

Profa. Dra. Niura Aparecida Padula

Botucatu, 3 de julho de 2015.

Benoit de St. Anne (Larry)

Azevedo Alves do Prado

Marc Piquemal

(Por estarem sempre presentes...)

Karina Pavão Patrício

(Pela coragem de ter se feito presente)

Agradecimentos

A todos que, cada um de seu jeito, me ajudaram a tornar esta jornada mais prazenteira.

Aos amigos (os que o são, felizmente o saberão ao lerem estas palavras) pelo apoio para superar os obstáculos.

Aos inimigos (os que o são, infelizmente não lerão estas palavras) por terem fornecido os obstáculos.

“The only civilized way of being a scientist is to engage in the ‘process’ of doing science primarily for one’s ‘private pleasure’. To derive pleasure from the ‘public results’ of this process is a much more common and entirely different matter”.

(Benoit B. Mandelbrot)

Resumo

SANT'ANA, A. C. **Aplicações médicas das abordagens complexas não lineares: a geometria fractal do eletroencefalograma.** 2015. 153 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

O uso de técnicas não lineares (sistemas complexos, geometria fractal e física quântica), com enfoques mais amparados pelos princípios do caos, é uma tendência crescente no estudo das ciências naturais, e estão sendo progressivamente apresentadas como opções válidas às suas correspondentes medidas em sistemas lineares (estruturas simples, geometria euclidiana e física clássica newtoniana), com seus enfoques mais cartesianos. Neste sentido, a neurobiologia e a acupuntura podem ajudar a lançar alguma luz nesta busca. Para se avaliar o alcance do uso de técnicas não lineares – mais especificamente a dimensão fractal - foi realizado estudo piloto experimental em humanos para avaliar a sensibilidade do eletroencefalograma na identificação de alterações provocadas por pontos auriculares de acupuntura, conforme critérios clínicos, neurofisiológicos e de geometria fractal. Pacientes de ambos os sexos, tendo cefaléia como queixa comum, mas não exclusiva, foram submetidos a exames eletroencefalográficos, antes e após a estimulação de pontos de acupuntura auricular, ou após ciclos de tratamento ambulatorial por acupuntura auricular e sistêmica. As dimensões fractais pelo 'método da contagem de caixas', foram obtidas com o auxílio do software ImageJ, a partir de imagens tratadas dos traçados digitalizados do eletroencefalograma, e os resultados apresentados como estudos de caso. Mediante análise das variações das dimensões fractais efetuada por estudo descritivo e quantitativo, foram observados os comportamentos evolutivos da condição clínica ou sintomática do paciente, e sua relação com os conceitos de desenvolvimento caótico dos sistemas complexos dinâmicos e adaptativos.

Palavras-chave: eletroencefalograma; acupuntura; complexidade; caos; fractais.

Abstract

SANT'ANA, A. C. **Medical applications of nonlinear complex approaches: the fractal geometry of eletroencefalogram.** 2015. 153 f. Thesis (Master) – Faculdade de Medicina de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

The use of nonlinear techniques (complex systems, fractal geometry and quantum physics), with approaches more related with the principles of chaos theory, is a growing tendency in the study of the natural sciences, and are being progressively presented as valid options to their correspondent measures in linear systems (simple structures, Euclidean geometry and newtonian classical physics), with their more Cartesian approaches. In this sense, neurobiology and acupuncture may help to shed some light upon this search. Aiming to evaluate the reach of the use of nonlinear techniques – more specifically the fractal dimension - a pilot experimental essay was taken in human beings in order to evaluate the sensibility of eletroencefalography in the identification of alterations resulting from the stimulation of auricular acupuncture points, according to clinical, neurophysiologic and fractal geometry criteria. Both male and female patients, having headache as a common but not exclusive complaint, were subject to eletroencefalographic examinations, before and after the stimulation of auricular acupuncture points, or after cycles of both auricular and systemic acupuncture follow up in an outpatient basis. The fractal dimensions calculated by the 'box counting method' were obtained with the aid of ImageJ software, using digitalized images from the eletroencefalographic examinations, and the results are presented as case reports. By analysing the variations in the fractal dimensions both by descriptive and quantitative approaches, observations were made on the evolutive behaviours either from the clinical or from the symptomatic condition of the patient, and their relationship with the concepts of chaotic development of the complex dynamic adaptative systems.

Key words: eletroencefalography; acupuncture; complexity; chaos; fractals.

Sumário

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
1.1.1. Sistemas não lineares	16
1.1.1.1 <i>Caos e Complexidade</i>	17
1.1.1.2 <i>Geometria fractal</i>	20
1.1.1.3 <i>Aplicações dos conceitos de fractal e de não linearidade</i>	23
1.1.1.3.1 Utilização da dimensão fractal em outros ramos da medicina	25
1.1.1.3.2 Medidas não lineares e possibilidades preditivas em abordagens médicas	26
1.1.1.3.3 Caos e complexidade como base aglutinadora da transdisciplinaridade	26
1.1.2 Eletroencefalografia	27
1.1.3. Acupuntura/Medicina Tradicional Chinesa	30
1.2. REVISÃO DA LITERATURA	33
2 OBJETIVOS GERAIS / ESPECÍFICOS	36
3 MÉTODO	37
3.1 DESENHO METODOLÓGICO E REFERENCIAL TEÓRICO	37
3.2 METODOLOGIA RELATIVA À ACUPUNTURA	40
3.2.1 Para a coleta do EEG	40
3.2.2 Pontos para o agulhamento no EEG (protocolo piloto)	40
3.2.3 Para o tratamento por acupuntura	41
3.3 METODOLOGIA DO EEG	41
3.3.1 Aspectos técnicos da metodologia relativa ao EEG	42
3.3.2 Coleta de dados	43
3.4 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	44
3.5 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS	47
3.5.1 Variação do sistema	48
3.5.2 Comparação de regiões em diferentes momentos ou topografias	49
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1 DIAGNÓSTICO DE VARIAÇÕES DINÂMICAS DO SISTEMA	51
4.1.1 Transição de fases do sono	51

4.1.1.1 <i>Obtenção e análise dos coeficientes de variação</i>	52
4.1.1.2 <i>Aspectos relevantes da situação analisada</i>	71
4.2 COMPARAÇÃO DE RESPOSTA AGUDA E CORRELAÇÃO TOPOGRÁFICA	72
4.2.1 Pontos simétricos ligados à queixa somática (ombralgia)	72
4.2.2 Pontos assimétricos não ligados à queixa somática (cefalalgia)	77
4.2.3 Pontos assimétricos não ligados à queixa somática (cefalalgia)	81
4.2.4 Pontos simétricos ligados à queixa somática (cefalalgia)	85
4.2.1.1 <i>Aspectos relevantes das situações analisadas</i>	89
4.3 COMPARAÇÃO DE FASES PRÉ E PÓS TRATAMENTOS	90
4.3.1 Esquema das séries de seguimento e retestes de controle	91
4.3.1.1 <i>Aspectos relevantes das situações analisadas</i>	98
5 CONCLUSÕES	100
6 IMPLICAÇÕES FUTURAS	103
REFERÊNCIAS	105
APÊNDICE A Dimensão fractal (DF) calculada pelo 'box counting method' (BCM)	114
APÊNDICE B Regiões escalpeanas com respectivas DF médias e alterações estatisticamente significativas do caso 4.2.1	117
APÊNDICE C Regiões escalpeanas com respectivas DF médias e alterações estatisticamente significativas do caso 4.2.2	124
APÊNDICE D Regiões escalpeanas com respectivas DF médias e alterações estatisticamente significativas do caso 4.2.3	132
APÊNDICE E Regiões escalpeanas com respectivas DF médias e alterações estatisticamente significativas do caso 4.2.4	141
ANEXO A Aprovação pela comissão científica do Hospital Estadual Bauru (HEB)	150
ANEXO B Autorização pelo comitê de ética em pesquisa (CEP)	151
ANEXO C Formulário próprio da rotina do setor de EEG do Hospital Estadual Bauru (HEB)	152

1 INTRODUÇÃO

Os avanços tecnológicos, de forma geral, e os avanços da medicina, de forma particular, vêm permitindo importantes ganhos no diagnóstico, na terapêutica e na prevenção de várias doenças, além de abrirem caminhos para novas interpretações do binômio saúde-doença.

Ao abrirem o prefácio da quarta edição da clássica “Patologia de Robbins”¹, os editores sugerem que:

Os conhecimentos biomédicos básicos, como todos os observadores interessados bem o sabem, **vêm aumentando numa velocidade espantosa**. Testemunham o crescimento da genética molecular e sua rápida aplicação para a compreensão e o diagnóstico das doenças. Cada vez mais percebe-se a **complexidade dos circuitos reguladores da resposta imune e da inflamação**, e já se conhece algo a respeito dos oncogenes e antioncogenes, assim como sua participação nas origens do câncer. Qualquer livro-texto de anátomo-patologia exige, portanto, **revisões periódicas** para se manter em dia com **esta ‘avalanche’ de novos dados** (s.p., grifos nossos).

Contudo, mesmo podendo parecer antagônico ou incoerente, as ideias que se faziam de complexidade e de processos etiológicos, passado pouco mais de uma década, bem poderiam ser complementares ao se abordarem a variabilidade e a complexidade dos processos dinâmicos dos sistemas. Yun et al.² levantaram a hipótese de que o declínio da amplitude dinâmica e da variação dos desafios ambientais podem contribuir para disfunções de saúde, e que a expansão judiciosa da amplitude de dinâmicas biológicas, que podem ser entendidas tanto por desafios impostos pelo meio quanto por adaptações auto outorgadas, podem ser benéficas. Sugerem, entre outros exemplos, que:

[...] a variação reduzida de esforços físicos, estressores ambientais e gradientes térmicos que caracterizam os estilos de vida modernos podem reduzir a amplitude dinâmica autonômica, resultando em variabilidade da frequência cardíaca reduzida e uma miríade de disfunções sistêmicas (p.174, tradução nossa).

Os mesmos autores também alertam para o fato de que a extensão pela qual nossos sistemas endógenos são dependentes de variações ambientais para sua auto regulação, e o impacto que a subutilização de mecanismos compensatórios tem sobre as funções biológicas, ainda não são bem conhecidos. Destacam, por outro lado, a função benéfica que práticas desportivas e atividades sociais e de lazer podem trazer para a recomposição desta variabilidade adequada, e lembram que

alterações em sistemas delimitados não se restringem a efeitos deletérios locais, mas poderão estar também envolvidos em disfunções metabólicas sistêmicas. Além disso, generalizando suas observações, antecipam os possíveis benefícios oriundos de abordagens terapêuticas e de estilo de vida que expandam, mais do que restrinjam, a amplitude de variedade dinâmica de várias atividades biológicas².

Entre os benefícios trazidos por estes avanços de tecnologias e de conceitos, encontramos uma modificação nos perfis de saúde em vários níveis populacionais e etários, particularmente enquanto percebidos como uma seta de evolução entrópica, seja no sentido fisiológico do pediátrico ao geriátrico, seja no sentido patológico do são para o enfermo. Estas condições de evolução poderiam ser consubstanciadas, entre outros, pelos indicadores de expectativa de vida e, mais particularmente, pela qualidade de vida.

Interessante notar que este padrão de evolução de indicadores não tem uma polarização social ou regional³, devendo ser adicionalmente levados em conta outros fatores responsáveis por esta mudança de perfil, com especial referência ao declínio tanto das taxas de fecundidade quanto das de mortalidade. Porém, em conjunto, tais declínios podem levar a um menor ingresso de jovens em populações que passam a viver períodos mais longos^{3,4}.

Quanto aos indicadores de qualidade de vida, em que pese restar ainda a consideração do referencial socioeconômico e cultural na definição destes padrões, as análises apontam na direção de um padrão internacional, tanto quantitativo quanto qualitativo que, em termos amplos, pode ser seguido pela população brasileira como um todo^{5,6}.

E, como consequência, é importante notar que uma transição bem sucedida desde o nascimento até o envelhecimento não consiste somente em um prolongamento da vida, e que os cuidados com estas populações podem desembocar em idosos mais saudáveis lado a lado com mais doentes idosos, com doenças próprias do envelhecimento passando a ganhar maior expressão no conjunto da sociedade⁷.

Vemos então, por outro lado, que esta melhora no padrão de qualidade e prolongamento de vida, propiciada pela evolução das opções terapêuticas, pode nos fazer confrontar com um outro problema de saúde pública, qual seja, o surgimento e a evolução de novas tecnologias e formas de tratamento, associados a um sem número de novas combinações entre o tradicional e o inovador.

Isto cria um ritmo vertiginoso de novas tendências e possibilidades que, no mais das vezes, podem acabar sem uma validação empírica ou uma confirmação científica. Novos quadros de morbididades e comorbididades, inseridos no contexto da melhora da qualidade de vida e do prolongamento cronológico da vida, exigem repertórios de esquemas terapêuticos, farmacológicos ou não, que apresentem constante evolução em termos de efetividade e eficácia.

E, como se estivéssemos fechando um ciclo com aquilo que já foi pontuado anteriormente, reconhecemos que variados conceitos de fisiopatologia e de etiopatogenia puderam entreter diversas linhas de entendimento dos processos de adoecimento, indo desde aqueles que advogam as patologias como entidades absolutas e pontuais¹, até aqueles que tentam entender a relação entre nossos sistemas endógenos e suas capacidades de variação em resposta aos desafios ambientais, em um processo de constante adaptação biofuncional e de compensação dinâmica².

Contudo, pelo próprio processo de desgaste progressivo dos sistemas biológicos e sua consequente fragilização, seja frente aos desafios do meio, seja ante a adaptação às suas idiossincrasias⁸, muitas vezes teremos o risco de iatrogenia como corolário destes mesmos esquemas terapêuticos, tanto por reações adversas de alguns medicamentos, quanto pelas ações muitas vezes antagônicas de fármacos presentes em uma mesma prescrição individual. A relevância destes efeitos pode ser destacada pela observação aos esforços envidados no sentido de uma prescrição racional de medicamentos, desde sua conceituação através de um guia da Organização Mundial da Saúde para a prática de uma boa prescrição⁹, até a inclusão de disciplinas acadêmicas nos programas dos cursos médicos visando este quesito específico. Ao avaliar a aplicação de uma destas disciplinas, Patrício et al.¹⁰ concluem que:

[...] esta disciplina é útil para o ensino da prescrição racional de medicamentos para estudantes de medicina, mas a assimilação dos princípios da prescrição racional de medicamentos pelo pessoal médico hospitalar parece ser um processo de longo termo que requer o envolvimento de um maior número de membros acadêmicos (p.62, tradução nossa).

Todavia, estes esforços no sentido de uma prescrição racional podem esbarrar em outros interesses que nem sempre se norteiam por critérios clínicos ou pela estrita precisão na indicação. Nos casos de solicitações por meio de ações

judiciais para obtenção de medicamentos, Chieffi e Barata¹¹ lembram que “[...] a maioria dos processos destina-se a garantir o acesso a medicamentos caros, sofisticados, de introdução recente na prática médica e, portanto, com pouco acúmulo de experiência no uso (p.425)”, e destacam o fato de que este acesso não se fundamenta exclusivamente nos possíveis avanços farmacológicos ou nos desejados benefícios terapêuticos, uma vez que:

Entre 1998 e 2002 foram aprovados os registros de 415 medicamentos pela FDA; destes, apenas 133 (32%) eram constituídos por novas moléculas. Dos 133, somente 58 eram drogas que apresentavam algum benefício superior aos medicamentos da mesma condição, cerca de 14% do total (p.423).

Neste contexto, o diagnóstico precoce de situações virtualmente nocivas ou de evoluções potencialmente ameaçadoras à saúde, ou das próprias situações iatrogênicas, se revestiriam de particular importância quando se consideram as possíveis medidas dentro da medicina social e da saúde pública.

Entre estas medidas, podemos destacar a “Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares” (PNPIC), publicada pelo Ministério da Saúde no ano de 2006¹². O referido programa vem brindar espaço a práticas terapêuticas que muitas vezes carecem de reconhecimento formal pela academia, em função da escassa documentação científica que possa justificar sua eficiência. Entre elas se incluem, ao lado de outras especialidades médicas reconhecidas, a homeopatia e a acupuntura, cujos mecanismos de ação energética têm estreita relação com as teorias quânticas¹³⁻¹⁶, e cujo alcance é também percebido amiúde por fontes diversas e insuspeitas, como sugere Rocha¹⁷ ao afirmar que “[...] terapias energéticas são validadas pelas metodologias de ponta. Observa-se o padrão de expressão de genes em resposta ao medo, a ansiedade, ao estresse, assim como a uma aplicação de acupuntura ou a um medicamento homeopático (p.161)”.

Destarte, a busca de novos desenvolvimentos tecnológicos, dando suporte a novas metodologias de investigação de fenômenos que apresentem características de evolução não lineares, pode se mostrar como um aliado no processo de avaliação e de manuseio de patologias e de tratamentos, tanto para diagnóstico quanto para prevenção, podendo ser aplicado tanto nos acometimentos em tenra idade quanto naqueles ligados às populações idosas ou em processo de envelhecimento, portadores ou não de patologias previamente diagnosticadas.

Contudo, esta discussão pode estender-se a outras instâncias, chegando a envolver o escopo e os desafios práticos e epistemológicos dos programas de pós-graduação. Estes, em termos gerais, envolvem infindáveis elementos e situações que remetem ao produto oferecido e ao processo do qual este emana, dando espaço a amplas reavaliações de objetos e retomadas de caminhos a serem trilhados.

Com a pós-graduação em Saúde Coletiva, isto não teria como ser diferente. Contudo, em função das idiossincrasias que compõem e envolvem o trato com o elemento sociocultural que age, a um só tempo, como deflagrador e receptáculo das ações e reações dos processos mais amplos, esta discussão precisa, obrigatoriamente, passar por outros caminhos e ser vista sob outros olhares.

Ao estudar a conjuntura e a demanda dos cursos de pós-graduação em Saúde Coletiva, buscando orientar os possíveis rumos que estes poderiam vir a tomar, Minayo^{18,19} evoca os pontos relevantes a serem considerados nesta empreitada.

Um aspecto enfocado é o da multidisciplinaridade que permeia a área, e das possibilidades de entrosamento dos vários ramos, quando considera que:

...No que concerne à qualidade dos cursos, foi **ressaltada a necessidade de articulação equilibrada dos saberes** que combinam **aspectos biológicos, psicológicos, sociais e ambientais**. Por ser **uma área eminentemente multidisciplinar**, foi suscitado um debate sobre a necessidade de existir um núcleo comum de conhecimentos e práticas (p.1900, grifos nossos)¹⁹.

Complementarmente, ao focar nas características de uma educação calcada em formação, reflexão, habilidades e criatividade, destaca os atributos que seriam esperados de mestrandos e doutorandos na área:

[...] **O mestrando e o doutorando em Saúde Coletiva precisam ser preparados para gerar, aperfeiçoar, dominar e empregar conhecimentos científicos e tecnologias, com o objetivo de produzir bens e serviços de qualidade e apropriados às necessidades de saúde no país. Desta forma é preciso investir numa completa revisão metodológica e de conteúdo, adequando os cursos às exigências históricas e é preciso desregular os excessos e tornar a Pós-Graduação mais flexível** (Minayo apud Minayo¹⁸, p.1900, grifo do autor)¹⁹.

Por fim, destaca o papel da inovação nos projetos pedagógicos e políticos, no sentido do desenvolvimento da ciência e da tecnologia, onde

“As ênfases são dadas ao investimento em inovação, à formação de recursos humanos e na popularização da ciência” (p.1901)¹⁹. E reforça a importância dos papéis da ciência, da tecnologia e da inovação como lembrados no próprio Plano de Ação de Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional²⁰, do Ministério de Ciência e Tecnologia.

Considerando-se este contexto voltado para a inovação e a tecnologia na formação da pós-graduação em Saúde Coletiva, a proposta do presente estudo estaria voltada para uma melhor compreensão dos recursos da teoria do caos e da complexidade como elementos diagnósticos em programas de saúde coletiva. A questão que se colocaria, então, seria a de se entender qual impacto poderiam ter as medidas não lineares e a geometria fractal na mensuração dos sistemas biológicos, e suas aplicações diagnósticas e terapêuticas nos vários grupos sócio etários a serem avaliados.

1.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1.1 Sistemas não lineares

Em termos fisicomatemáticos, os sistemas lineares se caracterizam por funções onde o gráfico de uma resposta pode ser representado por uma reta, indicando a proporcionalidade entre seus termos de entrada e de saída, enquanto que no sistema não linear a resposta plotada poderá ser regida por curvas de evolução exponencial ou logarítmica, sem proporcionalidade entre aqueles termos.

Aplicado às biociências, os sistemas não lineares seriam, grosso modo, aqueles cujas magnitudes de resposta não corresponderem linearmente às magnitudes de um estímulo inicial. Estas características, determinadas pela sensibilidade do sistema às suas condições iniciais e fazendo com que não haja proporcionalidade entre entradas e saídas, são melhor compreendidas e estudadas utilizando-se os conceitos da Teoria do Caos^{21,22,23}.

1.1.1.1 *Caos e Complexidade*

O caos é uma abordagem conceitual que se apoia igualmente na epistemologia e nas físicas e matemáticas para fundamentar suas interpretações e seus avanços.

Em termos de epistemologia, envolve uma visão de como sistemas complexos e dinâmicos podem se desenvolver em dependência das condições ditadas pelas possibilidades de cada momento do macrossistema como um todo, e com independência coerente dentro destas mesmas múltiplas possibilidades ditadas pelos arranjos de cada microssistema em particular. E de como o micro de agora poderá ser o macro de depois, assim como o macro de agora não existe sem os micros de antes.

E de como cada sistema, não importando se temporariamente micro ou macro, e beneficiado pela lógica do terceiro incluído, pode estar sob a tutela de diferentes níveis de Realidade, influenciando e sendo influenciado por tantas outras entranhas sistêmicas²⁴.

Percebe que não pode sucumbir à sedução do reducionismo dos sistemas simples, de limites cartesianos, sob o risco de perder os desdobramentos de uma realidade que cavalga outras incontáveis dimensões, em outros tantos níveis de realização. Ou seja, se recusa a negar aquilo que efetivamente acontece mas que, caprichosamente, pode escapar à compreensão, como se fora uma água corrente que teima em escorrer por entre nossos dedos rígidos e impotentes sem nunca deixar de ser água por não ter sido contida.

Entende que, para conseguir ver aquilo que hoje não lhe é visível, precisa mudar suas lentes e sua luz. E, talvez até mais difícil, mudar seus paradigmas! Tal como um caranguejo que se vulnerabiliza se não tiver a proteção de sua carapaça, mas que não pode crescer se não se desvencilhar de suas amarras restritivas, e sabendo que jogar fora a velha armadura será o preço de poder vestir uma nova malha.

Um paradigma usado aqui, não meramente com a face filosófica e conceitual sugerida e vulgarizada por Kuhn²⁵, mas em sua acepção mais crua e lexical de indicar os marcos verticais que só se definem por estarem apoiados na horizontalidade de um sintagma que sustenta a via de qualquer caminhada. Um

sintagma ontológico que só se justifica se trilhado for, e que só se reconhece sendo trilhado quando percebe seus paradigmas sendo atingidos e superados.

É um trilhar que não recusa estradas já pisadas por serem conhecidas, pois sabe que cada incursão naquela mesma velha estrada pode trazer novos destinos pela exploração de inusitadas e não dantes vistas paisagens, tanto quanto o teria o desbravador que se embrenha pela primeira picada.

E esta caminhada é uma das implicações do caos enquanto processo, enquanto dinâmico. Um dinamismo que não admite estagnação, como se um conceito de entropia fosse necessário, antes, apenas para ser negado. Pois que, se a entropia supõe um sistema fechado e sem trocas de qualquer ordem, reencontramos o caos a nos avisar que não existem sistemas totalmente isolados ou absolutamente fechados, e nos lembrando que sistemas podem ser microssistemas em um momento sem deixar de serem macrossistemas pouco antes, pouco depois, ou até no mesmo momento, dependendo do referencial. E que a entropia, enquanto metáfora de morte, nunca poderia mesmo ocorrer, pois que a própria morte pode carregar a agitação da vida enquanto se decompõe.

Em termos de físicas e matemáticas, tanto se apropria ecleticamente de princípios descartados pela rigidez das ortodoxias, quanto se apoia nas possibilidades abertas por propostas teóricas algo mais maleáveis e heterodoxas.

Resgata a segunda lei da termodinâmica de Boltzmann, tomando-a como fundamento para uma seta do tempo unidirecional, não reversível. Diz Prigogine²⁶ que:

[...] o primeiro cientista que enfrentou o paradoxo do tempo foi o físico austríaco Ludwig Boltzmann (1844-1906), o qual, em 1872, tentou dar uma justificação dinâmica “microscópica” para a seta do tempo da termodinâmica. Mas **seus estudos depararam com críticas ásperas**, que lhe reprovavam certa falta de lógica (p.17, grifo nosso).

Recupera os conceitos elaborados por Poincaré para entender as ressonâncias que determinam comportamentos divergentes nos extremos dos sistemas dinâmicos instáveis, e abre caminho para a “teoria KAM”, iniciada com o trabalho de Kolmogorov, continuado por Arnold e Moser. A seu respeito, comenta que a teoria KAM “[...] descreve a maneira como se transforma a topologia do espaço das fases para um valor crescente da energia. A partir de um valor crítico, o comportamento do sistema torna-se caótico: trajetórias vizinhas divergem ao longo do tempo” (p.45)²⁶. Ampara, então, os cálculos onde era impossível a eliminação das

interações nos sistemas ditos não integráveis deste modelo para sustentar a negação da simetria do tempo nos sistemas dissipativos.

Ao mesmo tempo, não elimina a presença de um “fator determinista” para o caos, e justifica que:

De fato, as equações de sistemas caóticos são deterministas, como o são as leis de Newton. E, no entanto, geram comportamentos de aspecto aleatório! Esta descoberta surpreendente renovou a dinâmica clássica, até então considerada um tema encerrado. Os sistemas descritos pela lei de Newton não seriam, pois, todos semelhantes (p.34)²⁶.

Supera a “galeria de monstros” das “curvas patológicas” de Koch e de Peano, e evolui nos fractais de Mandelbrot²⁷, que entendem os processos repetitivos e autopoieticos como fruto e semente de uma visão não linear. Superação carregada de nuances que Guerrini e Spagnuolo²⁸ destacam, ao indicar que os fractais “considerados os padrões do caos, vieram mostrar as ferramentas possíveis para se entender os padrões formados por sistemas naturais” (p.85). Ou ainda, como o pontua Prigogine²⁹, uma “formulação estatística das leis da natureza requer um novo arsenal matemático, em que as funções generalizadas, os ‘fractais’ⁱ, como Mandelbrot os chamou, desempenham um papel importante” (p.41).

Beneficiado pelos recursos franqueados pelo desenvolvimento cibernético, aprofunda as explorações das condições iterativas de algoritmos de evolução exponencial, impensável para as mentes antes privadas destes recursos da informatização.

Aproveita-se do princípio da incerteza dos conceitos quânticos para melhor usufruir das probabilidades de concretização das possibilidades inerentes a cada sistema, ou a cada conjunto de sistemas.

E, destas incertezas, arranca a compreensão dinâmica das propriedades emergentes que, tal e qual gatos de Schrödingerⁱⁱ, só se revelam integralmente ao se colapsarem as possibilidades do conjunto, mas que já podem ser intuídas ou estimadas através da adaptação dos sistemas em eventos anteriores³⁰. Corresponderia a uma articulação da interação dinâmica de um conjunto de partículas com a estrutura da matéria macroscópica que delas resulta. Neste

ⁱ A geometria fractal, como será explanado a seguir, envolve um conceito de interpretação da evolução dos sistemas dinâmicos, tanto por seu padrão repetitivo de evolução quanto por adotar dimensões em números fracionários, em oposição às dimensões em números inteiros da geometria euclidiana.

ⁱⁱ O “gato de Schrödinger” é um experimento mental que permite a discussão de elementos conceituais de um sistema dinâmico sem a efetiva realização do procedimento.

sentido, as transições de fase dos estados, como do líquido ao gás ou do sólido ao líquido, podem descrever estas condições.

A este respeito, Prigogine²⁹ comenta:

A existência das transições de fase traduz, portanto, uma propriedade emergente, irreduzível a uma descrição em termos de comportamentos individuais. Ela ilustra os limites da atitude reducionista, que levaria a negar a sua possibilidade, sob o pretexto de que ela não teria nenhum sentido no nível das partículas individuais. As partículas individuais não são nem sólidas nem líquidas. Os estados gasosos, sólidos e líquidos são propriedades de conjunto das partículas (p.49).

Mas, acima de tudo, seja por vias epistemológicas ou técnicas, segue-as sem se restringir aos limites e amarras da fragmentação da disciplinaridade cartesiana³¹. Sempre estará aberta a uma melhor e mais profunda exploração de múltiplos conteúdos racionais e conceituais, onde cada disciplina isolada seja apenas um caminho para o diálogo interdisciplinar estendido a seus derradeiros limites, abrindo a possibilidade para a transposição destes limites em uma disposição transdisciplinar, olhando entre as disciplinas e através delas, buscando entender todas as faces e nuances do objeto a ser decifrado²⁴.

1.1.1.2 Geometria fractal

A geometria fractal é um conceito desenvolvido pelo matemático polonês Benoit Mandelbrot²⁷, e envolve uma importante mudança nos moldes de como se pensava e se praticava a matemática e a geometria do pós Segunda Guerra.

O peso de sua repercussão pode ser estimada nas palavras de Bak³², quando afirma:

A importância do trabalho de Mandelbrot se compara àquela de Galileu, que observou que os planetas orbitam o Sol. Na mesma proporção em que as leis de Newton são necessárias para explicar os movimentos planetários, uma estrutura teórica geral é necessária para explicar a estrutura fractal da Natureza. Nada nas leis gerais da física previamente conhecidas aponta na direção de uma emergência dos fractais (p.21, tradução nossa).

Necessitou o impulso de computadores de maior potência, com processadores capazes de executar extensos e complexos algoritmos, em um exercício que era impensável para seus pares na primeira metade daquele século^{33,34}.

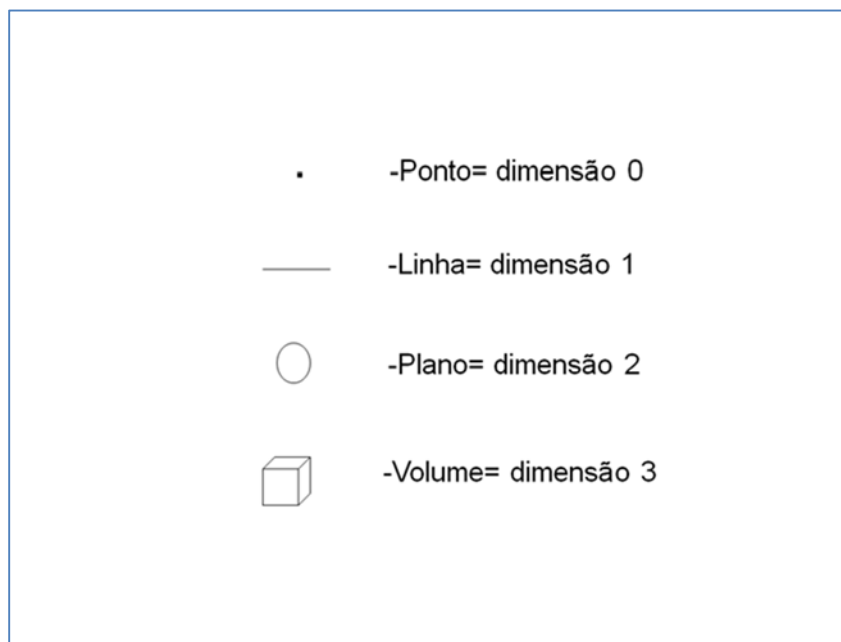
Parte de um conceito de certa forma trivial. Entende que todos os processos da Natureza são dinâmicos e que, para se desenvolverem, dependem de sua capacidade de repetir os passos de seus antecessores, tanto por praticidade quanto por economia. Esta repetição necessita um modelo para dar forma a seus produtos, que terão a capacidade de dar forma a novos produtos.

À repetição dá-se o nome de **iteração**, o modelo é chamado de **autossimilar**, o produto se conhece como **fragmento**, e ao moto que sustenta este processo se nomeia como **atrator**. E aí temos o **fractal**, que nada mais é que um **sistema** em **iteração** orientada por um **atrator** que produz **fragmentos** que apresentam **autossimilaridade** entre si.

Evidentemente, esta idéia tão simples tem uma correspondente sustentação matemática, que se desenvolve a partir da percepção da inadequação das chamadas dimensões euclidianas, e de sua flagrante impropriedade quando se tratava de representar sistemas em desenvolvimento^{27,34}.

Como podemos observar na figura 1.1, a geometria euclidiana engessava suas formas em dimensões inteiras.

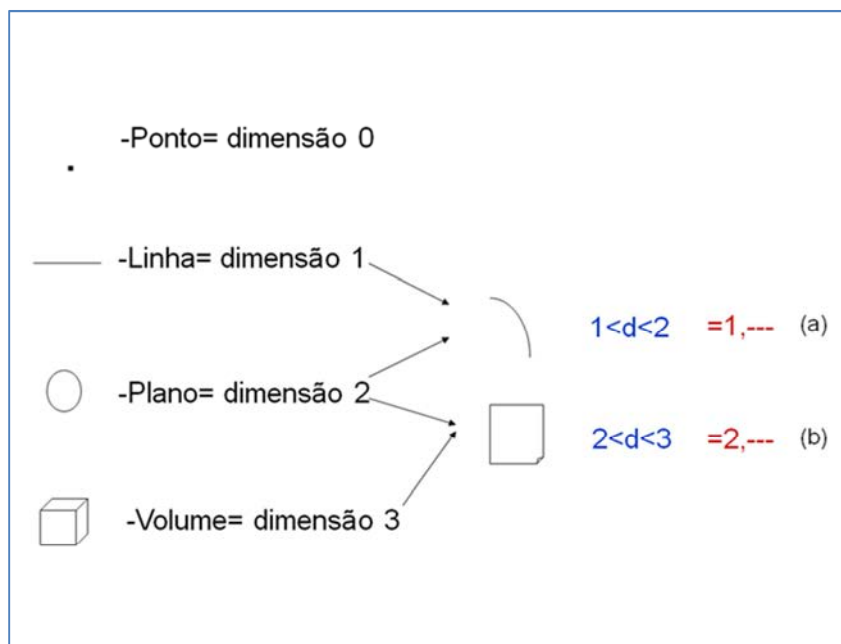
Figura 1.1 – Geometria Euclidiana (as dimensões são números inteiros).



Fonte: material elaborado pelo autor, 2013

Mas a questão que se apresentava quando se consideravam os sistemas dinâmicos era de como seriam caracterizadas as dimensões que estivessem em fases transitórias entre estas formas encerradas. A solução fracionária, como visto na figura 1.2, era a forma de se adequar este comportamento intermediário.

Figura 1.2 – Geometria Fractal (as dimensões são números fracionários).



Fonte: material elaborado pelo autor, 2013

A este respeito, Mandelbrot²⁷ afirma:

De maneira mais geral, eu afirmo que muitos padrões da Natureza são tão irregulares e fragmentados que, comparada à *Euclidiana* – um termo usado neste trabalho para denotar tudo da geometria padronizada – a Natureza exibe não simplesmente um mais alto grau, mas um nível totalmente diferente de complexidade. O número de distintas escalas de extensão dos padrões naturais é, para todos os propósitos práticos, infinito (p.1, tradução nossa).

Esta noção de uma dimensão que era intermediária entre várias formas, finais ou transitórias, encontrava aplicação nas situações mais inusitadas, com uma ubiquidade desconcertante. Ela podia estar nas pétalas de uma flor, nos ramos de uma árvore, nos recortes de um mapa costeiro ou, virtualmente, onde nossos olhos e nossa sensibilidade fossem capazes de encontrá-la.

Mas, acima de tudo, era um modelo que se adequava à descrição e à mensuração de processos dinâmicos, fosse nos seus parâmetros espaciais, fosse nos seus parâmetros temporais. Morfologia e função podiam ser descritas e

caracterizadas, em sua condição individual ou em sua interação grupal, enquanto parte e enquanto todo.

Outro aspecto interessante do conceito de fractal é que a sua condição de autossimilaridade lhe permite representar o objeto em inúmeras formas, sem deixar de manter sua essência. Representações gráficas, polinomiais, sonoras (a música é um fractal!)^{32,35}, entre outras, podem se entremear e se interconectar em um bailado contínuo de alternâncias recíprocas.

Isto nos permite interpretar um sinal de eletroencefalograma como um conjunto ritmado de pulsos elétricos ou como um desenho traçado sobre uma tela, e deles tirar uma mesma informação através da dimensão fractal de cada um. Isto, porque a condição de autossimilaridade que rege o desenvolvimento do fractal vai se apresentar em todos os níveis e em todas as formas de expressão, seguindo a orientação de iteração do atrator, apesar de trazer embutida uma aparente sensação de aleatoriedade. Ou, como sugere West²³, os “atratores estranhos possuem propriedades que podem relacionar a geometria dos fractais às dinâmicas do caos” (p.106, tradução nossa).

E nossa tarefa, ao trabalhar com o conceito de fractal, é justamente a de estar sempre atento e buscando os padrões de repetições dos sistemas, com seus possíveis e virtuais atratores, em todas as suas nuances e sutilezas, tanto daqueles que nos saltam aos olhos quanto daqueles que insistem em se camuflar.

Mas o fato é que este tema é veramente interessante! Por um lado, por ele mesmo, ao desvendar um mecanismo absolutamente simples, dentro de um universo externo complexo. Por outro lado, ao abrir nossa percepção para o nosso universo interno, talvez até mais complexo, que com ele forma um todo lógico e fascinante. Por isso, quem sabe, a compreensão do conceito de fractal possa ser somente uma parte do nosso melhor entendimento de nós mesmos, inteiros, ao mesmo tempo que fractais!

1.1.1.3 Aplicações dos conceitos de fractal e de não linearidade

Ao se considerarem as possibilidades de aplicações destes conceitos, não devem ser esquecidas a dimensão fractal nos vários ramos da medicina, as medidas não lineares e as possibilidades preditivas nas abordagens médicas

(incluindo a das medicinas energéticas), além do caos e da complexidade como base aglutinadora das abordagens transdisciplinares²⁸.

Assim, apesar de aparentemente fugirem do escopo deste estudo, estas condições têm relação íntima e inequívoca em um âmbito mais amplo^{24,30}.

Também aqui, é interessante notar-se que a utilização destes conceitos é relativamente recente, com os primeiros trabalhos remontando às três últimas décadas do século passado, e apresentando cada uma delas as suas próprias fases características de evolução.

Em um primeiro momento, o foco estava voltado para os promissores recursos diagnósticos que seriam oferecidos pela interpretação das dimensões fractais presentes na condição estudada. Contudo, com a evolução das análises, percebeu-se que a dimensão fractal por si só não poderia responder por características intrínsecas e não exclusivas do sistema estudado. Peitgen et al.³³, abordando pelas ciências exatas e computacionais, também identificam esta como uma das limitações da dimensão fractal. Dizem eles:

O conceito de dimensão fractal inspirou os cientistas a uma grande quantidade de interessantes trabalhos novos e especulações fascinantes. Realmente, pareceu por um momento que as dimensões fractais nos permitiriam descobrir uma nova ordem no mundo das estruturas e dos fenômenos complexos. Esta esperança, contudo, foi abafada por algumas severas limitações. Uma delas, é que existem muitas dimensões diferentes que oferecem diferentes respostas (p.215, tradução nossa).

Isto vem ensejando uma transição, que passa da interpretação pura e simples de medidas estáticas, para a comparação mais aprofundada das fases dinâmicas e dos comportamentos dependentes das propriedades emergentes inerentes aos sistemas complexos e adaptativos.

Mas é sempre bom lembrar que este caminho ainda se encontra em construção, e que novos desdobramentos deverão ampliar e enriquecer as ricas possibilidades de avaliação e análise, assim como a evolução de técnicas e de equipamentos adequados a cada situação particular.

1.1.1.3.1 Utilização da dimensão fractal em outros ramos da medicina

Tomando-se este referencial, é possível se identificar tanto as aplicações em séries temporais quanto em imagens, desde que se tenha o olhar treinado para a identificação dos padrões de repetição inerentes aos sistemas estudados.

As séries temporais, por sua própria essência de periodicidade tanto no domínio do tempo quanto no domínio da frequência, nos oferecem marcadores mais óbvios para estes padrões, facilitando os critérios de controle e de classificação, conforme demonstrado por Eke³⁶.

Porém as imagens, quando tomadas em momentos sequencialmente diferentes, também podem ser utilizadas como parâmetro marcador de evolução de sistemas, seja a nível morfológico ou funcional, como o mostra Smith Jr³⁷.

As imagens utilizadas para análises morfológicas podem ser oriundas igualmente de fotografias digitalizadas ou de documentações radiográficas.

O trabalho de Cordaro³⁸ acerca da documentação e análise de mudanças morfofuncionais da camada epidérmica, e o trabalho de Carmona³⁹ mostrando diferenças estruturais no peritônio de ratos diabéticos quando comparados ao de ratos saudáveis, são instâncias da utilização de fotografias digitalizadas.

A digitalização de imagens também foi utilizada por Lahav⁴⁰, que mostrou o potencial deste recurso ao avaliar características morfológicas de células leucêmicas, e por Moreira⁴¹, na avaliação de rejeição celular pós transplante cardíaco.

Com relação às imagens radiográficas, temos a demonstração da evolução de acometimento osteopênico pela rarefação do tecido ósseo, a partir dos estudos conduzidos por Chappard⁴². Este autor utiliza a variação da dimensão fractal ligada à arquitetura óssea para demonstrar o padrão de desenvolvimento de condições estruturais, abrindo caminho para a análise tanto dos padrões fisiológicos quanto dos padrões patológicos de evolução.

Quanto ao uso das imagens a nível funcional, Piquemal⁴³ nos demonstra a estrutura espacial das células sanguíneas em reação com o cloreto de cobre, formando padrões patognomônicos de lesões e de estruturas orgânicas acometidas, numa verdadeira “memória” do sangue para a identificação de acometimentos locais e à distância, em seus diversos estados de evolução.

1.1.1.3.2 Medidas não lineares e possibilidades preditivas em abordagens médicas

Por este referencial (incluindo aqui as medicinas energéticas), encontramos ensaios diversos, que vão desde a variabilidade da frequência cardíaca (VFC) até o comportamento fractal do EEG, passando pela conformação espacial de moléculas em soluções variadas e pela caracterização de perfil sociodemográfico.

Os estudos com VFC já demonstram seu potencial preditor da ocorrência de fibrilação ventricular e de mortalidade pós infarto⁴⁴, ou de síncope no envelhecimento⁴⁵, entre outros. Em nossos trabalhos em associação com Godoy e Fonseca^{46,47}, demonstramos alterações agudas na VFC ao agulhamento em ponto de acupuntura, assim como o comportamento de estabilização deste parâmetro ao tratamento de médio prazo por acupuntura.

Miranda¹⁴ utilizou impedanciometria em soluções dinamizadas de cloreto de sódio e cloreto de lítio para demonstrar variações de resposta em preparos homeopáticos cuja diluição é da ordem de 10^{-29} , abrindo caminho para avaliação de diluições dinamizadas que, a rigor, são destituídas de matéria, uma vez que superam a constante de Avogadro ($6,02 \times 10^{23}$).

Em uma abordagem de cunho predominantemente sociológico, que pouco se ateve a características morfofuncionais ou etiopatogênicas, Philippe⁴⁸ demonstrou o padrão fractal de distribuição espacial geográfica de portadores de leucemia em comunidades específicas, deixando claro que o alcance de utilização desta ferramenta não se restringe somente a aspectos técnicos ou fisiopatológicos.

1.1.1.3.3 Caos e complexidade como base aglutinadora da transdisciplinaridade

Finalmente, quanto a este outro referencial possível, é necessário que se entenda que uma nova disciplina que se fundamente nos elementos próprios de outras disciplinas constituintes tenha, como seu domínio, uma rede tecida a partir de todo e cada elemento inerente a cada disciplina individual e compartimentalizada.

Com uma tal formação entende-se, também, que todo elemento desenvolvido a partir da nova disciplina poderá passar a ser um novo constituinte

enriquecedor das disciplinas de base, em um caminho de mão dupla para as contribuições mútuas.

Incursões de médicos em paragens quânticas como Godoy²¹ e Sant'Ana³⁰, em paralelo a incursões de físicos em rincões médicos como Carrega⁴⁹ e Goswami⁵⁰, levando à busca de uma linguagem compartilhada por códigos e signos equivalentes, poderiam ser mais a regra do que a exceção.

Assim, o estudo matemático dos sistemas biológicos e a organização da informação daí advinda, não permite que pessoal das áreas matemáticas, biológicas e das tecnologias da informação, para se dizer um mínimo, atuem em iniciativas isoladas, como se fossem recintos estanques. Por outro lado, uma melhor compreensão do componente biológico permitirá ao matemático uma melhor contextualização do seu arsenal teórico, que poderá contribuir para uma readequação dos conceitos lógico matemáticos aos recursos computacionais, que darão apoio à análise mais refinada de sistemas biológicos, não somente fechando um ciclo, mas dando espaço e elementos para novas retomadas.

Em outras palavras, as disciplinas devem se desenvolver, elas próprias, como sistemas complexos dinâmicos e adaptativos, e se comportar, enquanto elementos constituídos a partir das condições caóticas da interação entre os sistemas, como um conjunto de possibilidades que se desenvolvem com componentes, a um mesmo tempo, probabilísticos e determinísticos.

As condições para estimular uma tal iniciativa e abrir espaços para discussões saudáveis neste sentido, já vem se esboçando e tomando forma em várias instâncias, entre elas projetos de implementação de programas transdisciplinares em âmbitos variados, como evidenciado nas propostas de Almeida Filho⁵¹ e de Guerrini e Spagnuolo²⁸.

1.1.2 Eletroencefalografia

A eletroencefalografia (EEG) é um método bem conhecido e versátil de obtenção de informações acerca de aspectos neurofuncionais do cérebro, aliado a um baixo custo e a uma ampla e variada gama de uso.

Considerando o padrão de comportamento das ondas do EEG, e sua característica de repetição e de autossimilaridade, buscamos determinar a

possibilidade do uso deste equipamento para a avaliação dos efeitos da acupuntura, e sua confiabilidade como ferramenta de avaliação da condição inicial e na evolução dos tratamentos por esta técnica terapêutica.

A avaliação de padrões de evolução de traçados de EEG através do uso da geometria fractal já vem sendo utilizada em alguns estudos de nossa lavra, com algum ganho sobre a avaliação somente visual pelo neurofisiologista, uma vez que pode fornecer um parâmetro numérico^{52,53}.

Variadas condições clínicas puderam ser identificadas ou diferenciadas com a informação fornecida pelas dimensões fractais (DF) de diferentes trechos do traçado do EEG sob a ação de pontos auriculares de acupuntura. Entre elas, podemos destacar a identificação de atividade cortical voluntária em pacientes com dor em membro fantasma⁵⁴, a identificação de mudanças de fase de atividade elétrica⁵⁵, a comparação de tratamento de dois casos de gastrite através de pontos de acupuntura de diferentes regiões auriculares⁵⁶, um caso de avaliação longitudinal de tratamento de migrânea⁵⁷, e a possibilidade de previsão de evolução clínica pelo comportamento prévio da DF⁵⁸.

Os referidos estudos tiveram crianças e adultos jovens em sua casuística, não havendo ainda a mesma aplicação para grupos mais provectoros.

Com relação à escolha da avaliação através da DF do EEG, devemos considerar que, ainda que a terapêutica por pressão ou puntura simples permitam nível adequado de estimulação para a maioria das situações e patologias, ainda não dispomos de métodos com suficiente sensibilidade para a mensuração destes estímulos a nível de sistema nervoso central (SNC), tanto na via aferente quanto na via eferente. Em outras palavras, ainda se carece de evidências obtidas através de estudos dirigidos e controlados, que possam corroborar essas observações clínicas de forma documental por parâmetros mensuráveis.

Entre os possíveis métodos atualmente disponíveis para registros e mapeamentos dos pontos de acupuntura ao nível do SNC, encontramos a tomografia por emissão de pósitrons (PET Scan), e a ressonância nuclear magnética funcional (RNMf). Contudo, apesar de sua grande versatilidade, estes métodos apresentam custo elevado, inviabilizando sua utilização rotineira, tanto para 'screening' quanto para controle de evolução terapêutica. Uma alternativa a estes métodos seria o eletroencefalograma (EEG) que, apesar de poder oferecer vantagens operacionais e de custo, ainda carece de estudos amplos e controlados.

O EEG é um método laboratorial que permite a avaliação da bioeletrogenese cerebral a partir de ondas geradas no encéfalo cortical e sub-cortical, dando acesso a sua classificação topográfica e morfológica através de representação por ondas. Sua aplicação estende-se tanto ao diagnóstico quanto ao seguimento de terapêuticas instituídas de situações que envolvam direta ou indiretamente o Sistema Nervoso Central.

Complementarmente, sabemos que a ação da acupuntura corresponde a uma neuromodulação, que ocorre por meio de correspondências entre conexões das estruturas somáticas e/ou de microssistemas com áreas encefálicas correspondentes, por meio de vias nervosas específicas levando a uma interligação polissináptica sistêmica que pode resultar na estimulação de variadas funções através de múltiplos órgãos alvo. Esta forma de neuromodulação, progressiva e cumulativa, determina a formação de novos circuitos neuronais, integrando as mais variadas funções.

Neste sentido, por ser a acupuntura esta forma de neuromodulação, podemos supor que efeitos cumulativos provocados durante o tratamento por acupuntura sejam registrados pelo SNC, e possam ser identificados pela análise fractal do EEG, o que poderia vir a constituir nova ferramenta na pesquisa e integração das medicinas, tanto a nível diagnóstico quanto preventivo, com repercussões positivas nas políticas de saúde pública de atenção a todas as faixas etárias, dos neonatos aos idosos.

Por outro lado, já dispomos de material próprio de avaliações clínicas por dimensão fractal (DF) do EEG, que nos permitem traçar um panorama do atual estado da arte, enfocando tanto os resultados já obtidos, quanto propondo novos desdobramentos técnico-teóricos de futuras abordagens de pesquisa.

De acordo com os casos já estudados por nós⁵²⁻⁵⁹, pretendemos consolidar uma metodologia de obtenção e interpretação de dados não lineares, consistentes com as tecnologias disponíveis no presente e gerando subsídios para seus possíveis aperfeiçoamentos futuros.

Porém, é importante frisar que os ganhos de uma tal metodologia não se restringem somente à acupuntura, mas que sua aplicação pode se estender a outros ramos das ciências médicas e biológicas^{23,30}.

Este aspecto é de grande importância, quando consideramos a necessidade de se dispor de maior cientificidade para os estudos em acupuntura,

promovendo sua complementação com a medicina ocidental, e visando sua integração mais profícua e integral às bases da PNPIIC. Esta integração enfatizaria sua utilização nos programas de saúde coletiva e nas ações de promoção da saúde.

Os resultados obtidos por aqueles que nos antecederam nesta senda, apontam em várias direções passíveis de aprofundamento.

1.1.3 Acupuntura / Medicina Tradicional Chinesa

A acupuntura é um sistema independente dentro da Medicina Tradicional Chinesa (MTC) e sua aplicação atual não se restringe apenas ao tratamento inespecífico das enfermidades através de pontos auriculares ou sistêmicos, mas se estendem também ao diagnóstico energético e morfológico de morbidades ao nível sistêmico correspondente^{15,16,60}.

Através da acupuntura podemos tratar uma ampla gama de enfermidades, entre as quais encontramos aquelas de caráter funcional com fundo neurótico e psicótico, e aquelas de caráter estrutural. Entre as primeiras podemos citar as cefaleias, neurastenia, depressão, insônia, ansiedade, outros sintomas neurológicos. Entre as segundas, as cervicalgias, lombalgias, ciatalgias, mialgias, dismenorreias, dispepsias, úlceras gástricas e duodenais, gastrite, colecistite, enfermidades cardiovasculares, hipertensão arterial, enfermidades do aparelho genitourinário, entre outras. Todas estas manifestações, além de muitas outras, podem fazer parte do repertório sindrômico e de comorbidades tanto da população jovem quanto daquela em processo de envelhecimento¹⁵.

O tratamento por acupuntura, por sua característica eminentemente preventiva, não aborda o indivíduo pelo lado de se evitar a fragilidade, mas sim pelo lado do desenvolvimento e da manutenção da resiliência^{61,62}. É uma diferença sutil, mas para se evitar a fragilidade é necessário que sempre estejamos esperando que os eventos negativos, do adoecimento ao êxito letal, não se manifestem, enquanto que desenvolver e manter a resiliência é sempre uma atitude positiva que tem repercussão imediata e reflexo direto na qualidade de vida do indivíduo. Seria como comparar as condições de 'impedir a morte' e de 'investir na vida'.

A MTC é uma prática médica de promoção da saúde, antes de ser um combate à doença. Neste sentido, vale lembrar que a doença só virá a se manifestar caso a prevenção não tenha sido presente ou adequada⁶³.

No caso particular da acupuntura, que consiste em um dos ramos de ação da MTC, sabe-se que sua utilização apresenta reconhecidos resultados terapêuticos clínicos em variada gama de doenças ou estados mórbidos, em um sentido estrito, assim como ação preventiva genérica de promoção e preservação da saúde, em um sentido mais amplo^{15,16}. Aliás, apesar de ser este aspecto preventivo muito mais importante do que o aspecto meramente curativo, é ele frequentemente deixado de lado pela tendência mecanicista e racional da lógica cartesiana ocidental.

No caso da MTC, a prevenção tem importância primordial, a ponto de se fazer o diagnóstico das patologias quando elas ainda se encontram ao nível de manifestação energética. Isto se deve ao fato de que as alterações energéticas podem anteceder as manifestações funcionais (e.g., algias, malestares, alterações de sono, etc.) em até 5 anos, e as alterações morfológicas (e.g., imagens radiológicas, deformidades, etc.) em até 10 anos^{16,64,65}.

Desta forma, se iniciarmos a abordagem terapêutica assim que identificadas as alterações energéticas, poderemos estar evitando que o problema evolua para uma manifestação funcional futura e, conseqüentemente, evitando a alteração morfológica tardia. Porém, se as alterações morfológicas não aparecerem, é difícil afirmarmos que isto ocorreu em função da ação preventiva da terapêutica energética, uma vez que não dispomos de marcadores suficientemente sensíveis para detectar ou mensurar as nuances sutis, ao nível da energia, permitidas pela semiologia da MTC^{30,60-62}.

Esta condição poderia nos levar a acreditar que a virtude dos métodos de pesquisa cartesianos estaria em sua capacidade de comprovar a ineficácia da homeopatia ou da MTC. Porém, o que ocorre é o oposto, ou seja, os métodos cartesianos são incapazes de avaliar a ação e a eficácia das modalidades de medicina energéticas.

Um resultado disto é que as abordagens lineares e fragmentadas tradicionais vêm sendo enriquecidas por uma visão transdisciplinar e integrativa, seja da geometria euclidiana para a geometria fractal²⁷, seja da física newtoniana para a física quântica^{13,14}, seja dos sistemas simples para os sistemas complexos^{26,29,66}.

Em realidade, a aplicação da acupuntura, tanto a nível diagnóstico quanto terapêutico, está basicamente calcada no princípio de microssistema(s) em relação de *continuum* bidirecional com macrossistema(s) (e.g., célula<>órgão, órgão<>corpo, corpo<>planeta, planeta<>cosmo, etc., em suas combinações possíveis).

Se a isto somarmos o fato de que a aplicação das técnicas de acupuntura promovem respostas não lineares dentro dos sistemas psicossomáticos complexos a ela submetidos^{46,47,52,54}, podemos inferir que os efeitos advindos do tratamento por acupuntura, tanto imediato quanto de médio/longo prazo, devem obedecer a comportamentos que sejam melhor estudados se abordados pela Teoria do Caos²¹.

Esta abordagem deve ser encarada dentro de uma dinâmica própria da adaptabilidade dos sistemas complexos, e tendo a geometria fractal^{27,67,68} como uma de suas ferramentas.

A opção pela inclusão do estudo da acupuntura reside no fato de que, através desta prática terapêutica, é possível se avaliar determinados aspectos clínicos e fisiológicos, independentemente da utilização de fármacos habitualmente usado pelos pacientes. Não seria necessário, *a priori*, que houvesse alterações de qualquer ordem nas prescrições orientadas pelos clínicos.

Essa aplicação terapêutica é ampla e diversificada, e compõe-se de várias formas de abordagem para seleção dos pontos de acupuntura, sejam eles sistêmicos (e.g., pontos dos meridianos, pontos fora dos meridianos), sejam eles de microssistemas (e.g., auriculares, escalpeanos, plantares, palmares, entre outros).

De forma semelhante, existe grande repertório de técnicas a serem consideradas para a utilização dos pontos, desde a seleção das técnicas de agulhamento e a própria manipulação das agulhas, complementados ou não por estimulação elétrica, até as técnicas de estimulações sem agulhas (e.g., moxabustão, laser, tuíná).

Contudo, embora as técnicas da acupuntura sejam milenares, e sua eficácia venha sendo confirmada por inúmeras evidências empíricas, ainda são relativamente poucos os estudos científicos disponíveis em publicações de maior impacto. Por outro lado, presenciamos uma tendência de aumento progressivo, ainda que incipiente, do uso de metodologias não lineares nos estudos com acupuntura. Porém, esta linha de pesquisa ainda se encontra em suas fases iniciais de desenvolvimento e sedimentação.

Além disso, com a implantação da PNPIC no país, torna-se de capital importância que mais estudos sejam realizados nesta área, tanto para que se possa fortalecer esta política, quanto para se disseminar as imensas possibilidades de aplicação neste campo, em especial na Atenção Primária à Saúde.

1.2. REVISÃO DA LITERATURA

Na literatura envolvendo os princípios tradicionais chineses e medicina energética encontramos poucas referências a procedimentos específicos com EEG, seja na avaliação durante o agulhamento, seja no seguimento do paciente tratado. De qualquer forma, nosso interesse em relação a estes estudos direciona-se mais a seu potencial de controle de parâmetros de evolução, do que ao desfecho clínico propriamente dito ou às características de funções de pontos.

Quanto à aurículo medicina, temos referências ao diagnóstico e terapêutica nos livros de Huang^{64,65}, calcado basicamente na vivência da autora. Não se encontra, contudo, um trabalho específico de seguimento científico dos pacientes com utilização de EEG. Esta lacuna ainda não foi adequadamente suprida por trabalhos devidamente controlados.

Poucas referências à utilização do EEG associados à acupuntura são encontradas na literatura médica, onde vários tipos de terapia ou seguimento são analisados, como veremos a seguir.

Litscher⁶⁹ avaliou o estado clínico de sedação através das medidas de entropia de resposta (ER) e de entropia de estado (EE) obtidas através do EEG em pacientes submetidos a estimulação de pontos de acupuntura por agulha ou por laser. Aplicação e estimulação em pontos especiais de sedação fizeram diminuir significativamente, tanto a ER quanto a EE, quando comparados com o intervalo de referência antes da acupuntura, levando-os a concluir que esquemas específicos de acupuntura produzem efeitos específicos, reproduzíveis e quantificáveis nos parâmetros de entropia no EEG.

Em outro estudo, o mesmo Litscher⁷⁰ avalia os efeitos centrais e periféricos de pontos de acupuntura estimulados por laser. O estudo documenta as mudanças significativas na microcirculação periférica e na temperatura da superfície

cutânea correlacionadas a mudanças específicas na velocidade do fluxo sanguíneo cerebral após a estimulação dos pontos.

A avaliação dos efeitos da acupuntura na oxigenação dos tecidos cerebrais foi abordada também por Litscher et al.⁷¹ em um estudo que associa oxímetro, Doppler sonografia transcraniana, e colocação de microeletrodos no córtex para a monitoração e a mensuração da saturação de oxigênio do cérebro.

Em todos estes trabalhos se enfatiza a importância da quantificação dos efeitos fisiológicos da acupuntura através de medidas de EEG, porém somente na primeira situação se tentou correlacionar os traçados sob o uso de acupuntura com abordagens específicas ligadas ao domínio do caos (no caso, analisando as entropias).

Hui et al., em estudo com RNMf, traçou correlações da ação da acupuntura no tronco cerebral humano com a VFC, porém também sem abordar sob o contexto do caos e da complexidade⁷². O mesmo grupo adota a RNMf em outros estudos para avaliação das conexões cerebrais a nível sensorial associado à VFC⁷³.

No tocante especificamente às técnicas do domínio do caos, encontramos várias abordagens, predominando aquelas direcionadas para a análise da VFC. Também em Litscher encontramos referências quanto à utilização da VFC como elemento da abordagem da acupuntura pela bioengenharia⁷⁴.

Há aquelas considerando o aspecto técnico, abordando comparações da complementaridade entre acupressão e agulhamento⁷⁵, ou comparando as respostas fisiológicas com utilização de eletroacupuntura (EA) nos pontos⁷⁶ ou com acupressão⁷⁷. Há também considerações quanto ao uso de injeção de substâncias nos pontos de acupuntura⁷⁸, ou ao uso do laser⁷⁹.

A nível metodológico, temos comparação entre acupuntura em pontos reais e placebo⁸⁰, avaliação por microssistemas⁸¹, mesmos sujeitos como controle (D1) e estudo (D2) em fases diferentes^{82,83} ou VFC de grupo de estudo em comparação com grupo controle⁸⁴, e eletroacupuntura em modelo animal⁸⁵.

Ao nível das patologias, encontramos a investigação dos efeitos autonômicos da acupuntura na migrânea pela VFC⁸⁶, patologia ocidental e fisiologia energética⁸⁷.

Complementarmente, abordagens diversas, relacionando a análise espectral de potência, com utilização de pontos específicos e comparação de padrões pós tarefas⁸⁸, VFC determinado por fatores diversos com aumento ou

diminuição da variabilidade autonômica modulada por atividades do dia a dia, inclusive as terapêuticas⁸⁹, ou a relação funcional da estimulação vagal com ponto “antiemético”⁹⁰ também fazem parte das referências.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAIS

- a. Demonstrar as potencialidades do uso de metodologia baseada em técnicas não lineares e do domínio do caos para fins diagnósticos, terapêuticos e preventivos.

2.2 ESPECÍFICOS

- a. Desenvolver parâmetros de mensuração não linear, por meio da dimensão fractal do traçado de EEG.
- b. Identificar instâncias clínicas da aplicabilidade de técnicas não lineares em serviços públicos de saúde.
- c. Estimar possíveis desdobramentos futuros resultantes desta mudança de referencial envolvendo as estruturas dos sistemas em suas características dinâmicas e as estruturas cooperativas das interconexões transdisciplinares.

3 MÉTODO

O presente estudo utiliza os dados obtidos no projeto de pesquisa inicial intitulado '*Avaliação da sensibilidade do EEG na mensuração das alterações agudas e crônicas determinadas por estimulação de pontos auriculares de acupuntura*'. O referido projeto foi aprovado pela comissão científica do Hospital Estadual Bauru (HEB) (anexo A), e autorizado por competente comitê de ética em pesquisa (CEP) (anexo B).

Foram incluídos no trabalho, em caráter voluntário e mediante assinatura de termo de consentimento livre e esclarecido, pacientes ligados aos programas institucionais de seguimento do HEB, com diagnóstico clínico de cefaléia, sem necessidade de definição prévia do estágio de evolução da patologia, ou dos tratamentos instituídos. A faixa etária não foi limitada, não houve restrição por comorbidades, e não foi feita distinção por sexo ou raça.

Assim, como critérios de inclusão, consideramos pacientes que:

- 1) aceitaram participar dos procedimentos do trabalho;
- 2) não tivessem sido submetidos a otoplastia previamente;
- 3) não apresentassem lesões em pavilhão ou lóbulo auricular;

Foi inicialmente considerado como um critério de inclusão, pacientes que não apresentassem, à época do exame, qualquer tipo de órtese ou prótese que pudessem oferecer empecilho à monitoração para EEG. Porém foi constatado pelo neurofisiologista, à medida que novos exames eram realizados, que tal cuidado não era necessário, e que o EEG não sofria influência desta classe de elementos externos ao exame.

3.1 DESENHO METODOLÓGICO E REFERENCIAL TEÓRICO

O presente trabalho pode ser caracterizado como um ensaio. Conforme sugerido por Tobar e Yalour⁹¹, o ensaio envolve:

[...] uma tomada de posição diante do tema ou objeto de meditação. Explicita a subjetividade de seu autor e o compromete. É um exercício crítico de procura, e o que se procura são maneiras novas de olhar as coisas.

Por este motivo, o ensaio é sempre exploratório. Ensina a ver e convida a olhar de outra forma (p. 24).

Sua condição de ensaio se manifesta, então, por buscar um novo olhar envolvendo o emprego de técnicas do domínio do caos ligados à análise da geometria fractal das ondas de EEG.

Tenciona uma abordagem descritiva, que ainda Tobar e Yalour⁹¹ definem como “[...] aquela em que se expõem características de determinada população ou determinado fenômeno. Pode também estabelecer correlações entre variáveis. Não tem o compromisso de explicar o fenômeno que descreve” (p. 69).

Neste sentido, se direciona para a obtenção de informações a respeito dos estímulos preventivos e terapêuticos sob a ação da acupuntura, seja em termos de aferências e/ou ao nível do SNC e/ou de eferências, tanto agudos quanto crônicos, sem tentar explicá-los. Da mesma forma, ao se focar no quadro clínico atual e não em diagnósticos sindrômicos subjacentes, se abstém de apresentar condições nosológicas específicas como critérios de não inclusão.

Complementarmente, ao buscar estimular o desenvolvimento de metodologias que permitam a documentação de seus efeitos de forma organizada e científica, tenta estabelecer correlações entre variáveis ao destacar os paralelos comparativos com as atuais práticas baseadas em medidas lineares fundamentadas por elementos do cartesianismo. A partir da avaliação permitida em função deste seu caráter descritivo, poderão ser lançadas hipóteses que possam vir a ser testadas *a posteriori*.

As situações discutidas neste texto, são apenas algumas entre várias outras situações captadas em exames de EEG durante o estudo realizado no HEB, a partir de outubro de 2007 até os dias atuais. Neste período, foram captados algo em torno de cem exames, entre testes e retestes, e já foram analisados por volta de cinquenta situações relacionadas com algum tipo de achado clínico ou com respostas a procedimentos específicos. Os achados analisados portavam um ou mais aspectos relevantes de correlação entre os elementos clínicos e o comportamento da DF. Por seu perfil descritivo, e por visar a exposição livre de alguns destes achados, o método utilizado para a descrição das situações será o de estudo de caso.

A este respeito, em termos médicos, Yoshida⁹² destaca que “[...] a comunicação de um caso é pertinente quando a entidade diagnosticada é rara, o

tratamento é pioneiro ou tem alguma inovação, ou o resultado é inusitado” (p.112), enquanto Ventura⁹³ indica que “[...] parece ser apropriado para investigação de fenômenos quando há uma grande variedade de fatores e relacionamentos que podem ser diretamente observados e não existem leis básicas para determinar quais são importantes” (p. 385).

Por serem múltiplos casos abordando variadas condições clínicas, estes serão apresentados como casos em série. Segundo a classificação proposta por Ventura, isto se enquadraria em um “estudo de caso coletivo”, uma vez que “[...] estende o estudo a outros casos instrumentais conexos com o objetivo de ampliar a compreensão ou a teorização sobre um conjunto ainda maior de casos” (p. 384)⁹³.

Contudo, as restrições em relação ao seu alcance devem ser observadas e respeitadas pois, como o lembra Yoshida⁹², nas conclusões “[...] o autor deve ser cuidadoso, uma vez que se trata de um ou poucos casos relatados, sem poder estatístico para estabelecer uma evidência científica forte” (p. 113). Este aspecto também é realçado por Ventura⁹³ ao referir-se às limitações, sugerindo que “[...] os argumentos mais comuns dos críticos dos estudos de caso estão no risco de o investigador apresentar uma falsa certeza das suas conclusões e fiar-se demais em falsas evidências” (p. 386).

O referencial teórico inicial será embasado na Teoria do Caos e da Complexidade^{22,23,26,29}, adotando-se como recurso técnico a geometria fractal^{27,33,34}.

O projeto de pesquisa original partia da premissa básica de se determinar as alterações eletroencefalográficas que poderiam ser identificadas pela análise visual dos traçados, pelo neurofisiologista. A opção de se tentar mensurar a variação dos traçados pelo uso da geometria fractal surgiu como uma alternativa quantitativa e objetiva, complementar a uma análise puramente subjetiva e operador dependente. As observações qualitativas e suas descrições poderão ser oportunamente apresentadas, porém em outra ocasião.

Optou-se, inicialmente, por se determinar a dimensão fractal (DF) dos traçados de EEG através de métodos gráficos, tanto por sua simplicidade quanto por sua acessibilidade, quando comparados à aplicação de algoritmos através de *softwares* importados e de custo proibitivo.

Nesta primeira abordagem observamos que o sistema trazia informações interessantes, justificando o esforço futuro de desenvolvimento de aplicativos

específicos para este fim, com a cooperação de pessoal técnico ligado às áreas tecnológicas de informática e de sistemas biomédicos.

Esta cooperação é estimulada com o envolvimento de professores e alunos de programas de graduação e pós-graduação de instituições de ensino superior. Um exemplo prático é o aplicativo desenvolvido por Pereira⁹⁴, cujo trabalho de graduação apresentado para a FATEC/Bauru é utilizado como recurso para os cálculos descritos na seção 3.5.2.

O conceito de risco individual em oposição ao de risco populacional, é enfatizado nas discussões dos casos²¹, uma vez que os achados para cada situação particular podem não ter aplicação aparente para outras situações semelhantes em pacientes diferentes ou, até mesmo, para situações em momentos diferentes do mesmo paciente. Assim sendo, as peculiaridades de cada comportamento clínico e respectiva eletrogênese serão destacadas para cada conjunto de ondas de cada situação clínica, tendo em vista as características visuais e matemáticas dos traçados de EEG correspondentes.

3.2 METODOLOGIA RELATIVA À ACUPUNTURA

3.2.1 Para a coleta do EEG

Durante a execução do primeiro EEG, os pacientes foram agulhados a partir do 20º (vigésimo) minuto de registro do exame. Após o agulhamento, foi feito o registro dos 20 minutos seguintes de exame. A fase inicial, sem agulha, foi identificada pela letra S. A fase subsequente, com agulhamento de ponto(s) auricular(es), foi identificada pela letra C.

Os EEGs subsequentes a guisa de reteste, quando era o caso, foram colhidos com 20 minutos de registro, e sem a colocação de agulhas.

3.2.2 Pontos para o agulhamento no EEG (protocolo piloto)

Para os pacientes sintomáticos, uma agulha era colocada no ponto do lóbulo auricular referente à queixa. Esse ponto podia ser unilateral ou bilateral.

Para os pacientes assintomáticos, os pontos foram pré-definidos de acordo com a cartografia tradicional chinesa, em 'frontal' e 'vértex' à direita e 'cérebro' à esquerda (grupo I) (Figura 4.11) e 'parietal' e 'occipital' à esquerda e 'subcórtex' à direita (grupo II) (Figura 4.9). Nestes casos, o paciente era alocado em um dos grupos de acordo com a ordem de entrada no estudo, estando os ordinais ímpares no grupo I, e os ordinais pares no grupo II.

3.2.3 Para o tratamento por acupuntura

O tratamento ambulatorial por acupuntura foi realizado numa base de uma sessão semanal, ressalvadas as possibilidades de atenção suplementar em regime de pronto atendimento, quando a clínica assim o sugerisse ou exigisse. O reteste era indicado quando havia alterações relevantes nas apresentações clínicas dos pacientes, não estando definido, a priori, por número de sessões de tratamento.

Durante o período de tratamento por acupuntura, não havia necessidade de alteração ou abstenção dos medicamentos prescritos.

Não havia protocolo de agulhamento nas sessões de acupuntura, pois sempre se prioriza a clínica do paciente acima da rotina. Assim, o seguimento por acupuntura se realizava com a quantidade e a seqüência de pontos podendo ser definidas no momento do agulhamento, em função de:

- a) quadro clínico atual (físico e energético) e/ou
- b) medicamento(s) em uso; e/ou
- c) queixa(s) sintomática(s) no momento do exame; e/ou
- d) antecedente(s) mórbido(s) ou comorbidade(s), ainda que assintomático(s) no momento do exame.

3.3 METODOLOGIA DO EEG

Os pacientes tiveram seu estado clínico registrado através de formulário próprio da rotina do setor de EEG do HEB (anexo C), e foram distribuídos, por ordem de chegada ao serviço, em dois grupos de estudo, um par e um ímpar. Cada

grupo era agulhado conforme as características dos pontos de acupuntura selecionados, conforme anteriormente descritos na seção 3.2.2.

Um grupo controle, com pacientes sem queixas, foi utilizado inicialmente como piloto para se determinar a viabilidade do agulhamento, de forma a eliminar a possibilidade de artefatos impostos ao EEG pelo metal da agulha de acupuntura.

Quanto à opção por se avaliar a cefaleia, deveu-se ao fato de que este é um sintoma que pode estar associado a várias apresentações clínicas ou sindrômicas, sendo passível de um tratamento direto, manifestando-se em um resultado objetivamente controlável (melhora; ausência de melhora ou ausência de piora; piora), e sem depender do comportamento da síndrome a que possa estar ligado como um todo.

3.3.1 Aspectos técnicos da metodologia relativa ao EEG

As análises das condições de interesse foram executadas a partir das informações obtidas de sujeitos submetidos a exame eletroencefalográfico, na Unidade de Eletroencefalografia do HEB, em sala com baixas sonoridade e iluminação.

Os exames ocorreram logo após a preparação do paciente para o traçado basal, seguidos ou não da colocação de agulhas específicas de acupuntura para traçado específico, segundo os passos já descritos. A captação do traçado foi realizada com o sujeito em repouso na posição de decúbito dorsal, cooperante, em vigília com olhos fechados e/ou em sono espontâneo. Tiveram duração padronizada de 20 minutos para o exame de cada fase.

Foram realizadas como provas de ativação cerebral:

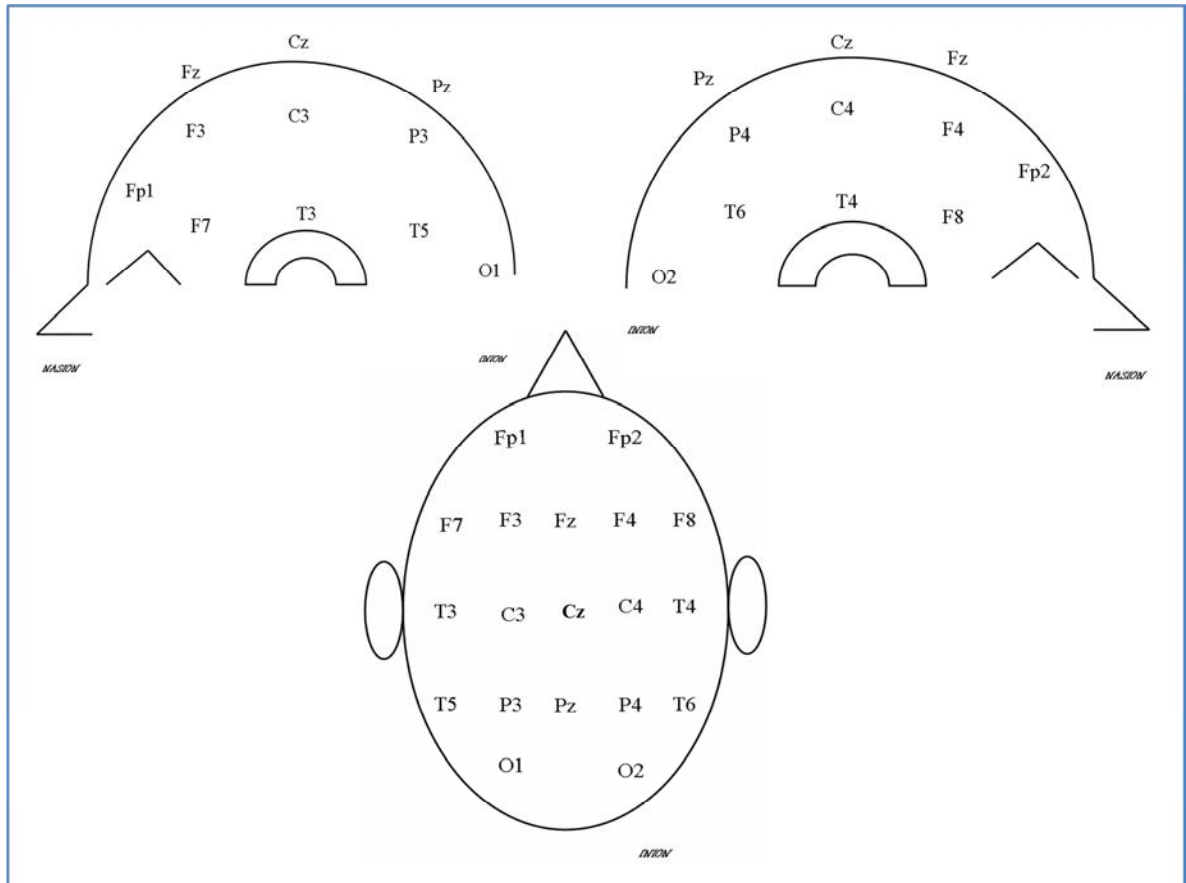
- abertura ocular
- foto estimulação intermitente
- hiperpnéia

O aparelho utilizado foi um eletroencefalógrafo digital de 21 canais, da marca **Meditron**, modelo MEDEEG 420, associado a fotofotômetro.

Os eletrodos eram de superfície, adaptados ao couro cabeludo através de fixação por pasta condutora específica. A colocação de eletrodos obedeceu ao

Sistema Internacional 10x20, sendo considerado como referencial comum a montagem com o Vértex (Cz), conforme figura 3.1.

Figura 3.1 – Esquema dos locais para colocação de eletrodos no Sistema Internacional 10x20.



Fonte: material elaborado pelo autor, 2008

Os exames foram laudados por um neurofisiologista, especialista em eletroencefalografia.

3.3.2 Coleta de dados

A coleta de dados foi feita por um técnico treinado pelo pesquisador, através de preenchimento dos formulários utilizados na rotina de aquisição do EEG (Anexo C), onde foram registrados os dados pessoais do paciente, os sinais e sintomas clínicos à época do exame, anexados aos laudos com os resultados das medidas das áreas estudadas.

3.4 TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Após a transferência dos dados do eletroencefalógrafo para o computador, as séries de registros das ondas de EEG das várias derivações puderam ser analisadas. Com o auxílio do neurofisiologista, foram eliminados os trechos com artefatos ou interferências.

Uma vez que somente os registros com ausência de artefatos ou interferências seriam considerados para inclusão na análise para cálculo da dimensão fractal (DF), em nossas análises tentamos evitar, arbitrariamente, o uso das derivações frontais (Fp1/Fp2/Fz), pelo fato de serem estas mais sujeitas a artefatos dos tipos piscatórios e de movimentos oculares. Esta precaução não implica, contudo, que este procedimento seja considerado compulsório, estando facultada a sua utilização nos casos em que estas possam ser as regiões de interesse.

Para se enfatizar a adequação da escolha das áreas corticais com o padrão de atividade neurocortical, podemos citar como exemplo o caso de um equipamento utilizado em centros cirúrgicos, que utiliza somente as derivações frontais. Ele compara os padrões espectrais das frequências de dois trechos seqüenciais do EEG, daí o nome BIS® (i.e., de *bi-spectral*), obtidos por transformada rápida de Fourier (FFT, da sigla em inglês para *Fast Fourier Transform*), e serve para orientar o anestesiológista em relação ao grau de aprofundamento anestésico do paciente sob efeito de sedação por medicação depressora do SNC. Neste caso, já que o importante é saber-se a condição da atividade cerebral, é imperioso que as regiões com maior atividade neuroelétrica sejam aquelas de eleição para indicar o nível de atividade ou de sedação.

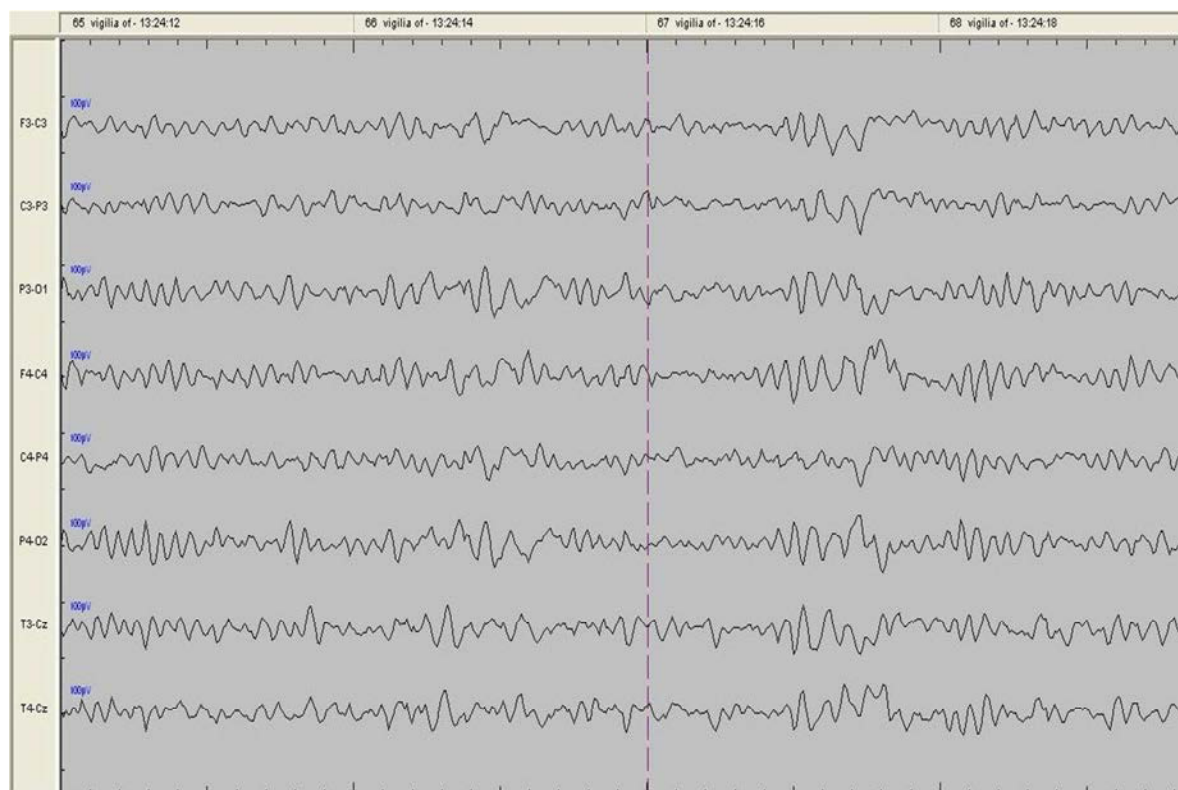
Portanto, a seleção das derivações das regiões corticais respectivas (e.g., frontais para atividades cognitivas; temporoparietais laterais para membros superiores e face, e temporoparietais mediais para membros inferiores das áreas sensitivomotoras do homúnculo de Penfield; occipitais e calcarinas para visão; etc.) e da técnica de obtenção da medida (DF, FFT, etc.) virão a ser totalmente dependentes do objetivo e intenção imediata do pesquisador analista, tanto em termos clínicos quanto em termos morfofuncionais⁹⁵.

A partir da seleção das derivações a serem analisadas, montaram-se as telas com as digitalizações dos respectivos traçados (Figura 3.2). Nos trechos de

interesse para o cálculo da DF dos registros de EEG, foram consideradas séries temporais de até 24 segundos para traçados arbitrariamente padronizados em 100 μV de tensão. Estas séries de 24 segundos foram, em seguida, subdivididas em cinco subtrechos de 8 segundos de traçado em tela, forçosamente sobrepostos a cada 4 segundos. Assim, se considerarmos as sobreposições, teremos os seguintes subtrechos: N1 (de 0 a 8 s), N2 (de 4 a 12 s), N3 (de 8 a 16 s), N4 (de 12 a 20 s) e N5 (16 a 24 s).

A determinação da duração dos trechos e subtrechos também foi arbitrária e visava, em princípio, permitir o uso de um formato padrão de tamanho de tela a partir da digitalização obtida do traçado do EEG. O equipamento de digitalização do EEG nos permitia apresentar traçados em telas de 2^n segundos (para $n \geq 0$). Assim, para $n=0$, teríamos uma tela com 1 segundo de extensão, o que nos daria muitos detalhes mas nos privaria de uma noção de conjunto. Por outro lado, com um n maior, digamos $n=5$, teríamos uma tela com 32 segundos, que nos daria grande noção da variação do traçado, porém impediria uma visão das variações mais sutis. Destarte, ao optarmos por um n intermediário (em nosso caso, $n=3$), tivemos uma tela de 8 segundos, que não é nem tão curta a ponto de impor perdas à visão do conjunto, nem tão extensa a ponto de permitir que oscilações menores fossem desprezadas (Figura 3.2).

Figura 3.2 – Padrão de tela do EEG para o cálculo da DF, com 8 segundos de extensão.



Fonte: material elaborado pelo autor, 2011

A opção pela voltagem de análise, que foi igualmente arbitrária, visava tão somente a padronização da imagem a ser submetida ao processo gráfico de cálculo da DF. O equipamento nos permitia a montagem de tela com voltagens múltiplas de 50 μV , sendo a de 100 μV aquela intermediária entre os filtros de tensão então arbitrados na captação dos sinais.

As DF de cada derivação dos trechos analisados foram obtidas a partir de computação gráfica, e calculadas uma a uma através do método de contagem de caixas (BCM, da sigla em inglês para “box counting method”)ⁱⁱⁱ. O fato de se calcular o BCM a partir de imagens, nos obrigava a padronizar as voltagens e os tempos de tela, sob o risco de não podermos proceder a comparações ulteriores de situações diversas que tivessem sido calculadas com tempos ou tensões diferentes.

O software utilizado para o cálculo do BCM foi o *ImageJ*, através da ferramenta residente específica para tal fim. O cálculo para cada derivação foi feito a partir das imagens das telas, preparadas em arquivos do tipo *.jpeg*.

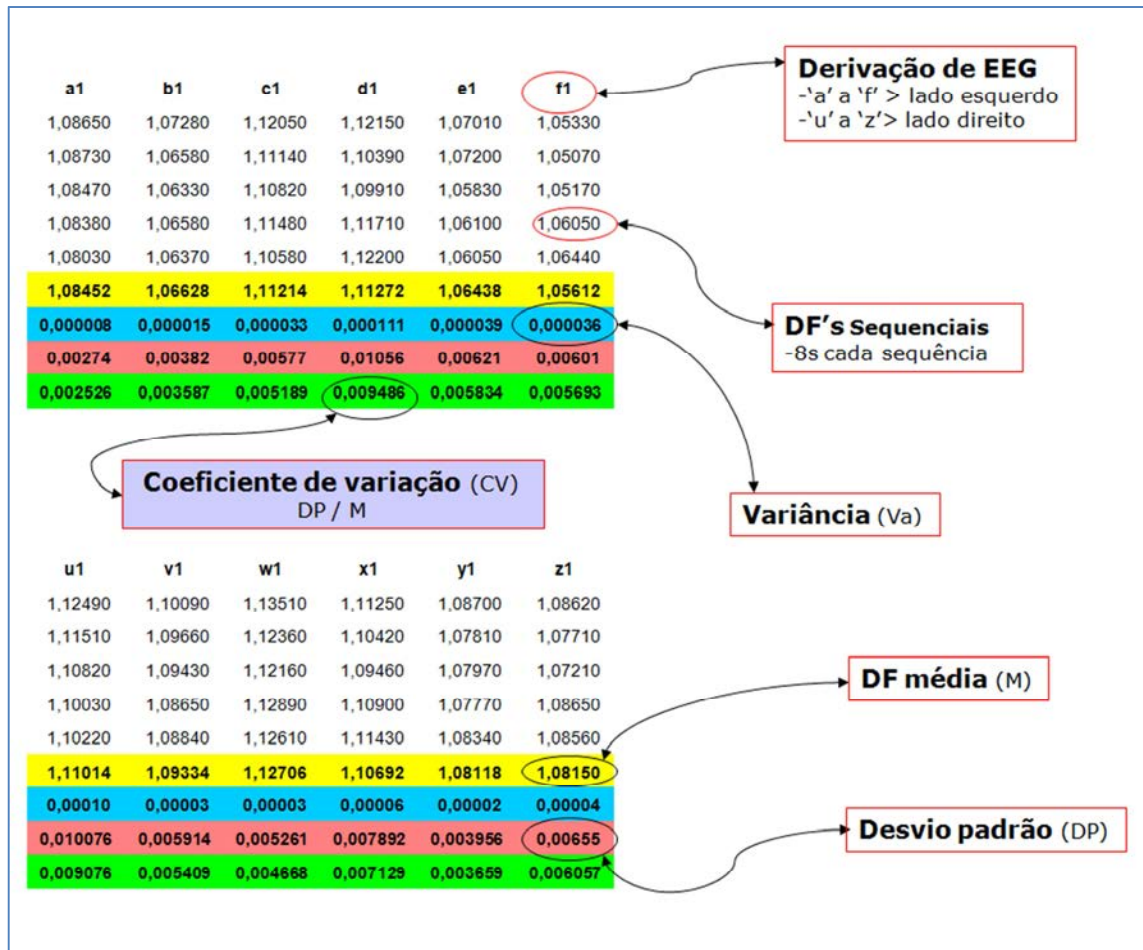
ⁱⁱⁱ Para que se possa ter uma melhor ideia do funcionamento do método para o cálculo da DF, o apêndice A apresenta alguns aspectos técnicos do BCM.

Tendo assim obtidas as cinco DF (N1 a N5) do trecho de 24 segundos da derivação analisada, pode-se passar às suas interpretações.

3.5 INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Uma vez tendo se determinado os valores das DF dos cinco trechos (N1 a N5) de uma dada derivação em um dado intervalo de tempo, procedeu-se ao cálculo da média, da variância, do desvio padrão e do coeficiente de variação desta derivação neste período. Em seguida, foi feita uma estimativa da consistência dos dados obtidos e de seu comportamento quando comparado a outros trechos ou sítios. A figura 3.3 mostra a disposição dos valores das DF calculadas para cada trecho de cada derivação selecionada de uma fase sem agulhamento (fase 1). Mostra também, esquematicamente, o significado do conteúdo de cada casela da tabela.

Figura 3.3 – Disposição dos valores das DF calculadas para cada trecho de cada derivação de uma fase sem agulhamento, e o significado do conteúdo de cada casela.



Fonte: material elaborado pelo autor, 2011

- Observação: as derivações são aqui representadas por letras, para facilitar sua visualização nas tabelas, e suas correspondências são: a~F3C3, b~C3P3, c~P3O1, d~T3Cz, e~C3Cz, f~T3C3; u~F4C4, v~C4P4, w~P4O2, x~T4Cz, y~C4Cz, z~T4C4.

3.5.1 Variação do sistema

O coeficiente de variação (CV) das medidas N1 a N5 do trecho analisado pode nos dar uma idéia inicial do comportamento do sistema naquele dado intervalo. Não deve ser confundido com a variabilidade do sistema, que é uma característica adaptativa dos processos dinâmicos, mas que não estava sendo avaliada nesta situação.

Interessante notar, neste caso, que a DF foi somente um instrumento acessório de informação da condição dinâmica do sistema, e não a fonte de informação de comportamentos intrínsecos a serem prioritariamente analisados.

Assim, para CVs até 1% ($CV \leq 0,01$) pudemos entender que o sistema permaneceu com a DF basicamente estável, sem grandes variações de comportamento ou resposta. Esta condição é melhor ilustrada nas discussões dos casos 4.2.1 a 4.2.4, onde somente após haver a confirmação de que o sistema encontrava-se em um padrão de estabilidade é que se permitiria que a comparação da evolução do fractal fosse o foco da análise.

Já, para CVs superiores a 1% ($CV > 0,01$), existia alguma possibilidade de que o sistema estivesse passando por algum tipo de oscilação adaptativa ou mesmo de resposta a algum fator ambiental (endógeno ou exógeno), sendo indicada por seu padrão de variação de DF.

Nos casos onde pudesse ser identificada esta elevação no CV de dado trecho seria possível se investigar a causa que levou à oscilação da DF, assim como a comparação com trechos imediatamente anteriores e imediatamente posteriores permitiria saber onde se encerrava a condição prévia e onde se estabilizava a condição atual. Esta situação é ilustrada na discussão do caso 4.1.1.

3.5.2 Comparação de regiões em diferentes momentos ou topografias

Quando dispúnhamos das cinco medidas (N1 a N5) de cada região encefálica, podíamos comparar as DFs respectivas para saber se guardavam alguma similaridade^{iv} estatisticamente significativa entre si. Neste caso, deveríamos levar em consideração exclusivamente aqueles trechos com CV até 1%, para termos certeza de que estávamos comparando somente regiões estabilizadas.

Pudemos, então, identificar a similaridade entre duas medidas para a DF, através da aplicação de Teste-t de duas amostras em par para médias, considerando como similares aqueles trechos que apresentassem $p \geq 0,05$, e como não similares os trechos com $p < 0,05$. A utilização dos conceitos de 'similaridade' e de 'não similaridade' é absolutamente dinâmica, e dependerá da condição clínica ou cronológica em questão.

^{iv} A rigor, o termo estatístico adequado seria 'não diferença'. Contudo, para que se possa direcionar para a ideia não de uma relação de igualdade, mas de uma correspondência entre as situações, optou-se pela manutenção do termo 'similar'.

Assim, uma possibilidade poderia ser a comparação da mesma região, antes e depois de um determinado procedimento. Caso as grandezas das DFs fossem similares, entenderíamos que a região ficou inalterada quando sujeita ao procedimento, enquanto que DFs não similares sugeririam uma resposta adaptativa ao procedimento.

Outra possibilidade seria a comparação entre diferentes regiões, tanto ipsilaterais quanto contralaterais entre si, em um mesmo determinado momento. Neste caso, o que estaria sendo comparado não seria uma resposta a um procedimento, mas sim a condição basal ou pós estimulação de cada região e as possíveis correlações de atividades corticais.

O aplicativo desenvolvido por Pereira⁹⁴ pode nos auxiliar nos referidos cálculos e estimativas. Nele encontramos recursos residentes para o cálculo do CV e para o teste t.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As situações clínicas consideradas a seguir referem-se à aplicação da dimensão fractal em exames de eletroencefalografia, e sua intenção é a de analisar algumas situações de respostas específicas, porém sem pretender esgotar todas as instâncias de comportamentos possíveis. Estes, na realidade, estarão sempre ligados a um interesse particular do pesquisador em analisar algum aspecto tanto do padrão do sinal, quanto da região cortical, ou ainda da apresentação clínica, isoladas ou concomitantemente associadas.

Os trechos aqui analisados foram selecionados a partir de casos que apresentaram alguma correlação entre a DF do traçado de cada derivação do EEG e a apresentação clínica atual do paciente em estudo.

Puderam ser observadas desde respostas locais agudas ao agulhamento ou à evolução do tratamento crônico, até modificações de estado de alerta através de figuras de sono.

Cada uma das situações terá suas características analisadas segundo seus parâmetros clínicos e/ou matemáticos.

4.1 DIAGNÓSTICO DE VARIAÇÕES DINÂMICAS DO SISTEMA

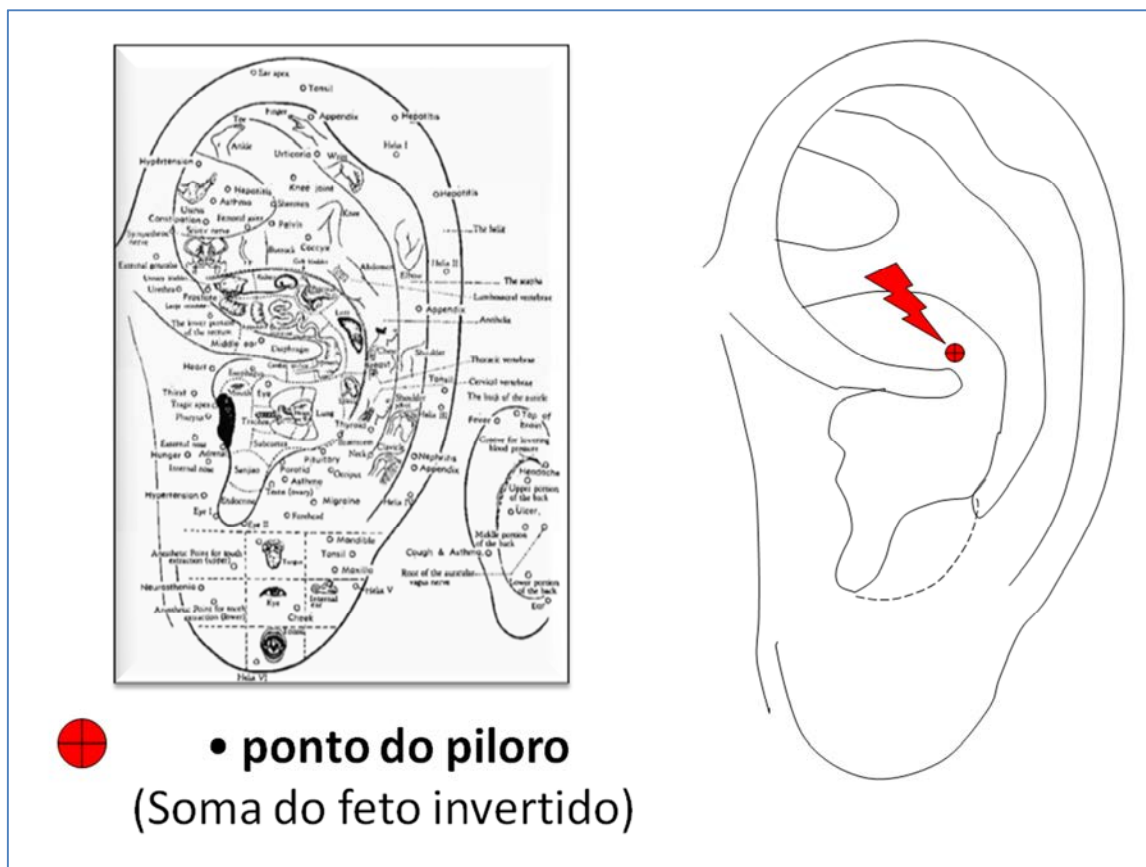
Nesta situação clínica (4.1.1) será analisada uma condição em que o sistema esteja passando por algum tipo de oscilação adaptativa, ou mesmo de resposta a algum fator ambiental (endógeno ou exógeno), sendo as variações dinâmicas indicadas por seu padrão de variação de DF.

4.1.1 Transição de fases do sono

N.O.F., feminino, 23 anos de idade, longilínea, aparentemente hígida, com queixas de cefaléia e gastralgia, assintomática no momento do exame. Apresentava diagnóstico prévio de gastrite enantemática com teste de urease negativo à endoscopia digestiva alta, tendo evoluído com melhora após ter passado por tratamento clínico específico⁵⁵.

O exame foi conduzido sem intercorrências, tendo sido agulhado o ponto do piloro em orelha esquerda. O ponto do piloro, segundo a topografia proposta pela cartografia auricular chinesa, se localiza na concha cymba, sobre a borda superior da raiz do hélix, ao nível em que esta começa a desaparecer (figura 4.1). A escolha do ponto deveu-se, basicamente, à queixa clínica.

Figura 4.1. - Ponto do piloro junto à base da raiz do hélix (círculo vermelho), segundo a cartografia auricular chinesa.



Fonte: material elaborado pelo autor, com mapa de pontos cedido pelo doutor Ernesto G. Garcia, 2011

4.1.1.1 Obtenção e análise dos coeficientes de variação

A tabela 4.1 mostra os valores das DF calculadas para cada trecho de cada derivação selecionada da fase sem agulhamento (fase 1), com as respectivas médias, variâncias, desvios padrão e coeficientes de variação. Notar que todos os valores correspondentes aos coeficientes de variação (CV), representados em

caselas de cor verde, têm valor inferior a 1% para os setores avaliados. Isto nos indica que o comportamento da DF não apresenta grandes flutuações e, possivelmente, o EEG representa um trecho de perfil estável e homogêneo na atividade cortical que, no caso, se relaciona com um estado de alerta (desperto), e tem seu valor médio representado por $CV1 = 0,5693\%$.

Tabela 4.1 - Valores das dimensões fractais calculadas para cada trecho de cada derivação, com os respectivos CV da fase sem agulhamento.

sem agulha E	F3C3	C3P3	P3O1	T3Cz	C3Cz	T3C3
n.1	1,08650	1,07280	1,12050	1,12150	1,07010	1,05330
n.2	1,08730	1,06580	1,11140	1,10390	1,07200	1,05070
n.3	1,08470	1,06330	1,10820	1,09910	1,05830	1,05170
n.4	1,08380	1,06580	1,11480	1,11710	1,06100	1,06050
n.5	1,08030	1,06370	1,10580	1,12200	1,06050	1,06440
Média	1,08452	1,06628	1,11214	1,11272	1,06438	1,05612
Variancia	0,000008	0,000015	0,000033	0,000111	0,000039	0,000036
Desvio Padrao	0,00274	0,00382	0,00577	0,01056	0,00621	0,00601
Coef. Variação	0,002526	0,003587	0,005189	0,009486	0,005834	0,005693

sem agulha D	F4C4	C4P4	P4O2	T4Cz	C4Cz	T4C4
n.1	1,12490	1,10090	1,13510	1,11250	1,08700	1,08620
n.2	1,11510	1,09660	1,12360	1,10420	1,07810	1,07710
n.3	1,10820	1,09430	1,12160	1,09460	1,07970	1,07210
n.4	1,10030	1,08650	1,12890	1,10900	1,07770	1,08650
n.5	1,10220	1,08840	1,12610	1,11430	1,08340	1,08560
Média	1,11014	1,09334	1,12706	1,10692	1,08118	1,08150
Variancia	0,00010	0,00003	0,00003	0,00006	0,00002	0,00004
Desvio Padrao	0,010076	0,005914	0,005261	0,007892	0,003956	0,00655
Coef. Variação	0,009076	0,005409	0,004668	0,007129	0,003659	0,006057

Fonte: material elaborado pelo autor, 2011

O traçado digitalizado do EEG no trecho analisado, com as respectivas telas com 8 segundos de duração, é mostrado sequencialmente na figura 4.2. Notar, na barra superior de cada tela, a numeração dos setores de 2 segundos de duração, com os respectivos tempos.

Figura 4.2 - Traçado digitalizado do EEG na fase sem agulhamento, com as respectivas telas com 8 segundos de duração mostradas sequencialmente (A, B e C).

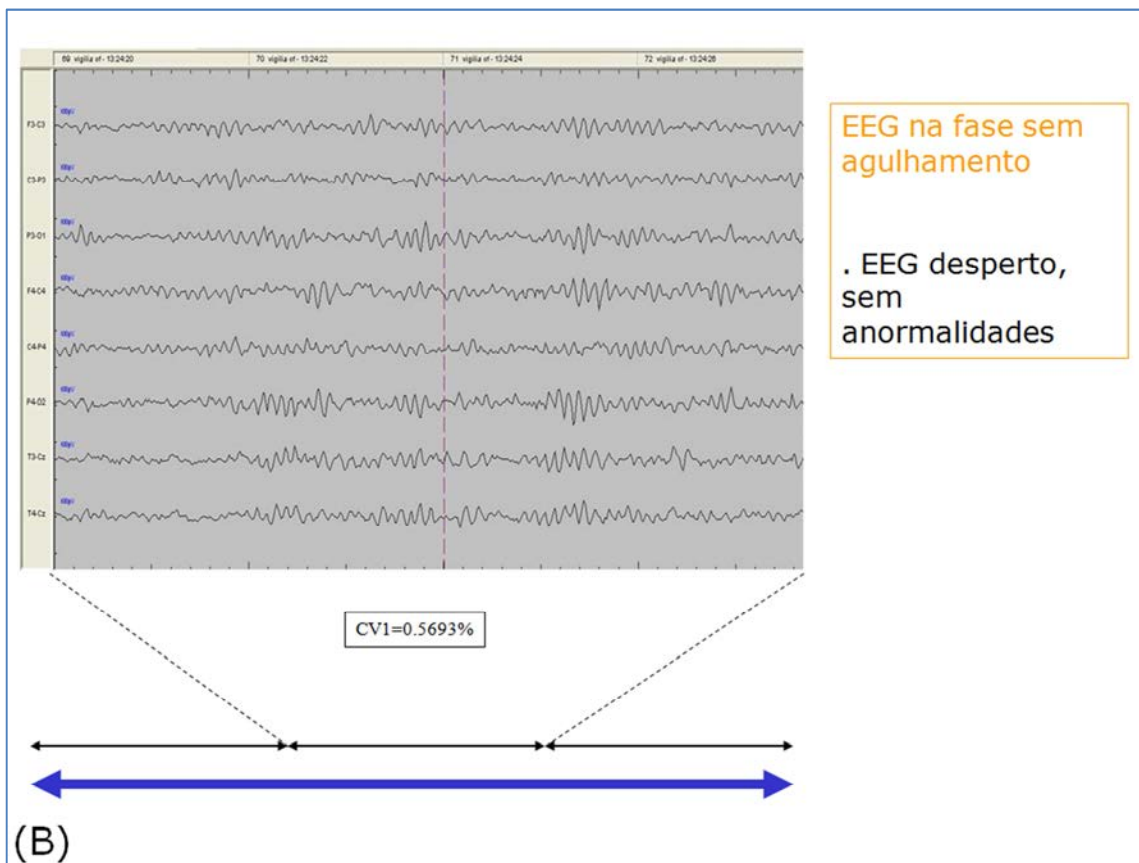
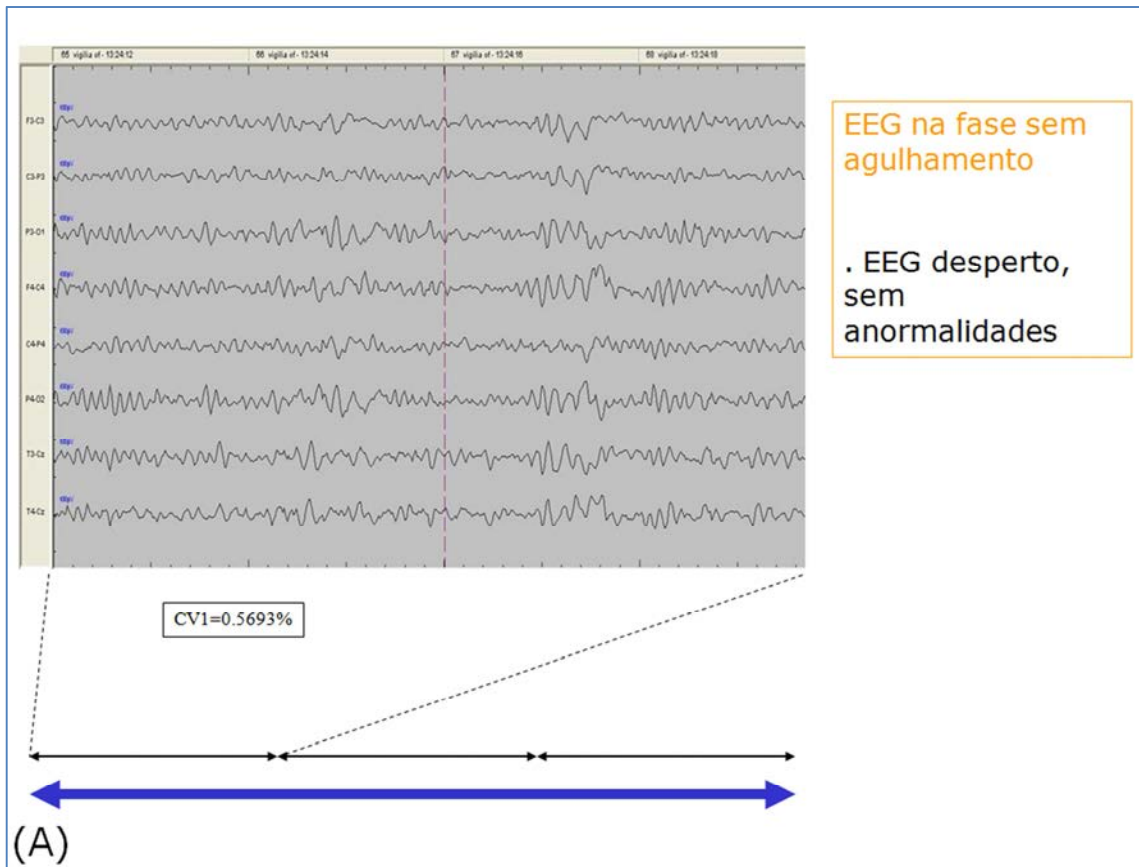
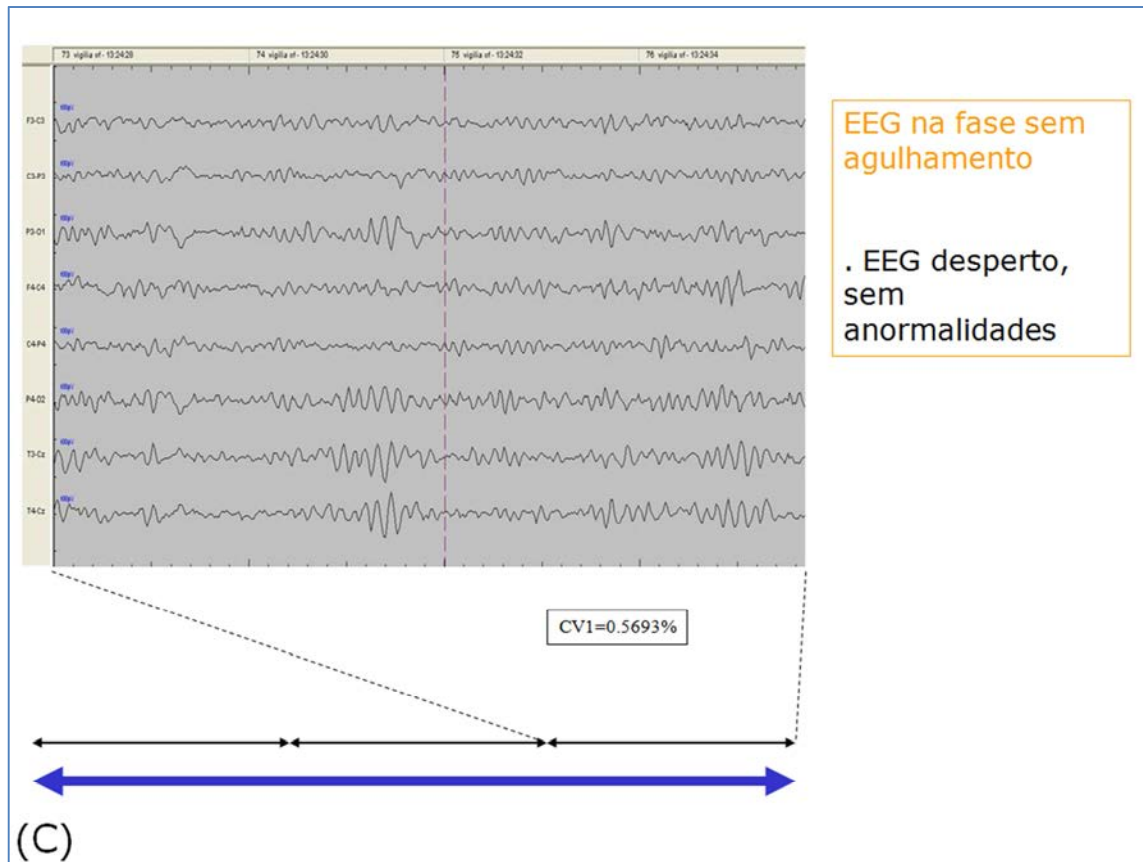


Figura 4.2 (continuação) - Traçado digitalizado do EEG na fase sem agulhamento, com as respectivas telas com 8 segundos de duração mostradas seqüencialmente (A, B e C).



Fonte: material elaborado pelo autor, 2011

Ao ser selecionado o trecho da fase agulhada, foram obtidas medidas de CV que superavam 1%. Seu valor médio representado por $CV_t=2,1681\%$, e os respectivos CV por trecho, são mostrados na tabela 4.2. Notar os $CV<1\%$ em caselas verdes e os $CV>1\%$ em caselas brancas.

Isto nos indicou que, neste trecho, não havia atividade cortical estável, sugerindo que este período representava alguma mudança de condição desta atividade. Efetivamente, ao se proceder à revisão do traçado pela neurofisiologista, observou-se que o referido trecho encontrava-se em meio a uma transição de um estado desperto para um estágio inicial de sono.

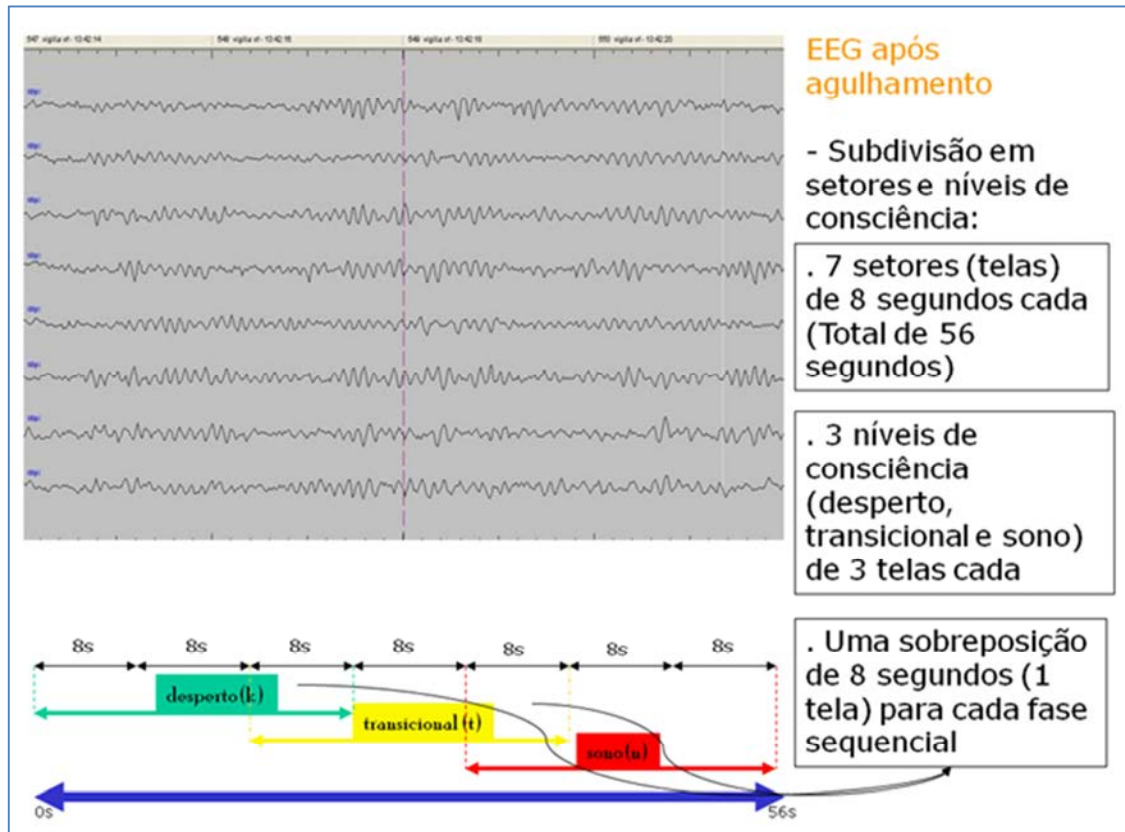
Tabela 4.2 - Valores das DF calculadas para cada trecho de cada derivação, comparando os CV das fases sem agulhamento (VC1) e com agulhamento (VCt).

a1	b1	c1	d1	e1	f1	at2	bt2	ct2	dt2	et2	ft2
1,08650	1,07280	1,12050	1,12150	1,07010	1,05330	1,08480	1,07160	1,10530	1,12600	1,06700	1,07290
1,08730	1,06580	1,11140	1,10390	1,07200	1,05070	1,06630	1,06100	1,10630	1,11820	1,05090	1,06620
1,08470	1,06330	1,10820	1,09910	1,05830	1,05170	1,03630	1,03770	1,07300	1,07750	1,02810	1,02820
1,08380	1,06580	1,11480	1,11710	1,06100	1,06050	1,02410	1,02620	1,04640	1,06190	1,02440	1,02340
1,08030	1,06370	1,10580	1,12200	1,06050	1,06440	1,03950	1,02400	1,05560	1,06590	1,02100	1,03480
1,08452	1,06628	1,11214	1,11272	1,06438	1,05612	1,05020	1,04410	1,07732	1,08990	1,03828	1,04510
0,000008	0,000015	0,000033	0,000111	0,000039	0,000036	0,000611	0,000452	0,000767	0,000904	0,000395	0,000520
0,00274	0,00382	0,00577	0,01056	0,00621	0,00601	0,02472	0,02126	0,02770	0,03007	0,01987	0,02281
0,002526	0,003587	0,005189	0,009486	0,005834	0,005693	0,023543	0,020358	0,025712	0,027594	0,019136	0,021823
CV1=0.5693%						CVt=2.1681%					
u1	v1	w1	x1	y1	z1	ut2	vt2	wt2	xt2	yt2	zt2
1,12490	1,10090	1,13510	1,11250	1,08700	1,08620	1,09220	1,09060	1,11730	1,10630	1,07200	1,06810
1,11510	1,09660	1,12360	1,10420	1,07810	1,07710	1,08320	1,07150	1,11080	1,10190	1,05720	1,06410
1,10820	1,09430	1,12160	1,09460	1,07970	1,07210	1,06450	1,04920	1,07930	1,08020	1,03860	1,04880
1,10030	1,08650	1,12890	1,10900	1,07770	1,08650	1,05190	1,03750	1,05050	1,06600	1,03770	1,03720
1,10220	1,08840	1,12610	1,11430	1,08340	1,08560	1,04320	1,03740	1,05160	1,05720	1,03520	1,02800
1,11014	1,09334	1,12706	1,10692	1,08118	1,08150	1,06700	1,05724	1,08190	1,08232	1,04814	1,04924
0,00010	0,00003	0,00003	0,00006	0,00002	0,00004	0,00042	0,00054	0,00100	0,00047	0,00025	0,00029
0,010076	0,005914	0,005261	0,007892	0,003956	0,00655	0,020604	0,02326	0,03162	0,021565	0,01596	0,017123
0,009076	0,005409	0,004668	0,007129	0,003659	0,006057	0,019311	0,022001	0,029226	0,019925	0,015227	0,01632

Fonte: material elaborado pelo autor, 2011

Em função deste achado, decidiu-se por ampliar a extensão do trecho analisado, de forma a incluir todo o período de transição (t, do inglês '*transitional*') dos níveis de consciência que iam do desperto (k, do inglês '*awake*') ao sono (n, do inglês '*nap*'), com suas respectivas DF e os CV delas resultantes. Para que fosse possível a caracterização do padrão de mudança dos CV para cada estágio, fez-se a sobreposição das telas referentes aos seus respectivos extremos, de modo que o terceiro setor de 'k' fosse também o primeiro setor de 't', e o terceiro setor de 't' fosse também o primeiro setor de 'n'. A montagem das telas para se proceder a esta análise vem esquematizada na figura 4.3.

Figura 4.3 - Representação esquemática da montagem dos traçados do EEG na fase com agulhamento, com os respectivos níveis de consciência, e as sobreposições de telas com 8 segundos de duração referentes sequencialmente aos estágios desperto (k), transacional (t) e sono (n), para o cálculo das DF em cada estágio.



Fonte: material elaborado pelo autor, 2011

A figura 4.4 mostra as três telas reformuladas do estágio desperto, com seu CV médio indicado por $CV_k=1,2846\%$, e suas correlações clínicas de neuroeletrogênese. Observe-se nas 3 telas que os traçados do EEG já se apresentam com alterações pontuais de uma para outra, identificando dinamismo e um início de instabilidade do padrão da atividade cortical, tal como sugerido pelo CV maior que 1%. Neste sentido, notar a fragmentação perceptível do ritmo alfa posterior e da difusão para áreas anteriores (em B), e o alentecimento geral (em C), compatível com o estado de instabilidade cortical sugerido por um CV médio maior que 1% ($CV_k=1,2846\%$).

Figura 4.4 - Traçado digitalizado do EEG na fase com agulhamento, com as respectivas telas de estágio desperto (k) de nível de consciência, com 8 segundos de duração mostradas sequencialmente (A, B e C).

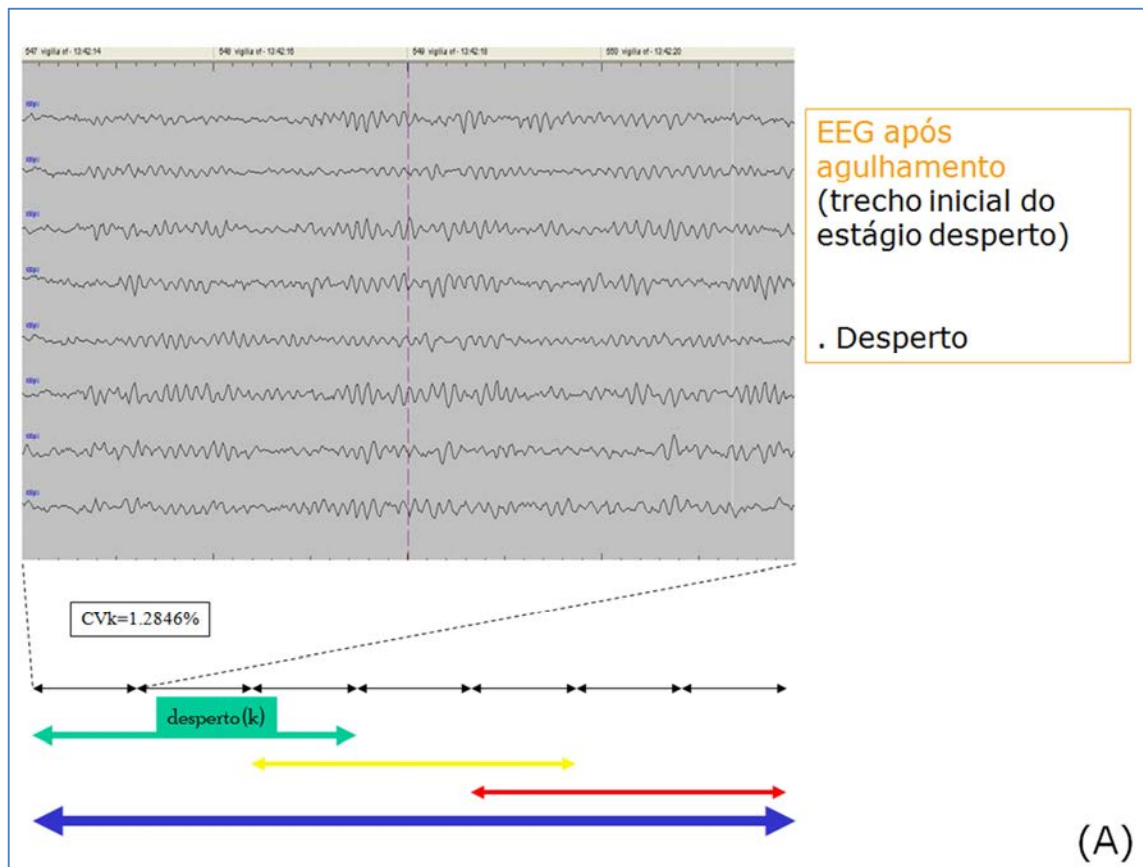


Figura 4.4 (continuação) - Traçado digitalizado do EEG na fase com agulhamento, com as respectivas telas de estágio desperto (k) de nível de consciência, com 8 segundos de duração mostradas seqüencialmente (A, B e C).

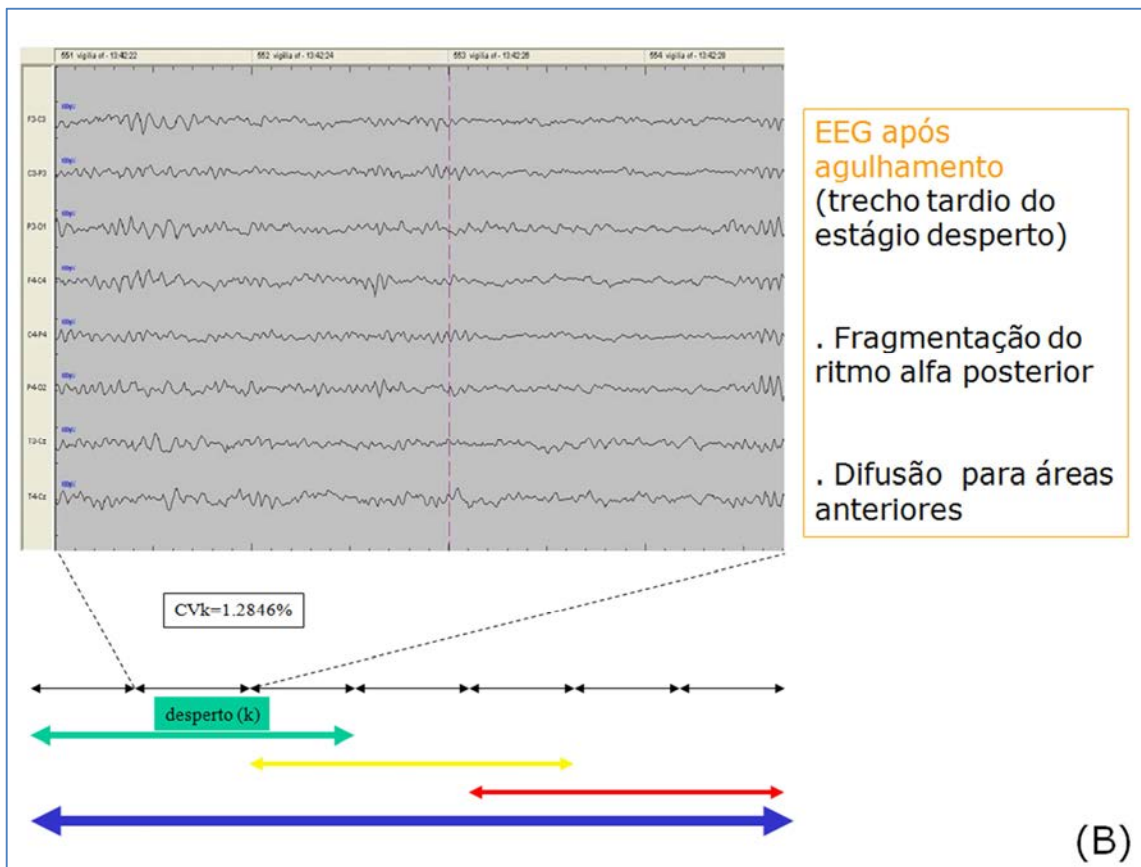
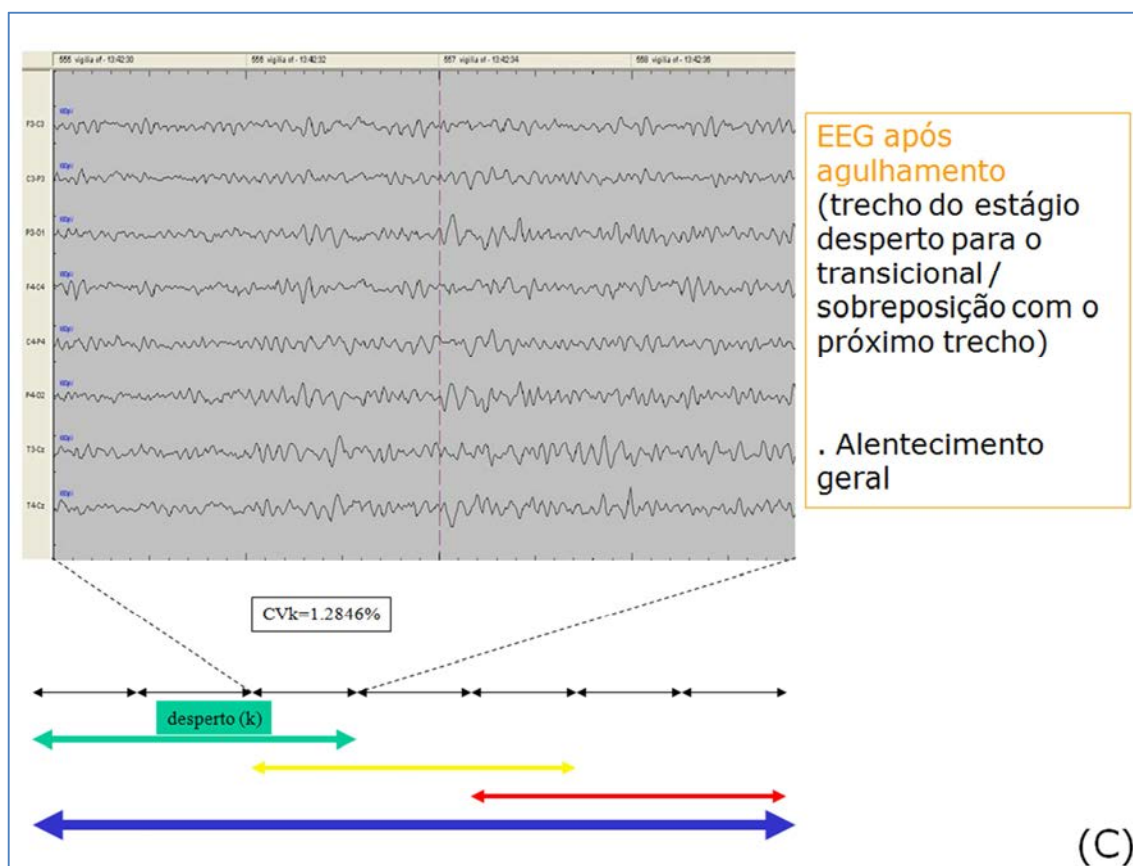


Figura 4.4 (continuação) - Traçado digitalizado do EEG na fase com agulhamento, com as respectivas telas de estágio desperto (k) de nível de consciência, com 8 segundos de duração mostradas sequencialmente (A, B e C).



Fonte: material elaborado pelo autor, 2011

A figura 4.5 mostra as três telas reformuladas do estágio transicional, com seu CV médio indicado por $CV_t = 2,1681\%$. Observar a permanência do alentecimento geral e da preponderância de ondas lentas, assim como o surgimento de ondas agudas em vértex (em B e C), compatível com um estado de ainda maior instabilidade cortical sugerido por um CV médio maior que 1%, e superior ao CV médio do estágio anterior ($CV_t = 2,1681\%$).

Interessante notar que, mesmo compartilhando uma tela comum com o estágio desperto (a tela C, do desperto, é a mesma tela A do transicional), o CV deste estágio ainda apresenta aumento importante, sugerindo maior intensidade na variação da atividade cortical. Este fato é confirmado pelas alterações destacadas nas telas B e C desta mesma figura (tela A já foi analisada como tela C da figura 4.4).

Figura 4.5 - Traçado digitalizado do EEG na fase com agulhamento, com as respectivas telas de estágio transicional (t) de nível de consciência, com 8 segundos de duração mostradas seqüencialmente (A, B e C).

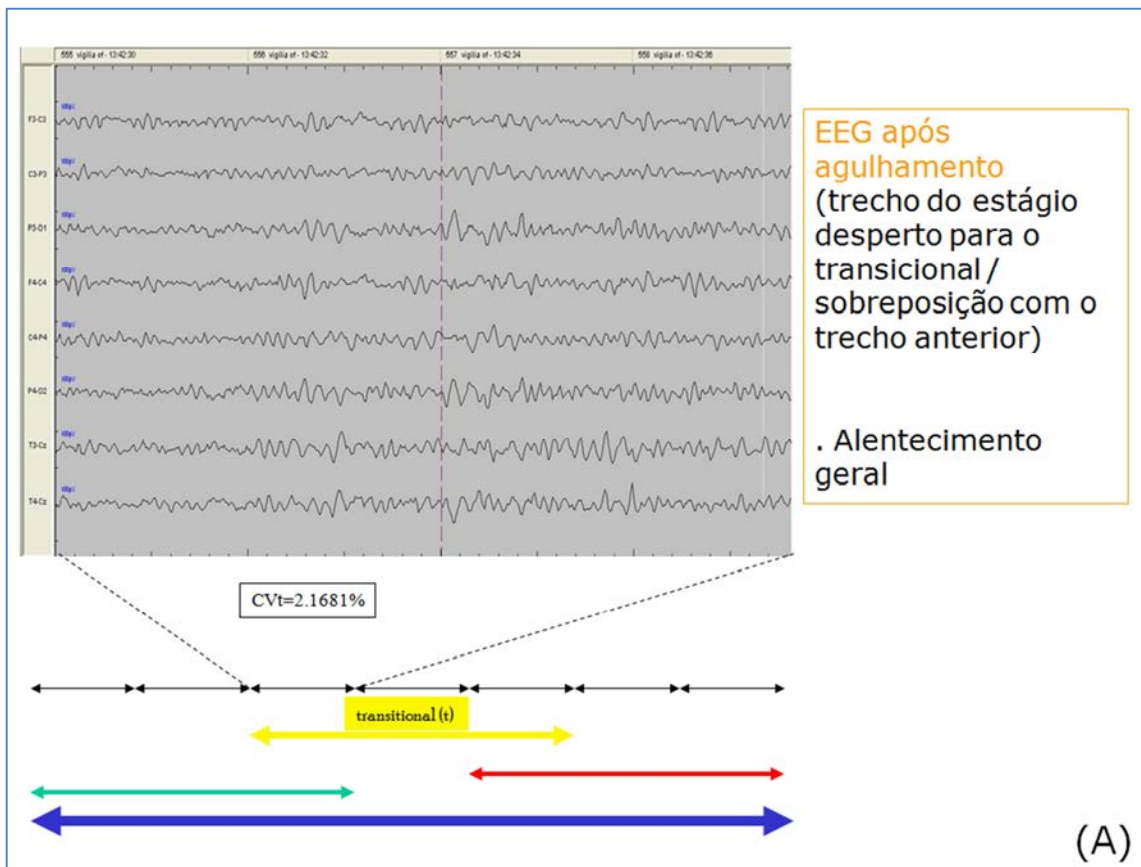


Figura 4.5 (continuação) - Traçado digitalizado do EEG na fase com agulhamento, com as respectivas telas de estágio transicional (t) de nível de consciência, com 8 segundos de duração mostradas seqüencialmente (A, B e C).

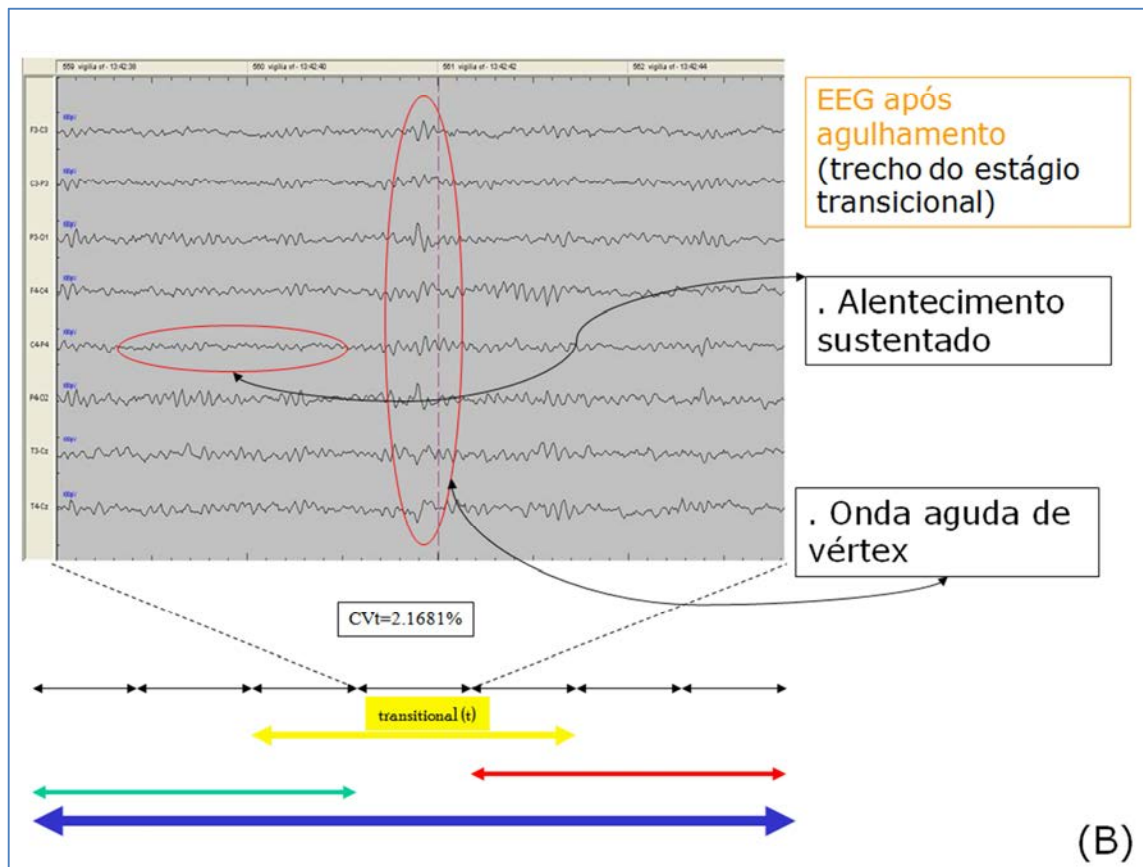
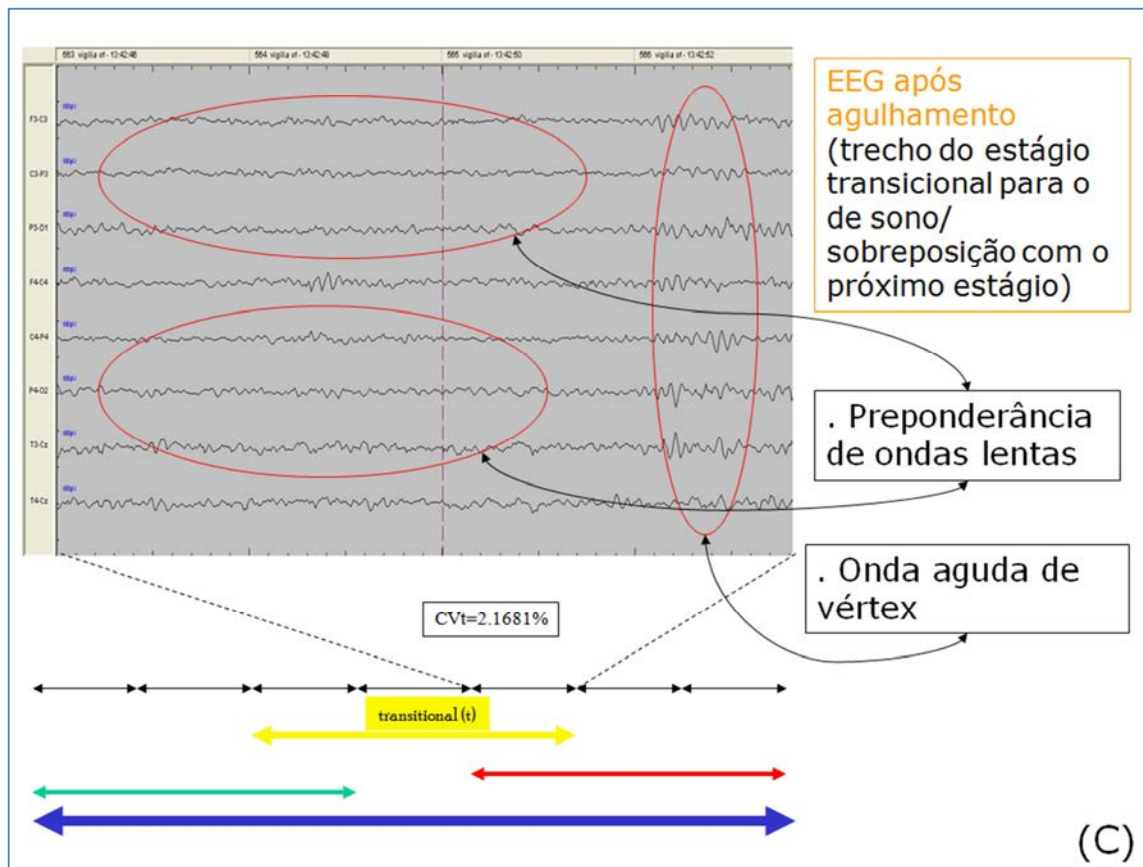


Figura 4.5 (continuação) - Traçado digitalizado do EEG na fase com agulhamento, com as respectivas telas de estágio transicional (t) de nível de consciência, com 8 segundos de duração mostradas seqüencialmente (A, B e C).



Fonte: material elaborado pelo autor, 2011

A figura 4.6 mostra as três telas reformuladas do estágio de sono, com seu CV médio indicado por $CVn=1,5566\%$. Aqui já se percebe um retorno do CV para valores mais próximos de 1%, reforçado pela manutenção das ondas lentas e agudas do vértex nas três telas finais (A,B e C da mesma figura), e também não afetado pelo compartilhamento da tela comum com o estágio anterior. Notar a permanência de ondas lentas e de ondas agudas em vértex (em B e C) e entrada em sono I estabilizando em sono II (em C), compatível com um estado de recuperação da estabilidade cortical sugerido por um CV médio que, ainda que esteja maior que 1% ($CVn=1,5566\%$), já é novamente inferior ao CV médio do estágio anterior ($CVt=2,1681\%$).

Figura 4.6 - Traçado digitalizado do EEG na fase com agulhamento, com as respectivas telas de estágio de sono (n) de nível de consciência, com 8 segundos de duração mostradas seqüencialmente (A, B e C).

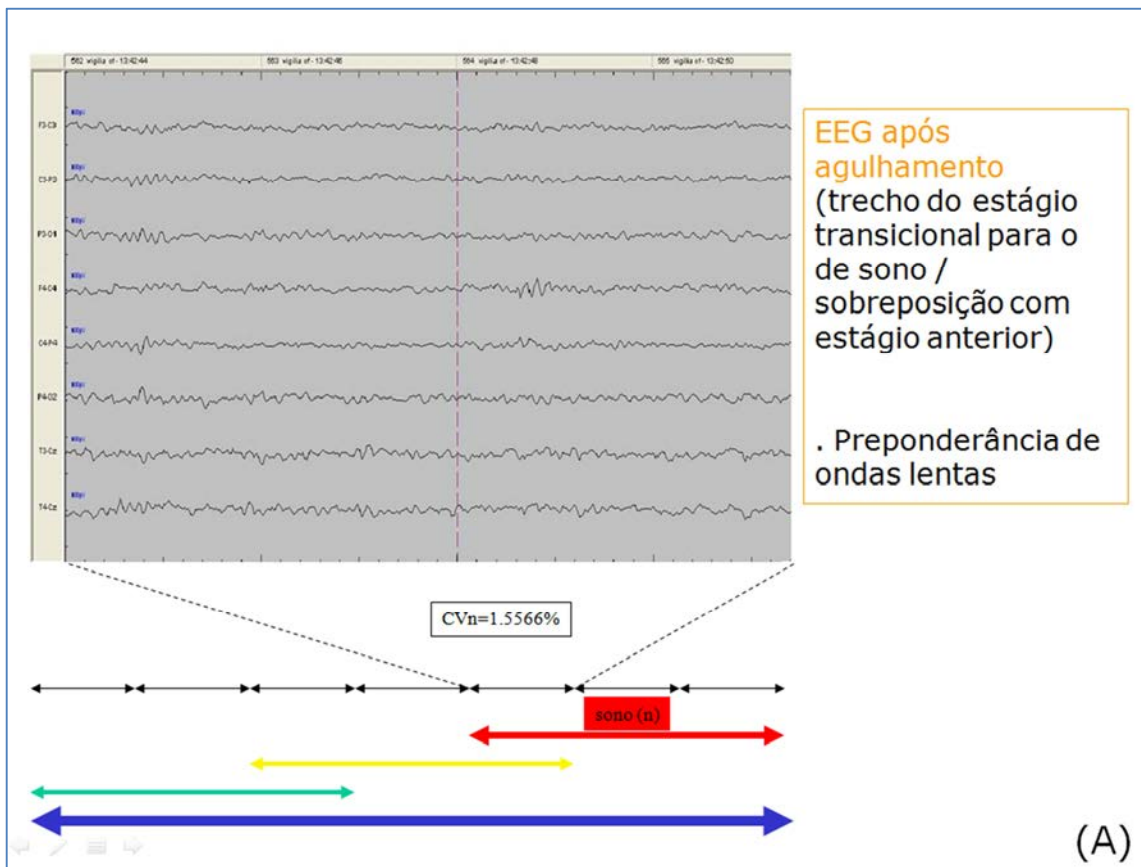


Figura 4.6 (continuação) - Traçado digitalizado do EEG na fase com agulhamento, com as respectivas telas de estágio de sono (n) de nível de consciência, com 8 segundos de duração mostradas sequencialmente (A, B e C).

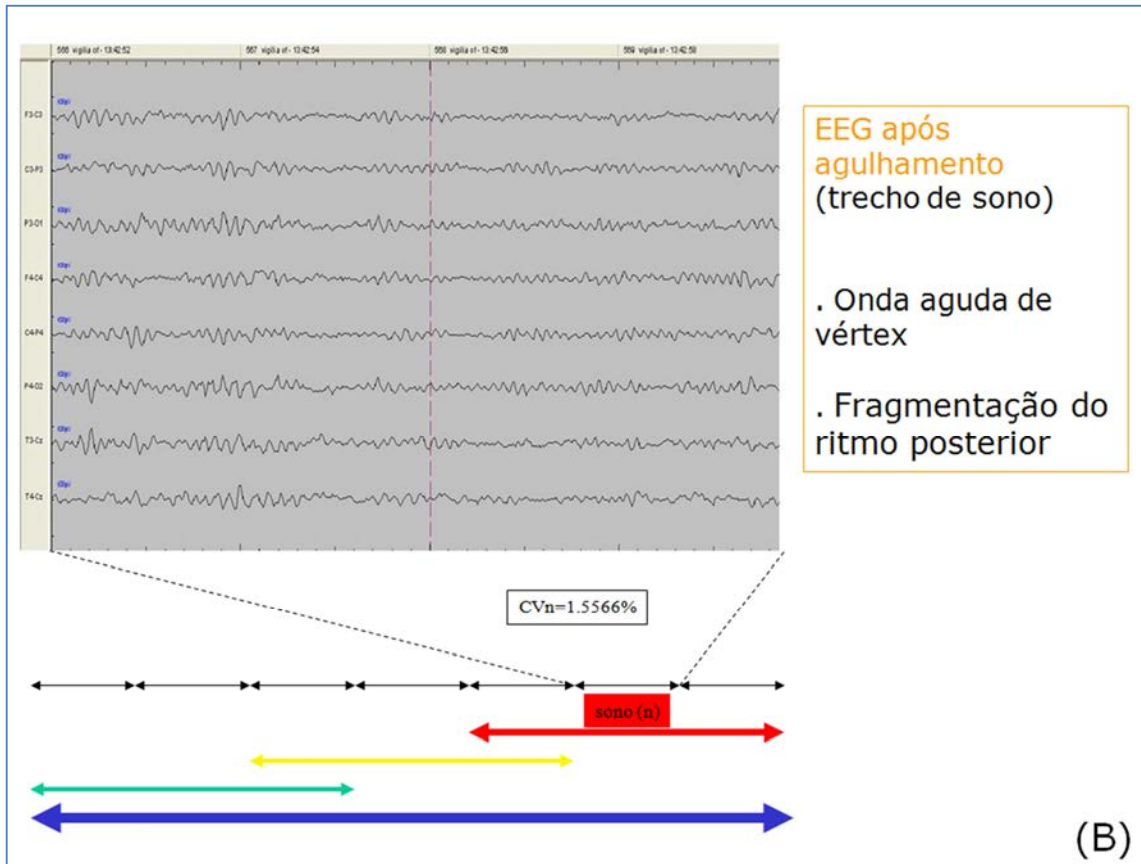
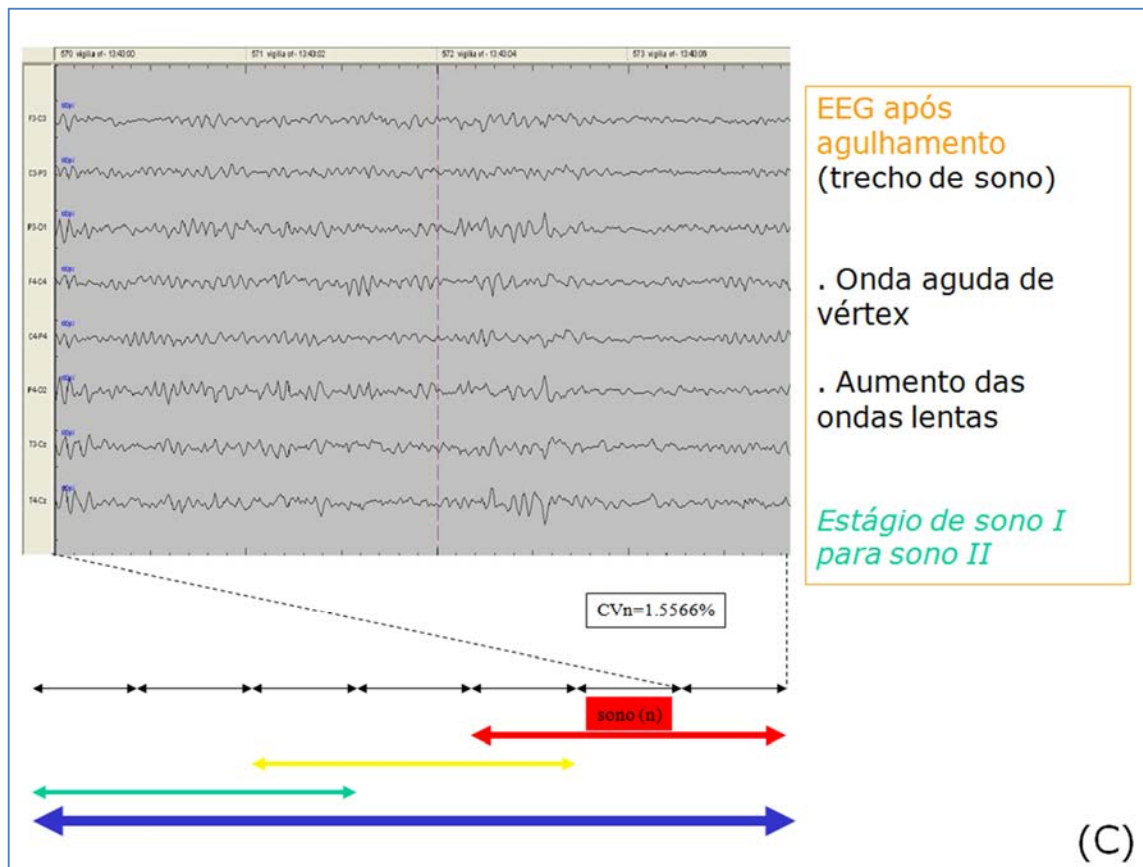


Figura 4.6 (continuação) - Traçado digitalizado do EEG na fase com agulhamento, com as respectivas telas de estágio de sono (n) de nível de consciência, com 8 segundos de duração mostradas seqüencialmente (A, B e C).



Fonte: material elaborado pelo autor, 2011

Também importa observar que, mesmo com o CV do estágio de sono se aproximando do CV do estágio desperto (tabelas 4.2 a 4.4), ocorre uma diminuição do valor das DF à medida que a paciente evolui para o sono em fase II, como representado nos gráficos 4.1 e 4.2.

Tabela 4.2 - Valores das dimensões fractais calculadas para cada trecho de cada derivação, comparando os CV das fases com agulhamento nos estágios desperto (CVk) e transicional (CVt).

ak2	bk2	ck2	dk2	ek2	fk2	at2	bt2	ct2	dt2	et2	ft2
1,07960	1,06110	1,10110	1,09600	1,05370	1,05290	1,08480	1,07160	1,10530	1,12600	1,06700	1,07290
1,07750	1,06400	1,09380	1,08160	1,05260	1,04650	1,06630	1,06100	1,10630	1,11820	1,05090	1,06620
1,06110	1,04450	1,07930	1,06720	1,03200	1,03490	1,03630	1,03770	1,07300	1,07750	1,02810	1,02820
1,06880	1,04820	1,07480	1,08570	1,04450	1,03960	1,02410	1,02620	1,04640	1,06190	1,02440	1,02340
1,08480	1,07160	1,10560	1,12620	1,06880	1,07290	1,03950	1,02400	1,05560	1,06590	1,02100	1,03480
1,07436	1,05788	1,09092	1,09134	1,05032	1,04936	1,05020	1,04410	1,07732	1,08990	1,03828	1,04510
0,000088	0,000127	0,000181	0,000487	0,000182	0,000220	0,000611	0,000452	0,000767	0,000904	0,000395	0,000520
0,00939	0,01128	0,01344	0,02206	0,01349	0,01483	0,02472	0,02126	0,02770	0,03007	0,01987	0,02281
0,008745	0,010661	0,012318	0,020213	0,012841	0,014128	0,023543	0,020358	0,025712	0,027594	0,019136	0,021823
CVk=1.2846%(desperto)						CVt=2.1681%(transicional)					
uk2	vk2	wk2	xk2	yk2	zk2	ut2	vt2	wt2	xt2	yt2	zt2
1,10040	1,07140	1,11710	1,09390	1,05390	1,07140	1,09220	1,09060	1,11730	1,10630	1,07200	1,06810
1,09470	1,06180	1,10210	1,08690	1,05950	1,06540	1,08320	1,07150	1,11080	1,10190	1,05720	1,06410
1,07470	1,04160	1,07360	1,07490	1,05360	1,04820	1,06450	1,04920	1,07930	1,08020	1,03860	1,04880
1,07580	1,06270	1,07810	1,08640	1,05930	1,04670	1,05190	1,03750	1,05050	1,06600	1,03770	1,03720
1,09270	1,09270	1,11030	1,10940	1,07200	1,06700	1,04320	1,03740	1,05160	1,05720	1,03520	1,02800
1,08766	1,06604	1,09624	1,09030	1,05966	1,05974	1,06700	1,05724	1,08190	1,08232	1,04814	1,04924
0,00014	0,00034	0,00038	0,00016	0,00006	0,00013	0,00042	0,00054	0,00100	0,00047	0,00025	0,00029
0,011682	0,018479	0,019422	0,012666	0,007455	0,011445	0,020604	0,02326	0,03162	0,021565	0,01596	0,017123
0,010741	0,017334	0,017717	0,011617	0,007036	0,010799	0,019311	0,022001	0,029226	0,019925	0,015227	0,01632

(A)

Fonte: material elaborado pelo autor, 2011

Tabela 4.3 - Valores das dimensões fractais calculadas para cada trecho de cada derivação, comparando os CV das fases com agulhamento nos estágios transicional (CVt) e sono (CVn).

at2	bt2	ct2	dt2	et2	ft2	an2	bn2	cn2	dn2	en2	fn2
1,08480	1,07160	1,10530	1,12600	1,06700	1,07290	1,02090	1,01980	1,03800	1,04670	1,02540	1,02200
1,06630	1,06100	1,10630	1,11820	1,05090	1,06620	1,04700	1,03690	1,06750	1,07490	1,03530	1,03650
1,03630	1,03770	1,07300	1,07750	1,02810	1,02820	1,06170	1,05680	1,08390	1,07730	1,04630	1,03880
1,02410	1,02620	1,04640	1,06190	1,02440	1,02340	1,05220	1,05850	1,08360	1,07370	1,04740	1,03610
1,03950	1,02400	1,05560	1,06590	1,02100	1,03480	1,05050	1,05280	1,09130	1,08200	1,05300	1,04180
1,05020	1,04410	1,07732	1,08990	1,03828	1,04510	1,04646	1,04496	1,07286	1,07092	1,04148	1,03504
0,000611	0,000452	0,000767	0,000904	0,000395	0,000520	0,000234	0,000271	0,000455	0,000193	0,000122	0,000058
0,02472	0,02126	0,02770	0,03007	0,01987	0,02281	0,01529	0,01645	0,02134	0,01391	0,01104	0,00763
0,023543	0,020358	0,025712	0,027594	0,019136	0,021823	0,014611	0,015746	0,019889	0,012986	0,010603	0,007376
CVt=2.1681%(transicional)						CVn=1.5566%(sono)					
ut2	vt2	wt2	xt2	yt2	zt2	un2	vn2	wn2	xn2	yn2	zn2
1,09220	1,09060	1,11730	1,10630	1,07200	1,06810	1,03130	1,02460	1,02840	1,04880	1,03460	1,01910
1,08320	1,07150	1,11080	1,10190	1,05720	1,06410	1,05620	1,05040	1,06030	1,05490	1,03760	1,03770
1,06450	1,04920	1,07930	1,08020	1,03860	1,04880	1,07010	1,07020	1,08410	1,07000	1,03470	1,04420
1,05190	1,03750	1,05050	1,06600	1,03770	1,03720	1,09330	1,07100	1,10180	1,06300	1,04220	1,05320
1,04320	1,03740	1,05160	1,05720	1,03520	1,02800	1,07880	1,07140	1,09010	1,08440	1,05610	1,06090
1,06700	1,05724	1,08190	1,08232	1,04814	1,04924	1,06594	1,05752	1,07294	1,06422	1,04104	1,04302
0,00042	0,00054	0,00100	0,00047	0,00025	0,00029	0,00056	0,00042	0,00085	0,00019	0,00008	0,00026
0,020604	0,02326	0,03162	0,021565	0,01596	0,017123	0,023591	0,02043	0,029135	0,013845	0,008967	0,016009
0,019311	0,022001	0,029226	0,019925	0,015227	0,01632	0,022131	0,019319	0,027155	0,01301	0,008614	0,015349

(B)

Fonte: material elaborado pelo autor, 2011

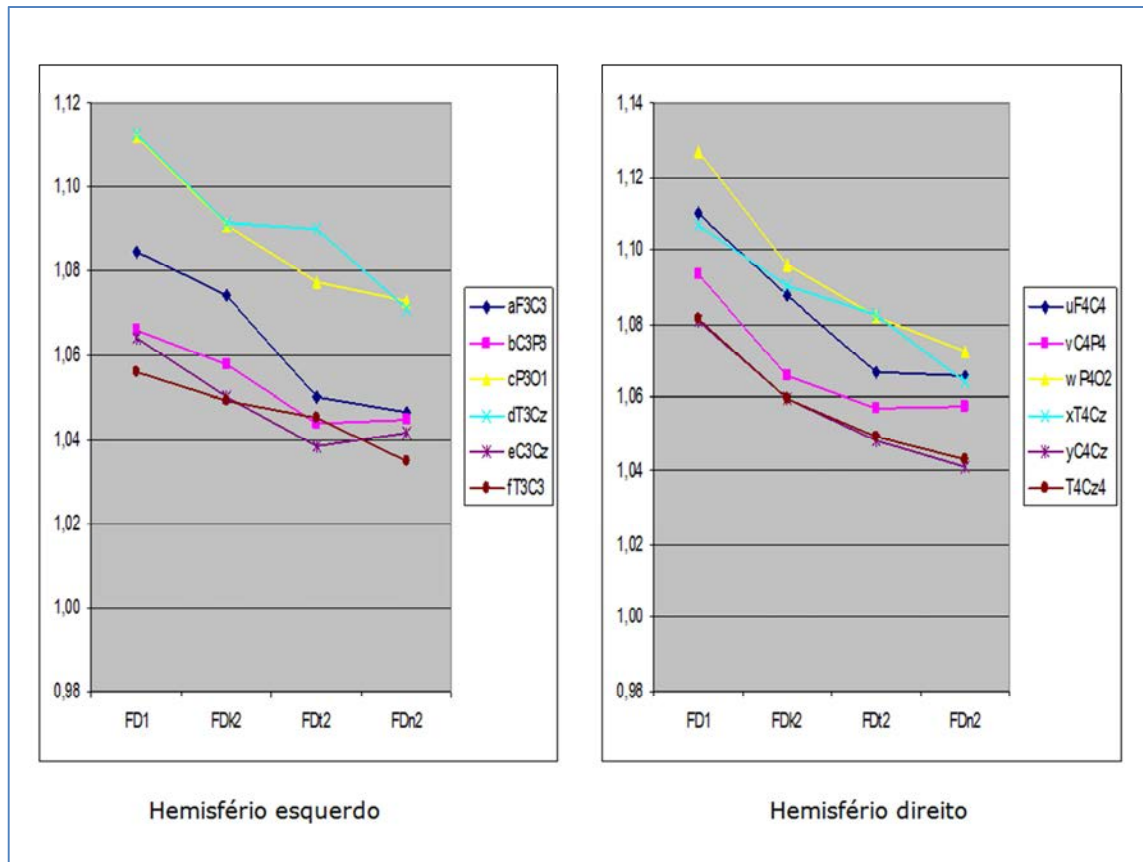
Tabela 4.4 - Valores das dimensões fractais calculadas para cada trecho de cada derivação, comparando os CV das fases com agulhamento nos estágios desperto (CVk) e sono (CVn).

ak2	bk2	ck2	dk2	ek2	fk2	an2	bn2	cn2	dn2	en2	fn2
1,07960	1,06110	1,10110	1,09600	1,05370	1,05290	1,02090	1,01980	1,03800	1,04670	1,02540	1,02200
1,07750	1,06400	1,09380	1,08160	1,05260	1,04650	1,04700	1,03690	1,06750	1,07490	1,03530	1,03650
1,06110	1,04450	1,07930	1,06720	1,03200	1,03490	1,06170	1,05680	1,08390	1,07730	1,04630	1,03880
1,06880	1,04820	1,07480	1,08570	1,04450	1,03960	1,05220	1,05850	1,08360	1,07370	1,04740	1,03610
1,08480	1,07160	1,10560	1,12620	1,06880	1,07290	1,05050	1,05280	1,09130	1,08200	1,05300	1,04180
1,07436	1,05788	1,09092	1,09134	1,05032	1,04936	1,04646	1,04496	1,07286	1,07092	1,04148	1,03504
0,000088	0,000127	0,000181	0,000487	0,000182	0,000220	0,000234	0,000271	0,000455	0,000193	0,000122	0,000058
0,00939	0,01128	0,01344	0,02206	0,01349	0,01483	0,01529	0,01645	0,02134	0,01391	0,01104	0,00763
0,008745	0,010661	0,012318	0,020213	0,012841	0,014128	0,014611	0,015746	0,019889	0,012986	0,010603	0,007376
CVk=1.2846%(desperto)						CVn=1.5566%(sono)					
uk2	vk2	wk2	xk2	yk2	zk2	un2	vn2	wn2	xn2	yn2	zn2
1,10040	1,07140	1,11710	1,09390	1,05390	1,07140	1,03130	1,02460	1,02840	1,04880	1,03460	1,01910
1,09470	1,06180	1,10210	1,08690	1,05950	1,06540	1,05620	1,05040	1,06030	1,05490	1,03760	1,03770
1,07470	1,04160	1,07360	1,07490	1,05360	1,04820	1,07010	1,07020	1,08410	1,07000	1,03470	1,04420
1,07580	1,06270	1,07810	1,08640	1,05930	1,04670	1,09330	1,07100	1,10180	1,06300	1,04220	1,05320
1,09270	1,09270	1,11030	1,10940	1,07200	1,06700	1,07880	1,07140	1,09010	1,08440	1,05610	1,06090
1,08766	1,06604	1,09624	1,09030	1,05966	1,05974	1,06594	1,05752	1,07294	1,06422	1,04104	1,04302
0,00014	0,00034	0,00038	0,00016	0,00006	0,00013	0,00056	0,00042	0,00085	0,00019	0,00008	0,00026
0,011682	0,018479	0,019422	0,012666	0,007455	0,011445	0,023591	0,02043	0,029135	0,013845	0,008967	0,016009
0,010741	0,017334	0,017717	0,011617	0,007036	0,010799	0,022131	0,019319	0,027155	0,01301	0,008614	0,015349

(C)

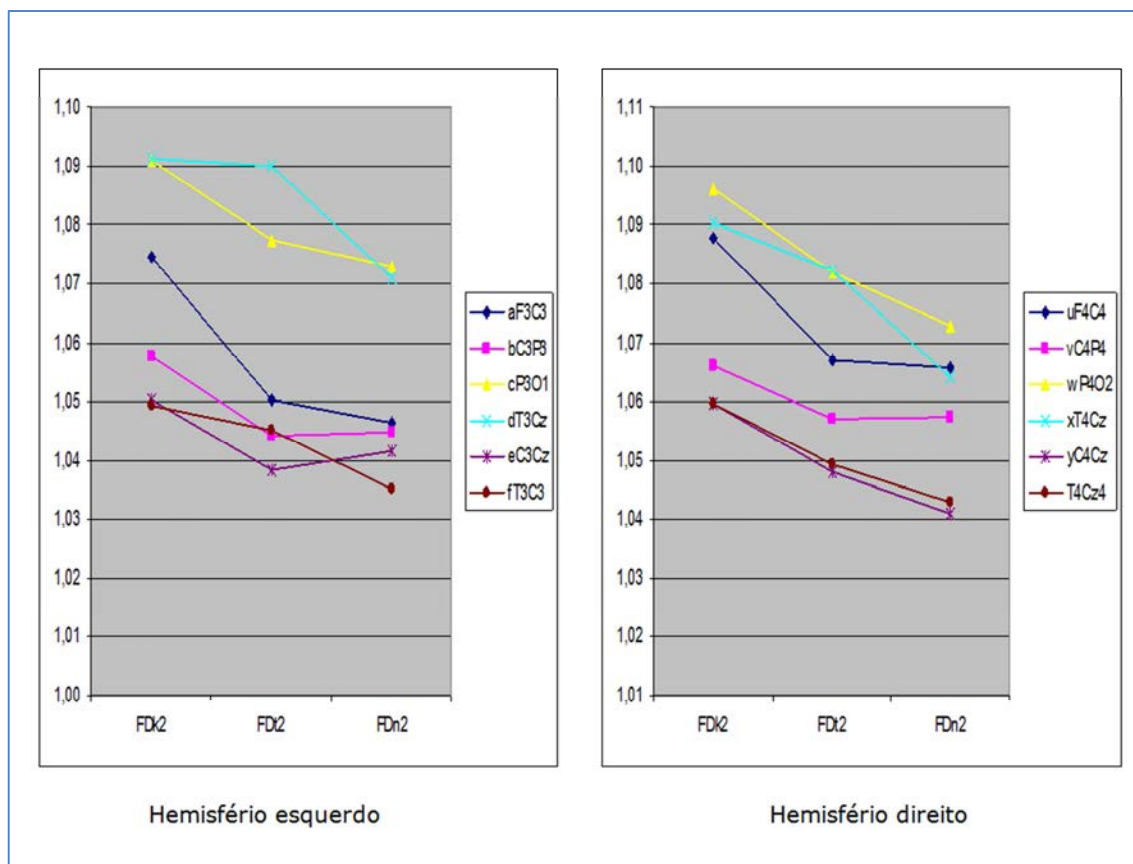
Fonte: material elaborado pelo autor, 2011

Gráfico 4.1 - Perfil de evolução da dimensão fractal da fase sem agulhas até o estágio de sono I (FD1 até FDn2) da fase agulhada.



Fonte: material elaborado pelo autor, 2011

Gráfico 4.2 - Perfil de evolução da dimensão fractal de estágio desperto (FDk2) para estágio de sono I (FDn2) da fase agulhada.



Fonte: material elaborado pelo autor, 2011

4.1.1.2 Aspectos relevantes da situação analisada

O estudo desta situação clínica nos permite algumas observações a serem destacadas com relação ao estudo da dimensão fractal (DF) e do coeficiente de variação (CV) dos trechos selecionados.

Primeiro, que o valor absoluto da DF não traz qualquer indicação diagnóstica por si só, e sua utilidade é absolutamente contextual. Seus valores serão sempre dependentes de uma correlação com a clínica do momento analisado, e somente terão um significado pleno e coerente quando considerados em um contexto dinâmico e comparativo, de tal forma que a compreensão do padrão dinâmico de evolução do sistema seja sempre mais importante do que a mera compreensão da geometria fractal em si, uma vez que a aplicação desta nada é além de um instrumento de caracterização numérica daquele.

Segundo, que o CV tem importância na definição da condição dinâmica (estável ou oscilatória) da característica analisada (em nosso caso, a DF do EEG), sendo somente capaz de informar que há uma situação A que se mantém estável ou que se transmuta em B, mas não sendo capaz de definir o que representa A ou o que vem a ser B. Na situação que vimos de analisar, temos ao início uma DF mais alta com um CV baixo, que evolui para uma DF mais baixa com um CV igualmente baixo. Portanto, o CV não informa a magnitude ou a característica representada pela DF mas, tão somente, a condição de comportamento de um sistema que oscila.

Terceiro, que esta premissa de comparação entre adaptações intrínsecas aos sistemas dinâmicos pode se aplicar a qualquer situação clínica, com ou sem estimulação exógena, e a qualquer momento de qualquer fase desta evolução. Em outras palavras, a metodologia de mensuração vem a ser tão dinâmica quanto os próprios sistemas que ela se propõe a medir.

Estas, e outras características dinâmicas dos sistemas serão reforçadas e enriquecidas nas próximas situações a serem apresentadas.

4.2 COMPARAÇÃO DE RESPOSTA AGUDA E CORRELAÇÃO TOPOGRÁFICA

As situações clínicas analisadas a seguir (4.2.1 a 4.2.4), estarão relacionadas a um sistema em condições estáveis que apresente algum tipo de comportamento adaptativo em resposta a algum fator ambiental exógeno (nestes casos, o agulhamento de um ou mais pontos auriculares), sendo as respectivas variações dinâmicas indicadas por seu padrão de variação de DF.

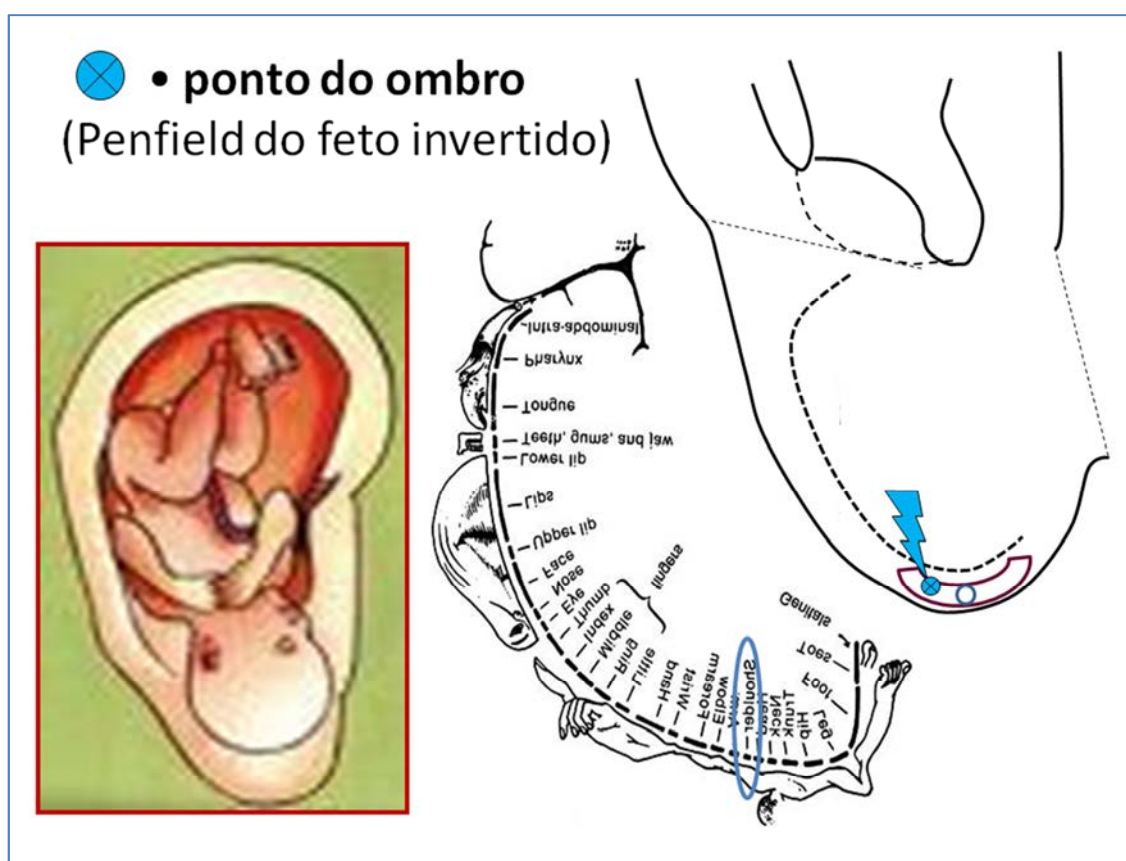
4.2.1 Pontos simétricos ligados à queixa somática (ombralgia)

P.L., feminino, 20 anos de idade, com queixa de ombrobraquialgia à direita, há aproximadamente 2 anos, sem história específica de trauma agudo direto ou indireto, com suspeita clínica de lesão inespecífica por esforços repetitivos (LER); gastralgia e parietalgia eventuais. Ficou interrogada a possibilidade de ser a LER causada por exercícios de musculação com carga inadequada. Interrogou-se, também, a possibilidade de uma etiologia medicamentosa para a gastralgia, a partir

da possível tentativa de analgesia por antiinflamatórios não esteróides e, eventualmente, por corticosteróides. Não apresentava outras comorbidades. Encontrava-se assintomática no momento do exame⁵⁹.

O exame foi conduzido sem intercorrências, tendo sido agulhado, bilateralmente, o ponto da região de ombro da projeção somatosensorial do homúnculo de Penfield, localizado a aproximadamente 1 mm posterior ao ponto mais distal da face externa do lóbulo auricular, seguindo a topografia proposta por Jean-Pierre Fossion (figura 4.7). A escolha do ponto deveu-se à queixa clínica de base.

Figura 4.7 - Ponto do ombro pela projeção do homúnculo de Penfield no lóbulo auricular, segundo a topografia auricular proposta por Fossion.



Fonte: material elaborado pelo autor, com projeção de Penfield e imagem do feto invertido cedidos por Jean-Pierre Fossion, 2009

As dimensões fractais pré e pós agulhamentos são mostradas nas tabelas 4.5 e 4.6.

A tabela 4.5 mostra os valores das DF calculadas para cada trecho de cada derivação selecionada da fase sem agulhamento (fase 1). Notar que os valores

correspondentes aos coeficientes de variação (CV) representados em caselas de cor azul (em um total de onze) têm valor inferior a 1% para os setores avaliados, enquanto que aqueles em caselas de cor vermelha (somente um) superam o valor de 1%. Contudo, o valor médio dos CVs à esquerda (CVmE=0,636%) e à direita (CVmD=0,705%) se mantém abaixo de 1%. Isto nos indica que, a despeito desta única derivação acima de 1%, o comportamento da DF não apresenta grandes flutuações e, possivelmente, o EEG representa um trecho de perfil estável e homogêneo na atividade cortical que, no caso, tem seu valor médio representado por CV1=0,671%.

Tabela 4.5 - Valores das dimensões fractais calculadas para cada trecho de cada derivação, com os respectivos CV da fase sem agulhamento.

sem agulha E	F3C3	C3P3	P3O1	T3Cz	C3Cz	T3C3
n.1	1,07590	1,10460	1,15700	1,16090	1,09390	1,15390
n.2	1,08060	1,10240	1,15320	1,14070	1,09200	1,13560
n.3	1,08400	1,10940	1,14550	1,14910	1,10490	1,12500
n.4	1,08140	1,11470	1,15010	1,15260	1,10400	1,11580
n.5	1,08890	1,11100	1,14360	1,14610	1,09990	1,12760
média	1,08216	1,10842	1,14988	1,14988	1,09894	1,13158
Variância	0,00002	0,00002	0,00003	0,00006	0,00003	0,00021
Desvio Padrão	0,00477	0,00495	0,00549	0,00755	0,00582	0,01434
Coef. Variação	0,00441	0,00446	0,00477	0,00657	0,00530	0,01267
sem agulha D	F4C4	C4P4	P4O2	T4Cz	C4Cz	T4C4
n.1	1,09920	1,11900	1,16040	1,15970	1,10360	1,14260
n.2	1,08440	1,10520	1,16560	1,15150	1,10140	1,13210
n.3	1,07320	1,10160	1,16250	1,16160	1,09420	1,14290
n.4	1,08280	1,10480	1,16050	1,16110	1,09230	1,15030
n.5	1,08480	1,11730	1,16600	1,15200	1,09190	1,14350
média	1,08488	1,10958	1,16300	1,15718	1,09668	1,14228
Variância	0,00009	0,00006	0,00001	0,00003	0,00003	0,00004
Desvio Padrão	0,00930	0,00797	0,00269	0,00501	0,00544	0,00652
Coef. Variação	0,00857	0,00718	0,00232	0,00433	0,00496	0,00571

Fonte: material elaborado pelo autor, 2009

Tabela 4.6 - Valores das dimensões fractais calculadas para cada trecho de cada derivação, com os respectivos CV da fase com agulhamento.

com agulha E	F3C3	C3P3	P3O1	T3Cz	C3Cz	T3C3
n.1	1,08300	1,11190	1,16760	1,17720	1,09810	1,17040
n.2	1,08840	1,11950	1,16070	1,15680	1,08860	1,15420
n.3	1,09680	1,12240	1,16690	1,16280	1,09540	1,15330
n.4	1,08510	1,11740	1,16960	1,15970	1,09650	1,14750
n.5	1,09580	1,12910	1,15350	1,14350	1,08570	1,13930
média	1,08982	1,12006	1,16366	1,16000	1,09286	1,15294
Variância	0,00004	0,00004	0,00004	0,00015	0,00003	0,00013
Desvio Padrão	0,00623	0,00635	0,00658	0,01211	0,00540	0,01143
Coef. Variação	0,00572	0,00567	0,00566	0,01044	0,00494	0,00991
com agulha D	F4C4	C4P4	P4O2	T4Cz	C4Cz	T4C4
n.1	1,09580	1,12830	1,18280	1,17660	1,09210	1,15700
n.2	1,08220	1,10630	1,16600	1,17650	1,10740	1,15030
n.3	1,08400	1,11000	1,17310	1,18140	1,11020	1,16230
n.4	1,09440	1,12970	1,18310	1,17090	1,09340	1,16580
n.5	1,08890	1,12710	1,17460	1,15650	1,08600	1,15810
Média	1,08906	1,12028	1,17592	1,17238	1,09782	1,15870
Variância	0,00004	0,00013	0,00005	0,00009	0,00011	0,00003
Desvio Padrão	0,00605	0,01119	0,00719	0,00962	0,01045	0,00586
Coef. Variação	0,00556	0,00999	0,00612	0,00821	0,00952	0,00505

Fonte: material elaborado pelo autor, 2009

A tabela 4.6 mostra os valores das DF calculadas para cada trecho de cada derivação selecionada da fase com agulhamento (fase 2). Notar que os valores correspondentes aos coeficientes de variação (CV) representados em caselas de cor azul (em um total de onze) têm valor inferior a 1% para os setores avaliados, enquanto que aqueles em caselas de cor vermelha (somente um) superam o valor de 1%. Contudo, o valor médio dos CVs à esquerda (CVmE=0,705%) e à direita (CVmD=0,741%) se mantém abaixo de 1%. Isto nos indica que, a despeito desta única derivação acima de 1%, o comportamento da DF após agulhamento não apresenta grandes flutuações e, possivelmente, o EEG representa um trecho de perfil estável e homogêneo na atividade cortical que, no caso, tem seu valor médio representado por CV2=0,723%.

Os diagramas representando as regiões escalpeanas com as respectivas DF médias, e as indicações das fases com alterações estatisticamente significativas, são apresentados no apêndice B.

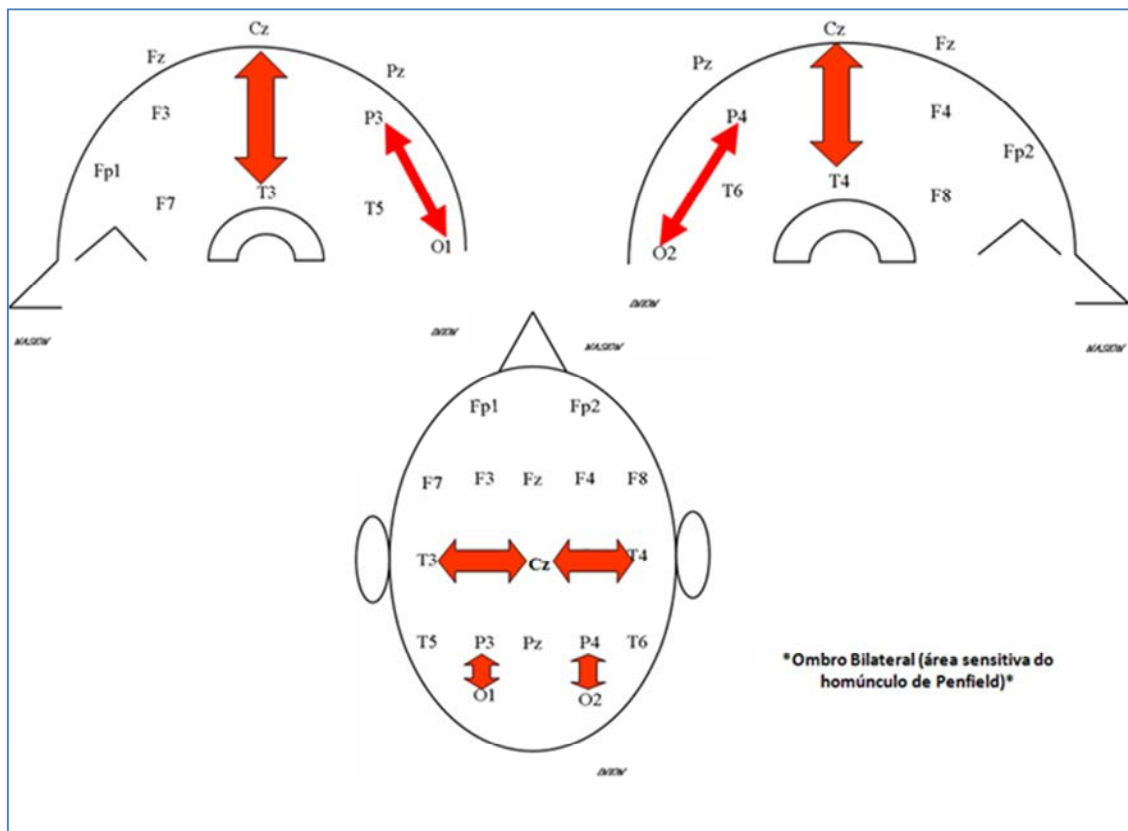
A figura 4.8 mapeia as regiões onde as DF se alteraram ao agulhamento. Observar a coerência do padrão simétrico provocado por agulhamento bilateral do mesmo ponto.

Quanto às possíveis correlações dos pontos agulhados com as áreas estimuladas, algumas questões poderiam ser levantadas.

Por um lado, as regiões T3Cz e T4Cz, simétricas em relação ao eixo sagital, poderiam corresponder ao giro pós central e manteriam correspondência topográfica coerente com o homúnculo sensitivo de Penfield.

Por outro lado, as regiões P3O1 e P4O2, também simétricas em relação ao eixo sagital, não sugerem nenhuma relação topográfica ou anatomofuncional imediata e clara, podendo estar ligadas a outras condições ou a fatores basais da paciente.

Figura 4.8 - Regiões onde as DF foram alteradas ao agulhamento bilateral dos pontos do ombro pela projeção do homúnculo de Penfield no lóbulo auricular, segundo a topografia auricular proposta por Fossion.



Fonte: material elaborado pelo autor, 2009

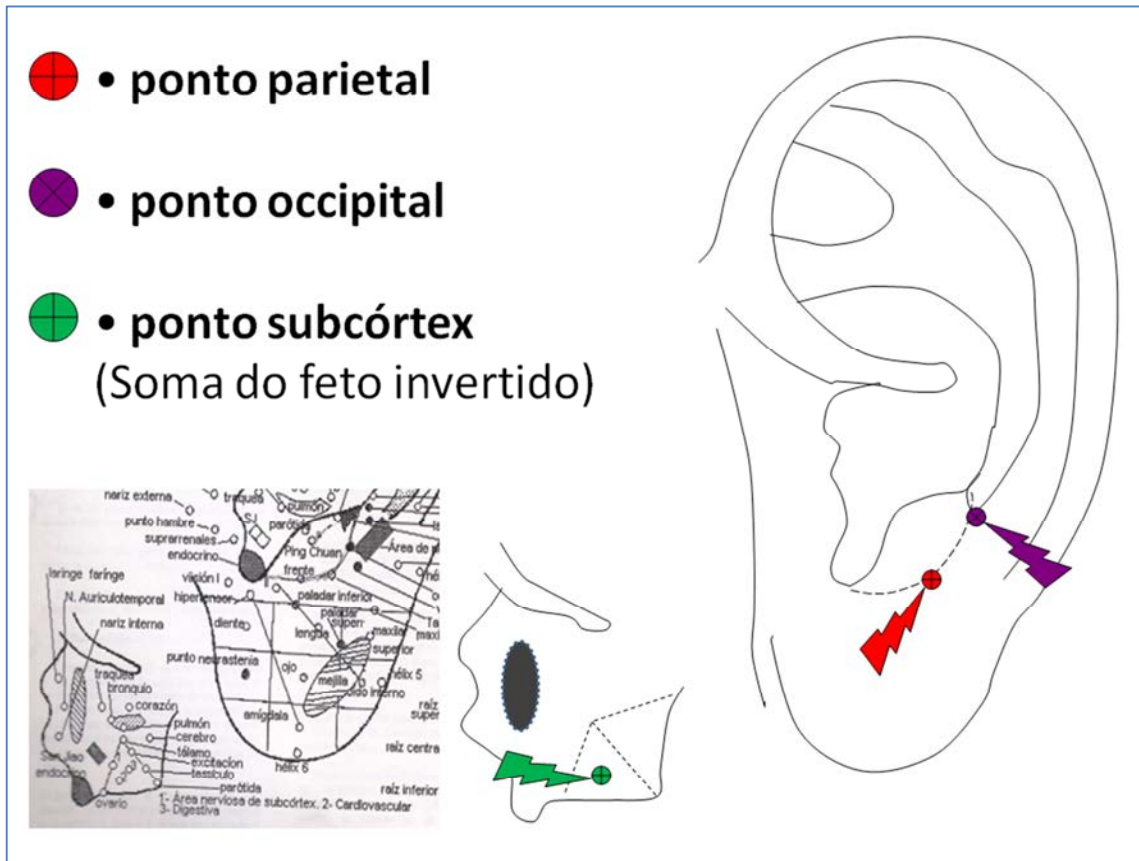
Mais observações seriam necessárias para sustentar explicações e justificativas plausíveis a respeito da simetria e da especificidade do ponto.

4.2.2 Pontos assimétricos não ligados à queixa somática (cefalalgia)

K.M., feminino, 11 anos de idade, longilínea, aparentemente hígida, com queixa de enxaqueca com aura há cerca de um ano, de frequência praticamente diária, de intensidade severa, pulsátil, com perda de sentidos tendo acompanhado o episódio mais recente. Não referia foto ou fonofobia, não apresentava comorbidades. Exceto pelo uso de amitriptilina, suspenso 6 meses antes, não se submetia a outros tratamentos medicamentosos. Encontrava-se assintomática no momento do exame⁵⁹.

O exame foi conduzido sem intercorrências, tendo sido agulhados os pontos parietal e occipital à esquerda, e o ponto subcórtex à direita, seguindo a topografia proposta pela cartografia auricular chinesa. O ponto parietal se localiza na parte média da linha em forma de arco que liga a porção proximal à porção distal do antítrego, e o ponto occipital na parte posterior desta mesma linha em arco. O ponto subcórtex se localiza ao centro do triângulo anterior resultante da divisão de um losango imaginário cobrindo o bordo interno do antítrego (figura 4.9). A escolha dos pontos não teve relação com a queixa de base, seguindo a proposta do protocolo piloto (grupo II).

Figura 4.9 - Pontos das regiões parietal e occipital e suas relações com a linha em forma de arco que liga a porção proximal à porção distal do antítrogo, e ponto subcórtex localizado ao centro do triângulo anterior do losango imaginário cobrindo o bordo interno do antítrogo, segundo a cartografia auricular chinesa.



Fonte: material elaborado pelo autor, com mapa de pontos cedido pelo doutor Ernesto G. Garcia, 2009

As dimensões fractais pré e pós agulhamentos são mostradas nas tabelas 4.7 e 4.8.

A tabela 4.7 mostra os valores das DF calculadas para cada trecho de cada derivação selecionada da fase sem agulhamento (fase 1). Notar que todos os valores correspondentes aos coeficientes de variação (CV) têm valor inferior a 1% para os setores avaliados. Isto nos indica que o comportamento da DF em condições basais não apresenta grandes flutuações e, possivelmente, o EEG representa um trecho de perfil estável e homogêneo na atividade cortical.

Tabela 4.7 - Valores das dimensões fractais calculadas para cada trecho de cada derivação, com os respectivos CV da fase sem agulhamento.

sem agulha E	F3C3	C3P3	P3O1	T3Cz	C3Cz	T3C3
n.1	1,16700	1,12540	1,11210	1,16430	1,17590	1,15660
n.2	1,15290	1,11470	1,10700	1,15180	1,16140	1,14510
n.3	1,14310	1,11930	1,11600	1,16040	1,15380	1,14450
n.4	1,13900	1,13060	1,12720	1,16630	1,15250	1,14170
n.5	1,14870	1,11690	1,11940	1,17010	1,16510	1,13490
Média	1,15014	1,12138	1,11634	1,16258	1,16174	1,14456
Variância	0,00012	0,00004	0,00006	0,00005	0,00009	0,00006
Desvio Padrão	0,01081	0,00652	0,00763	0,00697	0,00949	0,00785
Coef. Variação	0,00940	0,00582	0,00683	0,00600	0,00817	0,00686
sem agulha D	F4C4	C4P4	P4O2	T4Cz	C4Cz	T4C4
n.1	1,14600	1,12590	1,13430	1,18470	1,17200	1,15370
n.2	1,12930	1,10950	1,12400	1,17530	1,15920	1,14370
n.3	1,13850	1,10880	1,12620	1,17530	1,16300	1,14790
n.4	1,13730	1,11080	1,13570	1,17640	1,15600	1,14140
n.5	1,13600	1,11320	1,12540	1,16530	1,15070	1,15500
Média	1,13742	1,11364	1,12912	1,17540	1,16018	1,14834
Variância	0,00004	0,00005	0,00003	0,00005	0,00006	0,00004
Desvio Padrão	0,00597	0,00706	0,00545	0,00688	0,00800	0,00598
Coef. Variação	0,00525	0,00634	0,00482	0,00586	0,00690	0,00521

Fonte: material elaborado pelo autor, 2009

Tabela 4.8 - Valores das dimensões fractais calculadas para cada trecho de cada derivação, com os respectivos CV da fase com agulhamento.

com agulha E	F3C3	C3P3	P3O1	T3Cz	C3Cz	T3C3
n.1	1,11550	1,10840	1,09940	1,15220	1,12700	1,13680
n.2	1,11150	1,10520	1,10190	1,15390	1,11770	1,14030
n.3	1,12470	1,10610	1,09570	1,15290	1,12630	1,13380
n.4	1,11920	1,08740	1,09260	1,14600	1,12740	1,13590
n.5	1,11910	1,09870	1,09620	1,16160	1,12570	1,15970
Média	1,11800	1,10116	1,09716	1,15332	1,12482	1,14130
Variância	0,00002	0,00007	0,00001	0,00003	0,00002	0,00011
Desvio Padrão	0,00490	0,00849	0,00358	0,00557	0,00403	0,01055
Coef. Variação	0,00438	0,00771	0,00327	0,00483	0,00359	0,00924
com agulha D	F4C4	C4P4	P4O2	T4Cz	C4Cz	T4C4
n.1	1,12320	1,10010	1,11440	1,15900	1,14710	1,13400
n.2	1,11710	1,09450	1,11620	1,16010	1,14820	1,12980
n.3	1,14120	1,10440	1,11530	1,16350	1,15470	1,14140
n.4	1,15480	1,09380	1,10780	1,15950	1,15860	1,14080
n.5	1,15870	1,11150	1,11860	1,17120	1,16670	1,14230
Média	1,13900	1,10086	1,11446	1,16266	1,15506	1,13766
Variância	0,00034	0,00005	0,00002	0,00003	0,00006	0,00003
Desvio Padrão	0,01852	0,00736	0,00404	0,00509	0,00804	0,00549
Coef. Variação	0,01626	0,00668	0,00362	0,00438	0,00696	0,00483

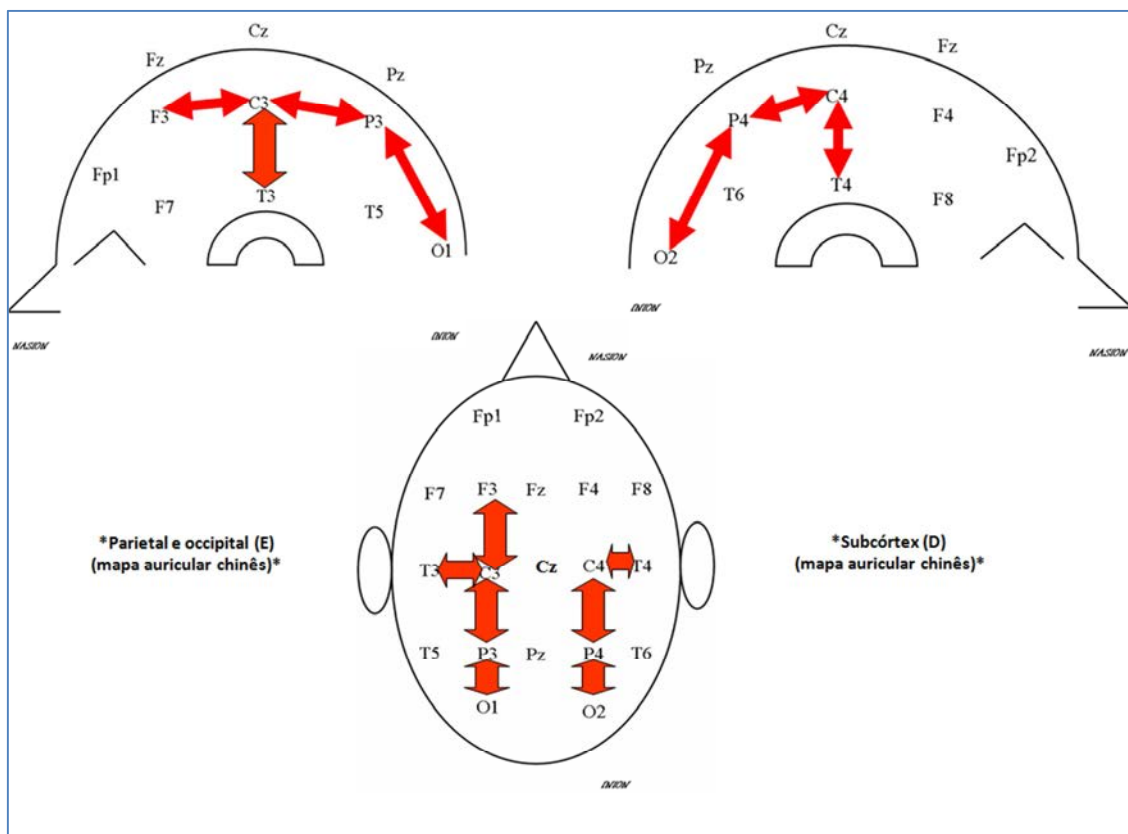
Fonte: material elaborado pelo autor, 2009

A tabela 4.8 mostra os valores das DF calculadas para cada trecho de cada derivação selecionada da fase com agulhamento (fase 2). Notar que somente um dos valores correspondentes aos coeficientes de variação (CV) tem valor superior a 1% para os setores avaliados, sugerindo que o comportamento da DF não apresenta grandes flutuações e, possivelmente, se tratando de um trecho de EEG com perfil estável e homogêneo na atividade cortical (valor médio de 0,712% para o hemisfério direito, e de 0,631% para os dois hemisférios).

Os diagramas representando as regiões escalpeanas com as respectivas DF médias, e as indicações das fases com alterações estatisticamente significativas, são apresentados no apêndice C.

A figura 4.10 mapeia as regiões onde as DF se alteraram ao agulhamento. Observar que, neste caso, houve simetria parcial das regiões sensibilizadas, principalmente se considerarmos a sensibilização sem correspondência de simetria de F3C3. Porém, não podemos afirmar que foi guardada relação inequívoca com a assimetria dos pontos agulhados.

Figura 4.10 - Regiões onde as DF foram alteradas ao agulhamento dos pontos parietal e occipital à esquerda, e ponto subcórtex à direita, segundo a cartografia auricular chinesa.



Com respeito a possíveis correlações topográficas com os pontos agulhados, o hemicrânio esquerdo tem suas regiões parietal e occipital claramente estimuladas, apesar da presença adicional de um componente frontal.

Já o ponto subcórtex, podendo representar elementos morfológicos ou funcionais gerais do encéfalo, não permite uma inferência direta com relação às áreas alteradas.

4.2.3 Pontos assimétricos não ligados à queixa somática (cefalalgia)

L.M., feminino, 8 anos de idade, aparentemente hígida, com queixa de enxaqueca com aura, há quase 2 anos, em geral desencadeada por odores e contrariedades, de frequência quase diária, em pontada, com fotofonofobia, náuseas e cinetose; não fazia uso de medicação. Encontrava-se assintomática no momento do exame⁵⁹.

O exame foi conduzido sem intercorrências, tendo sido agulhados os pontos frontal e vértex à direita, e ponto cérebro à esquerda, seguindo a topografia proposta pela cartografia auricular chinesa. O ponto frontal se localiza na parte anteroinferior da linha em forma de arco que liga a porção anterior à porção posterior do antítrogo. O ponto vértex se localiza a aproximadamente 1,5 mm abaixo da borda posterosuperior desta mesma linha em arco. O ponto cérebro se localiza ao centro do triângulo posterior resultante da divisão de um losango imaginário cobrindo o bordo interno do antítrogo (figura 4.11). A escolha dos pontos não teve relação com a queixa de base, seguindo a proposta do protocolo piloto (grupo I).

As dimensões fractais pré e pós agulhamentos são mostradas nas tabelas 4.9 e 4.10.

Tabela 4.9 - Valores das dimensões fractais calculadas para cada trecho de cada derivação, com os respectivos CV da fase sem agulhamento.

sem agulha E	F3C3	C3P3	P3O1	T3Cz	C3Cz	T3C3
n.1	1,16130	1,15770	1,18650	1,16760	1,15810	1,15890
n.2	1,17180	1,17420	1,17930	1,17280	1,17750	1,15470
n.3	1,18310	1,19480	1,20840	1,17510	1,18840	1,17100
n.4	1,18170	1,19030	1,22000	1,17890	1,17920	1,17830
n.5	1,17770	1,16900	1,21620	1,18330	1,16850	1,16530
média	1,17512	1,17720	1,20208	1,17554	1,17434	1,16564
Variância	0,000079	0,000234	0,000331	0,000036	0,000132	0,000089
Desvio Padrão	0,008883	0,015312	0,018180	0,005963	0,011501	0,009411
Coef. Variação	0,007559	0,013007	0,015124	0,005073	0,009794	0,008073
sem agulha D	F4C4	C4P4	P4O2	T4Cz	C4Cz	T4C4
n.1	1,12530	1,14850	1,20290	1,18080	1,14700	1,14730
n.2	1,14200	1,14760	1,20150	1,17330	1,15440	1,15200
n.3	1,15080	1,17590	1,22120	1,17870	1,16640	1,16190
n.4	1,14670	1,16960	1,23070	1,18070	1,16700	1,16700
n.5	1,14410	1,16020	1,23950	1,17950	1,15120	1,16410
média	1,14178	1,16036	1,21916	1,17860	1,15720	1,15846
Variância	0,000096	0,000158	0,000282	0,000010	0,000082	0,000071
Desvio Padrão	0,009780	0,012554	0,016788	0,003089	0,009063	0,008409
Coef. Variação	0,008566	0,010819	0,013770	0,002621	0,007832	0,007259

Fonte: material elaborado pelo autor, 2009

Tabela 4.10 - Valores das dimensões fractais calculadas para cada trecho de cada derivação, com os respectivos CV da fase com agulhamento.

com agulha E	F3C3	C3P3	P3O1	T3Cz	C3Cz	T3C3
n.1	1,13170	1,15410	1,17890	1,16810	1,14080	1,14180
n.2	1,14120	1,16430	1,16670	1,16780	1,15110	1,14260
n.3	1,16090	1,16520	1,16950	1,17900	1,17710	1,15410
n.4	1,16990	1,16940	1,17120	1,17230	1,18610	1,15440
n.5	1,17510	1,17620	1,16890	1,17170	1,18760	1,16740
Média	1,15576	1,16584	1,17104	1,17178	1,16854	1,15206
Variância	0,000348	0,000065	0,000022	0,000020	0,000455	0,000110
Desvio Padrão	0,018650	0,008072	0,004680	0,004522	0,021322	0,010485
Coef. Variação	0,016136	0,006924	0,003996	0,003859	0,018247	0,009101
com agulha D	F4C4	C4P4	P4O2	T4Cz	C4Cz	T4C4
n.1	1,10340	1,13500	1,20900	1,18480	1,13080	1,17100
n.2	1,11570	1,15120	1,21060	1,16980	1,13890	1,16410
n.3	1,10610	1,13130	1,21570	1,17440	1,14080	1,15900
n.4	1,11400	1,13230	1,20910	1,18270	1,14280	1,16130
n.5	1,13270	1,14860	1,19560	1,17860	1,15780	1,15580
Média	1,11438	1,13968	1,20800	1,17806	1,14222	1,16224
Variância	0,000132	0,000090	0,000056	0,000037	0,000097	0,000033
Desvio Padrão	0,011474	0,009472	0,007450	0,006101	0,009830	0,005767
Coef. Variação	0,010296	0,008311	0,006167	0,005179	0,008606	0,004962

Fonte: material elaborado pelo autor, 2009

A tabela 4.10 mostra os valores das DF calculadas para cada trecho de cada derivação selecionada da fase com agulhamento (fase 2). Notar que os valores correspondentes aos coeficientes de variação (CV) representados em caselas de cor azul (em um total de nove) têm valor inferior a 1% para os setores avaliados, enquanto que aqueles em caselas de cor vermelha (em um total de três) superam o valor de 1%. Contudo, o valor médio dos CVs à esquerda ($CV_{mE}=0,961\%$) e à direita ($CV_{mD}=0,725\%$) se mantém abaixo de 1%. Isto nos sugere que, a despeito destas duas derivações acima de 1%, o comportamento da DF não apresenta grandes flutuações e, possivelmente, o EEG representa um trecho de perfil suficientemente estável e homogêneo na atividade cortical que, no caso, tem seu valor médio representado por $CV_2=0,843\%$.

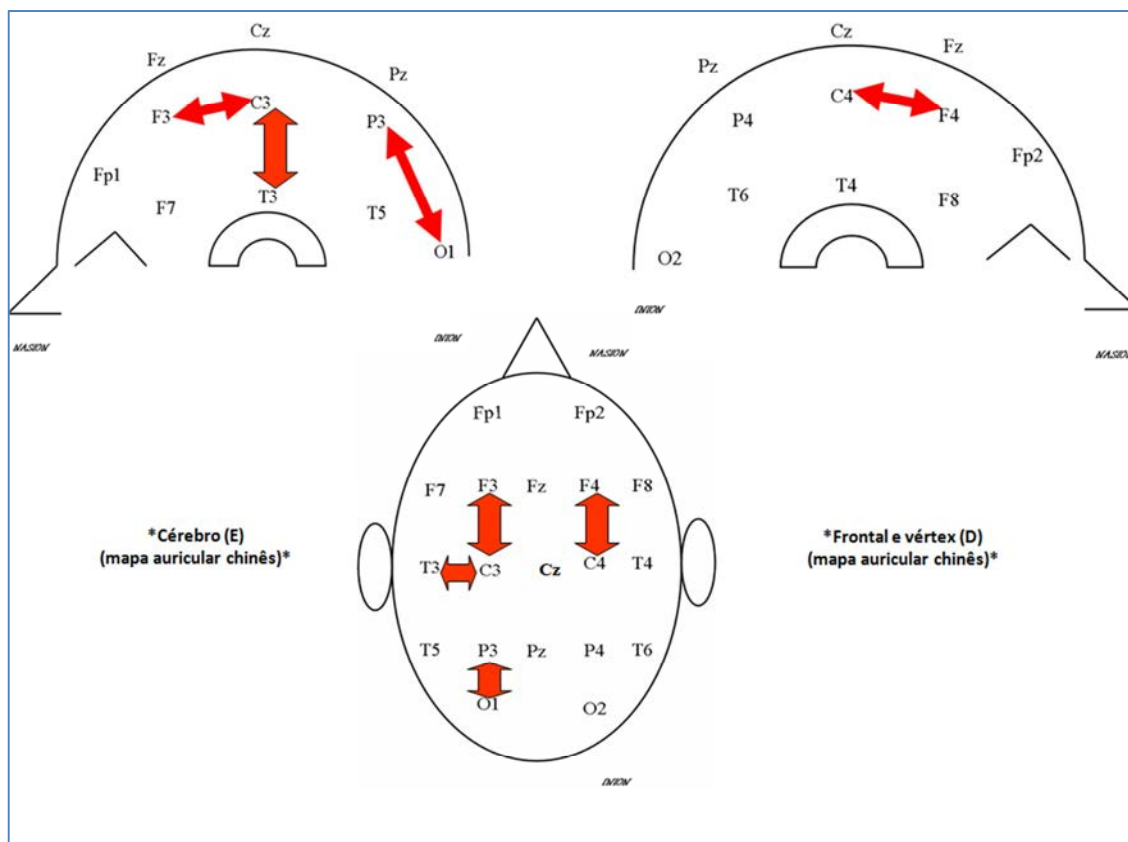
Os diagramas representando as regiões escalpeanas com as respectivas DF médias, e as indicações das fases com alterações estatisticamente significativas, são apresentados no apêndice D.

A figura 4.12 mapeia as regiões onde as DF se alteraram ao agulhamento. Observar que, neste caso, não houve simetria das regiões sensibilizadas, havendo então coerência com a assimetria dos pontos agulhados.

Considerando-se as possíveis correlações topográficas, o hemicrânio direito tem somente sua região frontal alterada (F4C4), apesar de que a proximidade com o eixo sagital não permite que se despreze alguma influência de um possível componente de vértex.

Aqui, como o ponto subcórtex na situação anterior, o ponto cérebro pode estar representando diferentes elementos morfológicos ou funcionais gerais do encéfalo, não permitindo uma inferência direta com relação às áreas alteradas, porém não sendo incoerente com a sensibilização de uma área mais extensa, difusa e não exclusiva.

Figura 4.12 - Regiões onde as DF foram alteradas ao agulhamento dos pontos frontal e vértex à direita, e ponto cérebro à esquerda, segundo a cartografia auricular chinesa.



Fonte: material elaborado pelo autor, 2009

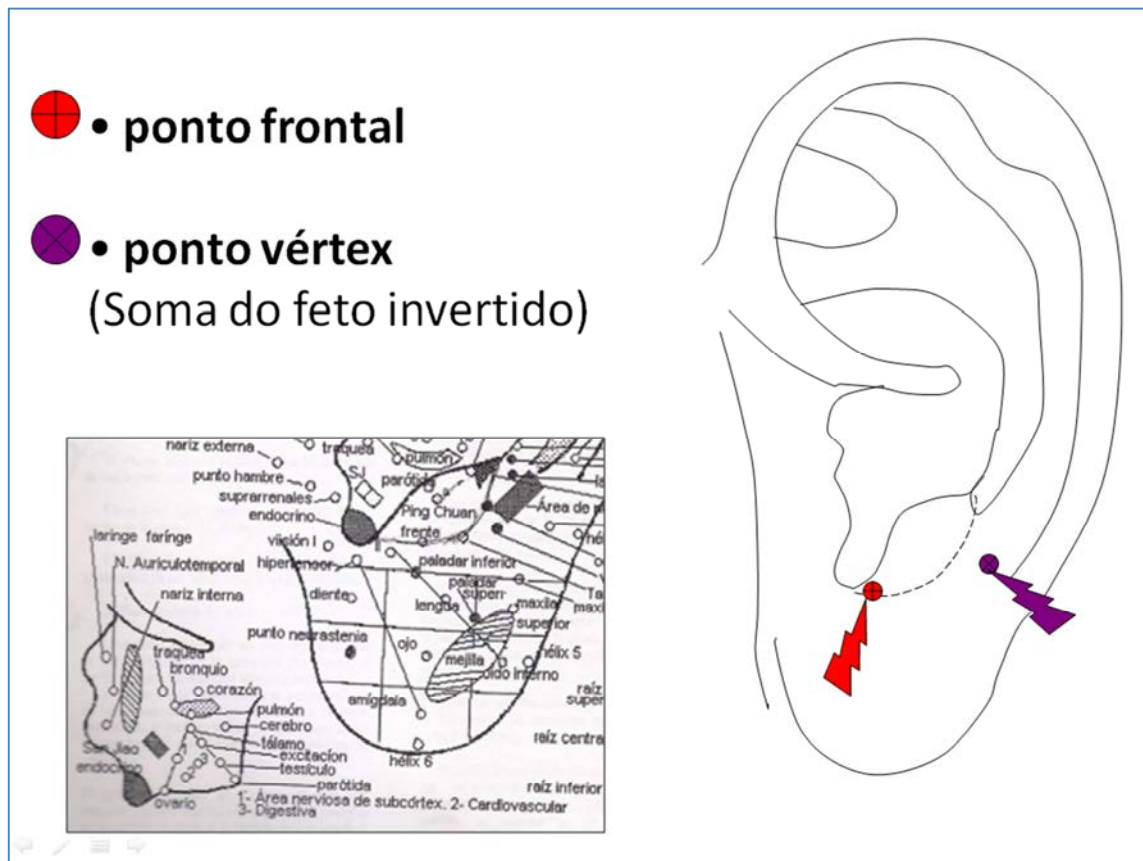
4.2.4 Pontos simétricos ligados à queixa somática (cefalalgia)

D.G., masculino, 12 anos de idade, longilíneo, aparentemente hígido, com queixa de enxaqueca com aura, há cerca de um ano, de frequência praticamente diária, de intensidade severa, predominando em vértex, pulsátil, causando náusea e malestar, foto e fonofobia, acordando no meio da noite devido à dor. Há cerca de 4 meses, evoluindo com temporalgia à direita, eventualmente associada a verticalgia. Tinha queixa de gastralgia eventual, porém não apresentava comorbidades nem se submetia a outros tratamentos medicamentosos. Encontrava-se assintomático no momento do exame⁵⁷⁻⁵⁹.

O exame foi conduzido sem intercorrências, tendo sido agulhados os pontos frontal e vértex, bilateralmente, seguindo a topografia proposta pela cartografia auricular chinesa. O ponto frontal se localiza na parte anteroinferior da linha em forma de arco que liga a porção anterior à porção posterior do antítrogo. O

ponto vértex se localiza a aproximadamente 0,15 mm abaixo da borda posterosuperior desta mesma linha em arco (figura 4.13). A escolha dos pontos deveu-se, basicamente, à queixa clínica de base.

Figura 4.13 - Pontos da fronte e do vértex e suas relações com a linha em forma de arco que liga a porção proximal à porção distal do antítargo (círculos vermelhos), segundo a cartografia auricular chinesa.



Fonte: material elaborado pelo autor, com mapa de pontos cedido pelo doutor Ernesto G. Garcia, 2009

As dimensões fractais pré e pós agulhamentos são mostradas nas tabelas 4.11 e 4.12.

A tabela 4.11 mostra os valores das DF calculadas para cada trecho de cada derivação selecionada da fase sem agulhamento (fase 1). Notar que os valores correspondentes aos coeficientes de variação (CV) representados em caselas de cor azul (em um total de dez) têm valor inferior a 1% para os setores avaliados, enquanto que aqueles em caselas de cor vermelha (em um total de dois) superam o valor de 1%. Contudo, o valor médio dos CVs à esquerda (CVmE=0,77865%) e à direita (CVmD=0,65305%) se mantém abaixo de 1%. Isto nos indica que, a despeito

destas duas derivações acima de 1%, o comportamento da DF não apresenta grandes flutuações e, possivelmente, o EEG representa um trecho de perfil estável e homogêneo na atividade cortical que, no caso, tem seu valor médio representado por $CV1=0,71585\%$.

Tabela 4.11 - Valores das DF calculadas para cada trecho de cada derivação da fase sem agulhamento.

sem agulha E	F3C3	C3P3	P3O1	T3Cz	C3Cz	T3C3
n.1	1,13680	1,14720	1,20040	1,20940	1,14840	1,16050
n.2	1,13700	1,14870	1,19490	1,20210	1,14890	1,15970
n.3	1,12310	1,13460	1,18910	1,18480	1,14530	1,14100
n.4	1,11740	1,13650	1,18780	1,17470	1,14680	1,12670
n.5	1,12290	1,13700	1,20970	1,19780	1,14920	1,15210
média	1,12744	1,14080	1,19638	1,19376	1,14772	1,14800
Variância	0,000080	0,000044	0,000081	0,000194	0,000003	0,000203
Desvio Padrão	0,00893	0,00661	0,00898	0,01391	0,00164	0,01425
Coef. Variação	0,007924	0,005794	0,007504	0,011653	0,001428	0,012416
sem agulha D	F4C4	C4P4	P4O2	T4Cz	C4Cz	T4C4
n.1	1,12030	1,13620	1,21710	1,18570	1,14930	1,13590
n.2	1,12710	1,13360	1,21440	1,19080	1,15960	1,14080
n.3	1,12740	1,13930	1,19620	1,18280	1,16490	1,13360
n.4	1,11310	1,13740	1,20190	1,17150	1,15790	1,12340
n.5	1,12590	1,11750	1,21670	1,18630	1,15850	1,14440
média	1,12276	1,13280	1,20926	1,18342	1,15804	1,13562
Variância	0,00004	0,00008	0,00009	0,00005	0,00003	0,00006
Desvio Padrão	0,006115	0,008799	0,009591	0,007253	0,005615	0,008022
Coef. Variação	0,005447	0,007768	0,007932	0,006129	0,004849	0,007064

Fonte: material elaborado pelo autor, 2009

Tabela 4.12 - Valores das DF calculadas para cada trecho de cada derivação da fase com agulhamento.

com agulha E	F3C3	C3P3	P3O1	T3Cz	C3Cz	T3C3
n.1	1,11730	1,10810	1,14000	1,19100	1,13910	1,14220
n.2	1,11720	1,11360	1,16040	1,18810	1,14400	1,15070
n.3	1,13380	1,11740	1,16050	1,17250	1,14770	1,14770
n.4	1,13420	1,10940	1,13780	1,17370	1,13940	1,13690
n.5	1,12060	1,11120	1,13640	1,17070	1,13650	1,12780
Média	1,12462	1,11194	1,14702	1,17920	1,14134	1,14106
Variância	0,000075	0,000014	0,000152	0,000091	0,000020	0,000083
Desvio Padrão	0,00867	0,00368	0,01233	0,00956	0,00446	0,00910
Coef. Variação	0,007711	0,003314	0,010747	0,008110	0,003912	0,007978
com agulha D	F4C4	C4P4	P4O2	T4Cz	C4Cz	T4C4
n.1	1,11750	1,12920	1,18720	1,16680	1,14940	1,14550
n.2	1,11190	1,11420	1,19570	1,17160	1,14400	1,13930
n.3	1,13520	1,11440	1,18770	1,17410	1,14770	1,13990
n.4	1,13750	1,11380	1,14850	1,18510	1,15690	1,14620
n.5	1,13360	1,11970	1,15350	1,18440	1,16050	1,14750
Média	1,12714	1,11826	1,17452	1,17640	1,15170	1,14368
Variância	0,00013	0,00004	0,00048	0,00007	0,00005	0,00001
Desvio Padrão	0,01161	0,006577	0,021806	0,008065	0,006802	0,003799
Coef. Variação	0,010301	0,005882	0,018566	0,006856	0,005906	0,003322

Fonte: material elaborado pelo autor, 2009

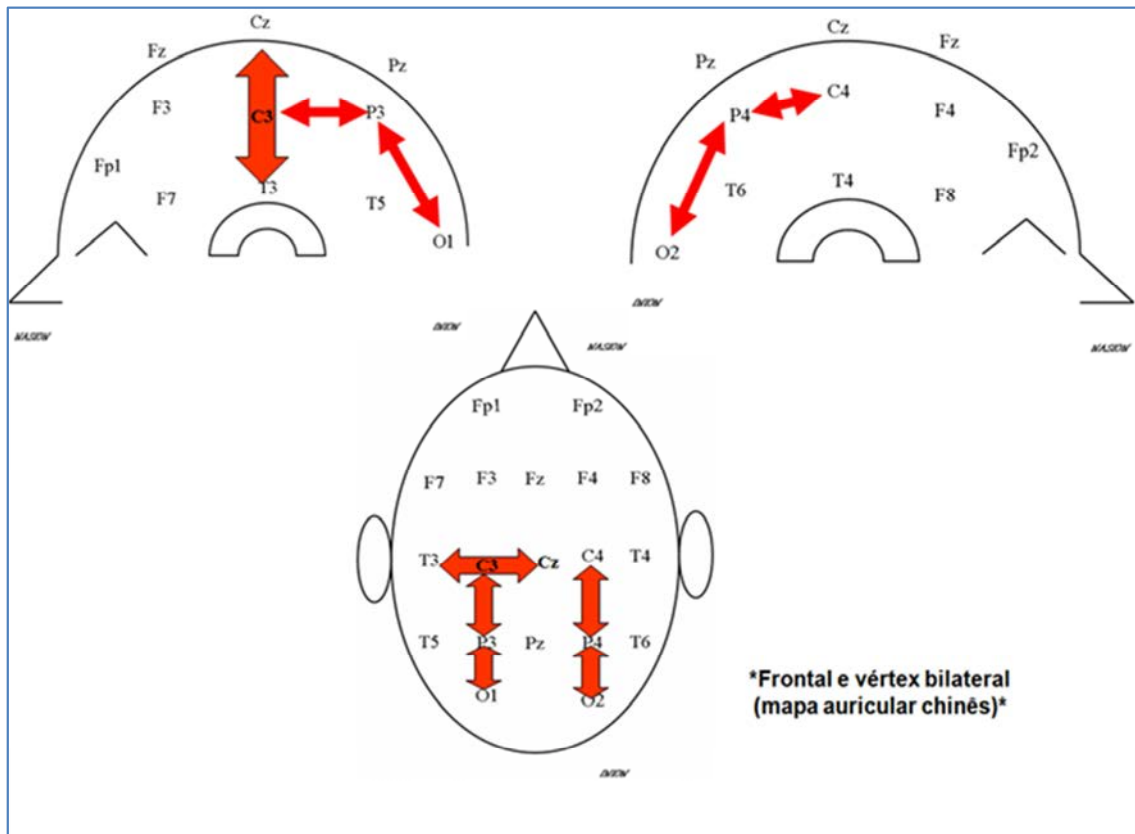
A tabela 4.12 mostra os valores das DF calculadas para cada trecho de cada derivação selecionada da fase sem agulhamento (fase 1). Notar que os valores correspondentes aos coeficientes de variação (CV) representados em caselas de cor azul (em um total de nove) têm valor inferior a 1% para os setores avaliados, enquanto que aqueles em caselas de cor vermelha (em um total de três) superam o valor de 1%. Contudo, o valor médio dos CVs à esquerda ($CV_{mE}=0,6962\%$) e à direita ($CV_{mD}=0,8472\%$) se mantém abaixo de 1%. Isto nos indica que, a despeito destas três derivações acima de 1%, o comportamento da DF não apresenta grandes flutuações e, possivelmente, o EEG representa um trecho de perfil estável e homogêneo na atividade cortical que, no caso, tem seu valor médio representado por $CV_2=0,7717\%$.

Os diagramas representando as regiões escalpeanas com as respectivas DF médias, e as indicações das fases com alterações estatisticamente significativas, são apresentados no apêndice E.

A figura 4.14 mapeia as regiões onde as DF se alteraram ao agulhamento. Neste caso, houve simetria parcial das regiões sensibilizadas, com o

setor T3Cz sendo aquele a impedir uma total simetria em relação aos pontos agulhados.

Figura 4.14 - Regiões onde as DF foram alteradas ao agulhamento bilateral dos pontos frontal e vértex, segundo a cartografia auricular chinesa



Fonte: material elaborado pelo autor, 2009

Neste sentido, as possíveis correlações topográficas são de mais difícil visualização, com um predomínio de elementos pós centrais podendo se relacionar aos pontos do vértex, porém sem alterações em regiões frontais de ambos os hemisférios.

4.2.1.1 Aspectos relevantes das situações analisadas

Como pudemos observar da análise destas situações, algumas vezes não é viável uma avaliação direta da correlação entre áreas corticais e pontos agulhados, devido ao viés imposto à interpretação morfofuncional pela associação de pontos diferentes no protocolo piloto. Em função disto, optou-se por uma

orientação de utilização de ponto único para as investigações ulteriores, até que se venha a acumular mais experiência na abordagem por coativação dos múltiplos fatores.

A situação 4.2.1 se refere a uma queixa de caráter cronificado, envolvendo uma região somática extensa (ombro e 1/3 proximal de braço). As situações de 4.2.2 a 4.2.4 também se referem a queixas com caráter de evolução crônica, e apresentam a cefaléia como queixa de base.

Digno de nota é que as DF do quadro de ombrobraquialgia que não sofrem alteração ao agulhamento são de valor absoluto menor do que as que respondem ao estímulo. Por outro lado, ao contrário do que ocorreu nos casos de cefaléia, as DF que se alteram têm uma tendência de aumento do seu valor.

Isto nos chama novamente a atenção para o fato de que o estado dos fractais é um fator dinâmico, podendo estar mais dependente da condição inicial de cada paciente, enquanto sistema caótico, do que de um quadro padronizado de comportamento de sistemas simples que tendam a apresentar níveis padronizados que sejam “buscados” pelos fractais em processos de adaptação.

Mas, curiosamente, tanto o aumento na situação 4.2.1 quanto as diminuições nas situações 4.2.3 e 4.2.4, tendem a um valor médio próximo, como se este valor correspondesse a uma região que se comportasse como um atrator do sistema. Já o valor médio da situação 4.2.2 é francamente inferior aos valores médios das demais situações.

Mais análises envolvendo maior quantidade de dados serão necessárias para poder se confirmar estas suspeitas. Porém, elas nos levam para caminhos bastante interessantes.

4.3 COMPARAÇÃO DE FASES PRÉ E PÓS TRATAMENTOS

A presente situação se trata do paciente da situação 4.2.4, sendo avaliado em função de suas respostas clínicas durante o tratamento por acupuntura^{57,58}.

Sua análise visava, basicamente, o acesso às informações em ‘tempo real’ permitido pelo uso da geometria fractal quando aplicada a condições particulares. Estas informações podem igualmente se referir ao comportamento de

um sistema em qualquer dado momento, e às possibilidades de desenvolvimento de qualquer sistema dado. Para tal, utilizaram-se os registros de EEG em várias fases do seguimento terapêutico. Este seguimento constou de séries de sessões de agulhamento intercaladas com pausas sem agulhamento, e o registro de EEG era feito em função de características clínicas identificadas em cada período de tratamento ou de pausa.

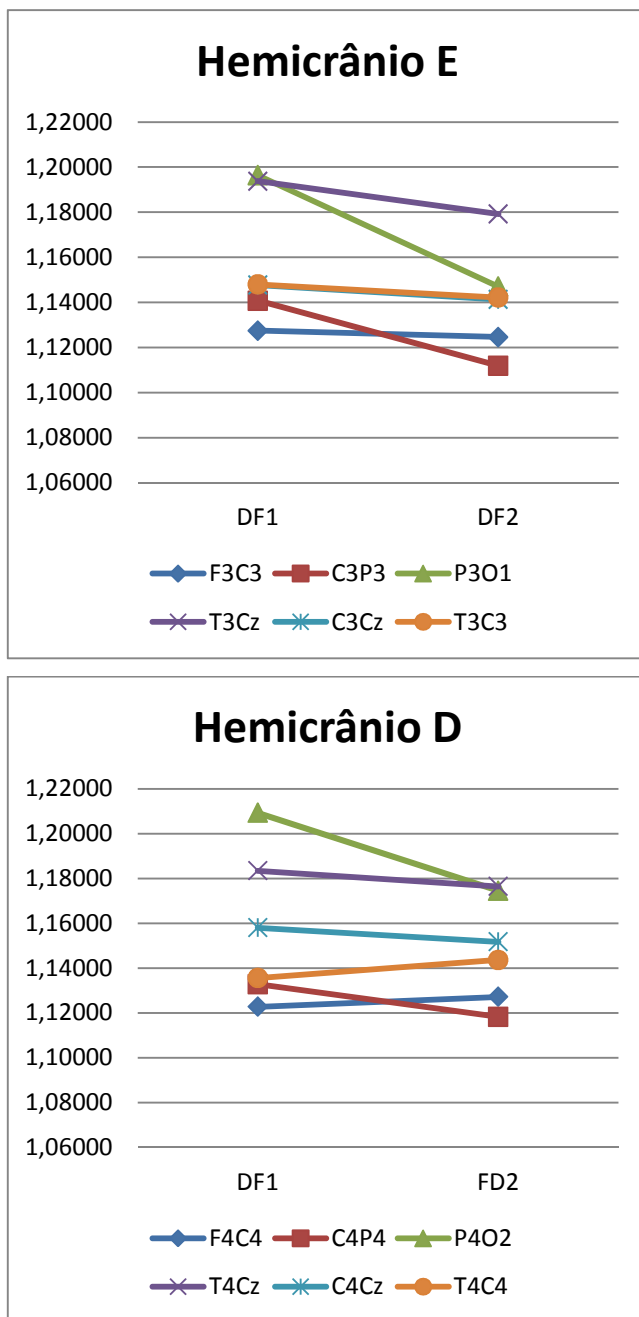
Assim, após os registros iniciais, sem e com agulhamento, como descritos na discussão da situação 4.2.4, foram realizados três registros de reteste, nos quais não se procedia a nenhum agulhamento durante o exame.

4.3.1 Esquema das séries de seguimento e retestes de controle

Relembrando os pontos essenciais da anamnese do paciente da situação 4.2.4, em início de novembro de 2008 ele apresentava queixa de cefaleia há aproximadamente um ano, de frequência quase diária, de caráter pulsátil, predominando em vértex, de intensidade severa causando despertar noturno devido à dor; associava-se a náusea, mal estar, fotofobia e fonofobia. Desde julho de 2008 evoluía com temporalgia à direita, com eventual verticalgia associada.

O primeiro EEG foi registrado em 5 de novembro de 2008, com o paciente ainda virgem de tratamento por acupuntura. Conforme discutido em relação à situação 4.2.4, as DF que apresentaram alteração ao agulhamento o fizeram por uma queda de seus valores (figura 4.15).

Figura 4.15 - Perfil de evolução fractal antes (DF1) e após (DF2) o agulhamento bilateral dos pontos frontal e vértex, segundo a cartografia auricular chinesa.



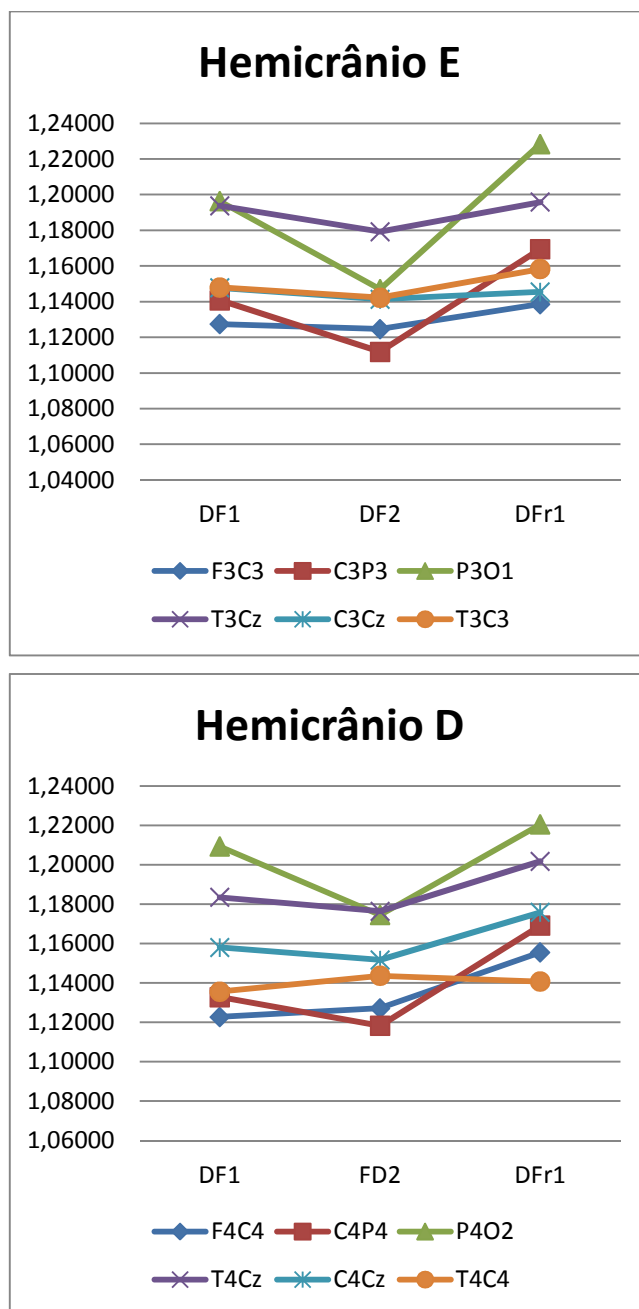
Fonte: material elaborado pelo autor, 2009

Iniciou-se a primeira série de tratamento, onde foram realizadas 4 sessões de agulhamento (nos dias 7, 11, 14 e 17 de novembro de 2008), usando-se exclusivamente acupuntura auricular. Em 19 de novembro de 2008 foi realizado o primeiro reteste (r1) de EEG, para controle da série inicial de agulhamentos. Nesta ocasião, ao final desta série, o paciente apresentava melhora importante dos

sintomas, porém ainda sem remissão total. Foi então feita a primeira pausa do seguimento.

Analisando-se comparativamente os resultados do teste inicial com o primeiro reteste, observa-se que o gráfico ligando as DF apresenta uma tendência inversa, de elevação de ambas as fases sem e com agulhamento. Assim, era interessante notar que este padrão de elevação aparentemente não se associava à condição da melhora clínica (figura 4.16). Pode indicar, por outro lado, que sob o efeito do agulhamento há alguma forma de modulação cortical que não é mantida após a retirada das agulhas.

Figura 4.16 - Perfil de evolução fractal após o primeiro reteste (DFr1), incluindo as etapas anteriores.



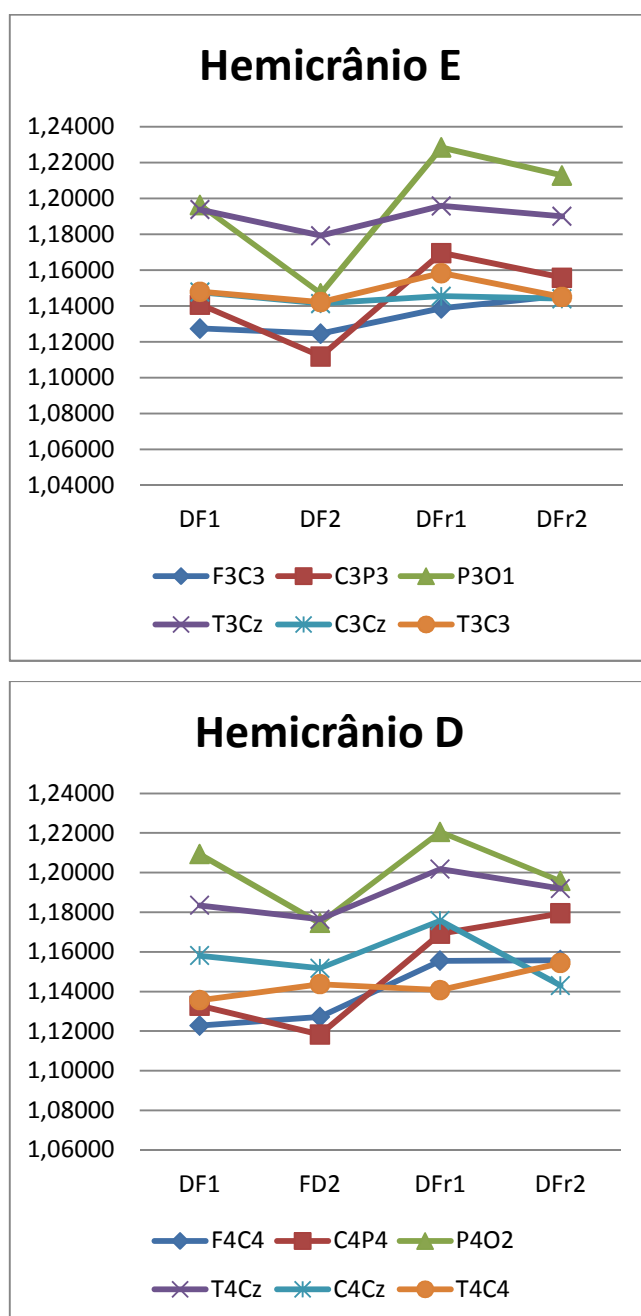
Fonte: material elaborado pelo autor, 2010

A segunda série de tratamento constou de 4 sessões (em 25 de novembro, 4, 9 e 16 de dezembro de 2008), usando-se exclusivamente acupuntura sistêmica. Seguiram-se as 4 sessões da terceira série (em 29 de janeiro, 5, 12 e 19 de fevereiro de 2009), as 3 sessões da quarta série (em 29 de abril, 6 e 13 de maio de 2009) e outras 3 sessões da quinta série (em 11 e 18 de agosto e primeiro de setembro de 2009), todas elas com associação de acupuntura auricular e sistêmica.

O segundo reteste (r2) de controle foi registrado em 11 de setembro de 2009. Nesta ocasião, o paciente encontrava-se assintomático nos últimos 4 meses.

Ao se comparar r2 com o teste inicial e r1, observou-se que as DF voltaram a apresentar uma tendência de queda, aparentemente coerente com o padrão de melhora clínica do paciente (figura 4.17).

Figura 4.17 - Perfil de evolução fractal após o segundo reteste (DFr2), incluindo as etapas anteriores.



Fonte: material elaborado pelo autor, 2010

Porém, haviam duas exceções em regiões do hemisfério direito (C4P4 e T4C4), cujos aumentos aparentemente isolados eram intrigantes. Ao se questionar quanto à razão deste comportamento, pensou-se na possibilidade de que a diminuição da DF não seria um sinal exclusivo de melhora do fractal do EEG, estando assim dissociado da melhora clínica.

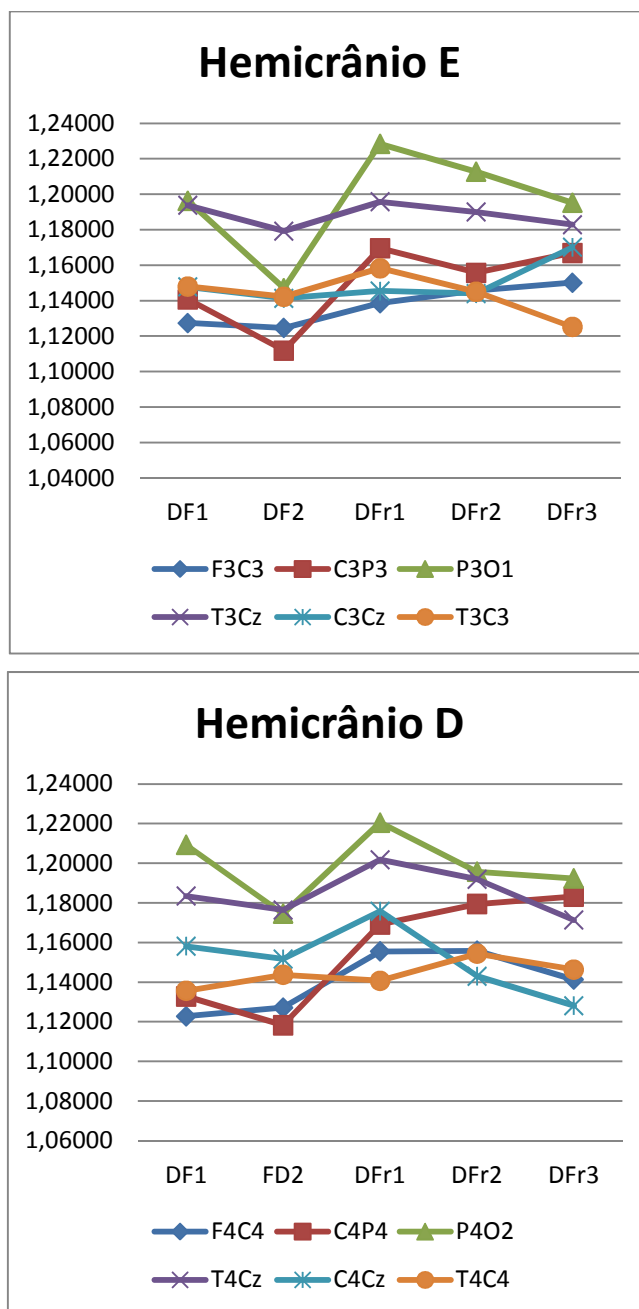
Por outro lado, como a mudança restringia-se apenas a estas regiões, algumas outras possíveis interpretações foram aventadas. Poderia ser esta modificação coerente com um retorno cortical a níveis basais? Ou poderia indicar somente uma piora no EEG sem uma concomitante piora clínica? Ou poderia, ainda, estar indicando a área predominantemente afetada pela condição de base? Ou, mesmo, estaria ligada a alguma condição independente da sintomatologia?

Estas questões ficaram sem respostas até 21 de junho de 2010, quando o paciente retornou ao serviço com queixa de parietalgia à D (área correspondente a C4P4). Considerando que a última sessão de acupuntura havia sido feita em primeiro de setembro de 2009, e tendo o paciente permanecido assintomático por 42 semanas desde então, levantamos a suspeita de que, realmente, a elevação da DF em C4P4 corresponderia a uma antecipação da piora clínica, até então não manifestada.

Caso esta alternativa fosse correta, i.e., que a elevação da DF na região de C4P4 correspondesse a uma antecipação de um quadro de piora para o paciente assintomático, então poderíamos esperar que um EEG atual do paciente sintomático viesse a mostrar uma persistência na elevação das DF alteradas.

Procedeu-se, então, ao registro do terceiro reteste (r3) de controle em 25 de junho de 2010, e seus resultados foram comparados com os testes e retestes anteriores (figura 4.18).

Figura 4.18 - Perfil de evolução fractal após o terceiro reteste (DFr3), incluindo as etapas anteriores.



Fonte: material elaborado pelo autor, 2011

Aqui, pode-se observar a persistência isolada da elevação de C4P4 no hemisfério direito. No hemisfério esquerdo, a elevação na região C3Cz não apresentou correlação clínica aparente.

4.3.1.1 Aspectos relevantes das situações analisadas

A presente situação é particularmente interessante, pois mostra um padrão de evolução do fractal aparecendo como previsor da evolução clínica ulterior, e abre caminho para algumas considerações.

Uma delas seria a potencial utilização do fractal do EEG como identificador das condições iniciais de um tratamento clínico antes mesmo de suas manifestações clínicas, a nível ambulatorial ou de uma investigação científica. A evolução do fractal após a instituição de um procedimento terapêutico pode ser dimensionada, tendo o indivíduo como seu próprio controle em teste e reteste, ou sendo comparado com controles externos em modelos transversais ou longitudinais. Além disso, diversas abordagens terapêuticas podem ser comparadas entre si, como alopatia com homeopatia ou com acupuntura, entre tantos outros exemplos.

Uma possível vantagem, neste sentido, pode ser o fato de que as alterações já possam vir a ser identificadas em sua fase de evolução energética, podendo-se documentar uma ação terapêutica antes mesmo que a patologia se manifeste a nível funcional ou morfológico, casos estes em que o prognóstico tende a ser mais reservado.

Outra consideração seria a da coerência do padrão de evolução do fractal com um padrão de evolução esperado em um tratamento energético. Tomando-se por base a propedêutica da MTC, com sua característica eminentemente preventiva, sabemos que as condições sintomáticas - que já identificam, no mínimo, uma fase de evolução funcional - são antecedidas por alterações energéticas em um prazo que pode variar de meses a anos. Assim, seria possível se supor uma piora progressiva a partir do momento em que se passa um período de tempo sem submeter-se a um tratamento específico. Contudo, não dispúnhamos, até o momento, de qualquer método ou aparato que nos permitisse demonstrar aquilo que conseguimos avaliar através da semiologia energética.

Particularmente no caso de nosso paciente, chegou a ser proposto um retorno por volta de janeiro de 2010, para prevenir possíveis recidivas. Porém, por encontrar-se assintomático naquele momento, o mesmo preferiu manter-se sem tratamento, possivelmente para evitar o desconforto trazido pela aplicação das agulhas. Em assim fazendo, permitiu que sua condição de base voltasse a níveis iniciais, fato que foi demonstrado e antecipado pela medida fractal do EEG.

Aqui também se reforçaria a percepção de que o uso do fractal não deve ser resumido a condições estáticas e definitivas dos modelos simples e estacionários. O carácter dinâmico do comportamento do fractal o credencia às avaliações mais dinâmicas e evolutivas dos sistemas complexos e adaptativos. De forma semelhante, o valor absoluto da DF não deve ser entendido como uma caracterização de um determinado estado ou condição, assim como um aumento da DF não indica melhora da situação ou sua diminuição uma piora.

De qualquer forma, uma situação que fica evidente é a de que existem diferenças detectáveis no comportamento do fractal dos registros de EEG, referentes às várias fases dos processos diagnósticos e terapêuticos em acupuntura. E, mais ainda, estas diferenças podem sinalizar na direção da antecipação dos possíveis comportamentos dos sistemas analisados, possibilitando a mensuração de possíveis previsões de evolução destes mesmos sistemas.

Evidentemente, possíveis mensurações destas diferenças como indicação de mudanças intrínsecas constituem um projeto almejado, mas ainda algo longínquo, basicamente pela falta de um modelo teórico para se proceder a esta análise. Neste sentido, abre-se uma possibilidade para a busca dos elementos que possam facilitar essa interpretação, seja por modelos de auto-organização matemáticos³² ou conceituais⁹⁶, seja por reconstrução técnica de atratores²³, ou mesmo por alguma outra proposta, ainda por vir.

5 CONCLUSÕES.

Tendo como premissa o referencial do presente trabalho, este visou, inicialmente, identificar e melhor compreender os limites de uma nova leitura, que potencialmente se apresentava pela utilização da geometria fractal como instrumento de mensuração e de quantificação em sistemas complexos dinâmicos e adaptativos.

Este estudo pode demonstrar, por meio das situações apresentadas, como as potencialidades do uso de metodologia baseada em técnicas não lineares e do domínio do caos para fins diagnósticos, terapêuticos e preventivos são amplas e variadas, podendo fazer parte do cabedal de atuação de pesquisadores ecléticos e inovadores, com uma abordagem mais ampliada dos problemas de saúde, e com as respectivas adaptações adequadas a seu meio ou a seu objeto de estudo.

Particularmente, a dimensão fractal (DF) do traçado de EEG pode ser usada, entre outras aplicações, no desenvolvimento de parâmetros para acessar e avaliar o uso de variada gama de abordagens diagnósticas e terapêuticas, desde aquelas ligadas a causas primárias de morbididade, até aquelas de caráter idiopático ou criptogênico. Da mesma forma, pode ser utilizada na avaliação de medidas terapêuticas, farmacológicas ou não, desde as consagradas pela prática, até aquelas ainda em fases iniciais ou avançadas de desenvolvimento.

No caso de nosso estudo, foi abordada a possibilidade do uso da acupuntura para morbididades neurológicas e suas terapêuticas. Isto incluiria as virtualidades em termos da mensuração não linear de diagnósticos diferenciais para condições particulares, prognósticos, avaliações de tratamentos, avaliações de fármacos para comparação entre si ou com a própria acupuntura.

Entre as instâncias clínicas da aplicabilidade de técnicas não lineares em serviços públicos de saúde, poderíamos citar as cefaleias, as síndromes convulsivas, as síndromes demenciais e as respectivas abordagens diagnósticas e terapêuticas, entre outras.

Quanto aos possíveis desdobramentos futuros resultantes desta mudança de referencial, é preciso especial atenção às idiosincrasias afeitas aos princípios básicos de interpretação e caracterização dos sistemas dinâmicos, e a sua linguagem particular. Isto incluiria o cuidado de não estar se limitando ao uso de

seus termos específicos, sem uma real intenção e prática na direção da efetiva mudança de referenciais e paradigmas coerentes com a nova prática.

Entre os possíveis aspectos que devem ser destacados está o fato de que a mensuração propiciada pela geometria fractal é dinâmica. Necessita, então, de medidas defasadas cronologicamente para se poder analisar adequadamente a evolução de sistemas dinâmicos. Portanto, devem ser entendidas as limitações do uso do fractal como medida estática, uma vez que podem dar a falsa impressão de se estar caracterizando uma condição ou se definindo um diagnóstico do sistema quando, na realidade, estará simplesmente tomando a parte pelo todo.

Possíveis virtudes do uso do EEG são o seu baixo custo, viabilizando medidas em “tempo real”, oferecendo informação numérica (portanto, objetiva), permitindo seletividade dos parâmetros e características avaliados.

Como limitações ao uso do EEG, temos o fato de estarmos usando eletrodos de superfície (sinais limitados ao córtex?/ presença de componentes subcorticais?), e a questão de não podermos definir o padrão predominante do sinal (aferência?/ eferência?/ ambos?).

Quanto aos recursos técnicos utilizados neste estudo para a mensuração do fractal, estes são primitivos e pouco elaborados, pois lançaram mão de recursos de computação gráfica básica e dependentes de montagem por um processo artesanal e operador dependente. Surge, então, a necessidade de serem desenvolvidos novos recursos que, ao mesmo tempo em que nos brindem com medidas mais rápidas e confiáveis, estejam dentro de um custo acessível para pesquisas em centros cujas restrições orçamentárias possam se apresentar como restrição à investigação científica.

Neste sentido, os próximos passos para projetos vindouros poderiam se voltar para a elaboração de aplicativos e de *softwares* que direcionem seus algoritmos para o cálculo dos fractais utilizando diretamente os dados obtidos a partir dos *samples* da digitalização do traçado analógico do EEG.

Isto poderia estar indo na direção das propostas de Minayo^{17,18} no que se refere a um conceito multidisciplinar que envolva inovação e tecnologia no cabedal do pós-graduando em Saúde Coletiva, assim como estar criando opções de utilização desta tecnologia em programas de saúde pública, para diagnóstico e/ou seguimento.

Finalmente, e em função do exposto, recomenda-se a necessidade de novos estudos para redefinir e aprofundar as conclusões, reforçando-se a sugestão de maior cooperação transdisciplinar e multicêntrica.

6. IMPLICAÇÕES FUTURAS

As implicações futuras podem ser sugeridas a partir de diversos referenciais, inclusive tomando-se como referência a própria dimensão fractal do EEG proposta neste estudo, porém sem se limitar a ela.

Mas, qualquer que seja a tendência adotada, deve-se ter claro e presente que a utilização de técnicas não lineares como recurso técnico e metodológico para o estudo de situações biopsicossociais, em suas respectivas facetas técnicas e clínicas, se mostra mais do que simples virtualidade.

Sua aplicação pode estender-se desde condições materiais como a estequiometria farmacológica, até condições energéticas como as dinamizações homeopáticas e antropológicas.

Pode prestar-se a medições morfológicas com a mesma desenvoltura que se presta a estimativas funcionais ou a avaliações sociológicas, para micro ou macrossistemas, fornecendo elementos e parâmetros balizadores, quer para abordagens quantitativas, quer para abordagens qualitativas.

Sua abrangência transita do estático ao dinâmico, do determinístico ao probabilístico, do exato ao subjetivo, do concreto ao abstrato, em todas as suas possíveis nuances de tons e paletas, tendo o caos e a complexidade como aliados e como suporte na elaboração e compreensão de um universo de possibilidades. Destarte, ampliando o pensar clássico antes de negá-lo, e complementando-o sem antagonizá-lo, permite superar a compartimentalização e as limitações desenhadas e desejadas pelo cientificismo e engessada por seus modelos estanques.

Faz da transdisciplinaridade o seu campo de abrangência e da epistemologia sua linguagem. Abraça, amparada pela teoria dos sistemas complexos dinâmicos e adaptativos, os recursos da geometria fractal e da física quântica, ultrapassando os limites do pensar cartesiano e dos sistemas simples e lineares da física clássica.

Seu potencial de aplicação é amplo, assim como o são seus campos de ampliação ligados às infinitas possibilidades e desdobramentos oriundos da adaptabilidade dos sistemas dinâmicos multifacetados.

Apesar de enfrentar grandes desafios de conceptualização e de validação, urgido pela racionalização da lógica dominante, oferece respostas originais aos questionamentos levantados por situações ao mesmo tempo sutis e

limítrofes, impossíveis de serem visualizadas sem que troquemos as lentes de nossos microscópios ou telescópios intelectuais.

A ampla gama de situações passíveis de análise por abordagens não lineares, e a imensa diversidade de profissionais potencialmente envolvidos em um foco transdisciplinar servirão de alavanca para o desenvolvimento destes sistemas. A necessidade de pessoal com formação polivalente, heterodoxa e criativa se beneficiará com a inclusão e entrosamento de grupos acadêmicos ou de pesquisa institucional.

Dependerá, ainda, e por algum tempo, da disposição daqueles que queiram se debruçar sobre o desconhecido que, como uma noite escura, antecede um amanhecer de novos desdobramentos. Mas a recompensa pelo encontro com novos horizontes, que servirão de combustível a novos desafios, será capaz de manter viva a chama desta busca.

REFERÊNCIAS

1. Cotran R, Kumar V, Robbins S. Patologia estrutural e funcional. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1991.
2. Yun AJ, Bazar KA, Gerber A, Lee PY, Daniel SM. The dynamic range of biologic functions and variation of many environmental cues may be declining in the modern age: implications for diseases and therapeutics. *Med Hypotheses*. 2005; 65(1):173-8.
3. Kalache A, Veras P, Ramos L. O envelhecimento da população mundial: um desafio novo. *Rev Saúde Pública*. 1987; 21(3):200-10.
4. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Brasil em números / IBGE. Centro de Documentação e Disseminação de Informações. 2013; 21:1-392.
5. Sousa L, Galante H, Figueiredo D. Qualidade de vida e bem-estar dos idosos: um estudo exploratório na população portuguesa. *Rev Saúde Pública*. 2003; 37(3):364-71.
6. Ramos L, Veras P, Kalache A. Envelhecimento populacional: uma realidade brasileira. *Rev Saúde Pública*. 1987; 21(3):211-24.
7. Veras R. Envelhecimento populacional contemporâneo: demandas, desafios e inovações: [revisão]. *Rev Saúde Pública*. 2009; 43(3):548-54.
8. McEwen B. Protective and damaging effects of stress mediators. *N Engl J Med*. 1998; 338(3):171-80.
9. World Health Organization. *Teacher's guide to good prescribing*. Geneva: WHO; 2001.
10. Patricio K, Alves N, Alves N, Queluz T. Teaching the Rational Use of Medicines to medical students: a qualitative research. *BMC Medical Education (Online)*. 2012; 12:56 - 63.
11. Chieffi A, Barata R. Ações judiciais: estratégia da indústria farmacêutica para introdução de novos medicamentos. *Rev Saúde Pública*. 2010; 44(3):421-9.
12. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. Política Nacional de Práticas Integrativas e Complementares no SUS - PNPIC-SUS. Brasília: Ministério da Saúde; 2006.
13. Capra F. O tao da física. Um paralelo entre a física moderna e o misticismo oriental. São Paulo: Cultrix; 1983.
14. Miranda AR. Estudo comparativo de soluções ultra diluídas de LiCl: espectroscopia de impedância no intervalo de frequência entre 1 kHz e 13MHz [tese doutorado]. São Paulo: Instituto de Física, Universidade de São Paulo; 2008.

15. Jin G, Jin L, Jin J. Contemporary medical acupuncture. Beijing: Higher Education Press; 2006.
16. Yamamura Y. Acupuntura tradicional, a arte de inserir. São Paulo: Roca; 1993.
17. Rocha CLMSC. Complexidade e genética. In: Guerrini IA, organizador. Ensaio sobre caos e complexidade: aplicações transdisciplinares em saúde e educação. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais; 2009. p. 155-163.
18. Minayo MCS, Costa OS. Pós-Graduação em Saúde Coletiva: um projeto em construção. Cien Saude Colet 1997; 4(1,2):53-71.
19. Minayo MCS. A pós-graduação em Saúde Coletiva. Cien Saude Colet 2010; 15(4):1897-1907.
20. Brasil. Ministério de Ciência e Tecnologia. Ciência, Tecnologia e Inovação para o Desenvolvimento Nacional. Plano de Ação 2007-2010. Brasília: Ministério de Ciência e Tecnologia; 2007.
21. Godoy MF. Teoria do caos aplicada à Medicina [tese livre docência]. São José do Rio Preto: Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto; 2003.
22. Bergé P, Pomeau Y, Dubois-Gance M. Dos ritmos ao caos. São Paulo: Unesp; 1996.
23. West BJ. Where medicine went wrong. Rediscovering the path to complexity. Singapore: World Scientific; 2006.
24. Nicolescu B. Um novo tipo de conhecimento – transdisciplinaridade. In: Litto F M, editor. Educação e transdisciplinaridade. São Paulo: CETRANS-USP; 1999. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0012/001275/127511por.pdf> Acesso em: 30 jun.2014.
25. Kuhn TS. A estrutura das revoluções científicas. São Paulo: Perspectiva; 1992.
26. Prigogine I. As leis do caos. S. Paulo: Ed. UNESP; 2002.
27. Mandelbrot B. The fractal geometry of nature. New York: Freeman; 1983.
28. Guerrini IA, Spagnuolo RS. Perspectivas históricas para aplicações de caos, complexidade e transdisciplinaridade no século XXI. In: Guerrini IA, organizador. Ensaio sobre caos e complexidade: aplicações transdisciplinares em saúde e educação. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais; 2009. p. 75-91.
29. Prigogine I. O fim das certezas. S. Paulo: Ed. UNESP; 2011.

30. Sant'Ana AC. As dimensões fractais da Medicina Tradicional Chinesa: princípios científicos e poéticos. S.J. do Rio Preto: Vitrine Literária; 2014.
31. Almeida Filho N. O paradigma da complexidade como marco transformador da ciência contemporânea. In: Guerrini IA, organizador. Ensaio sobre caos e complexidade: aplicações transdisciplinares em saúde e educação. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais; 2009. p. 17-53.
32. Bak P. How nature works: the science of self-organized criticality. New York: Springer-Verlag; 1996.
33. Peitgen H-O, Jürgens H, Saupe D. Chaos and fractals: new frontiers of science. New York: Springer-Verlag; 1992.
34. Mandelbrot BB. Multifractals and $1/f$ noise. New York: Springer-Verlag; 1998.
35. Peitgen H-O, Saupe D. The science of fractal images. New York: Springer-Verlag; 1988.
36. Eke A, Hermán P, Bassingthwaite JB, Raymond GM, Percival DB, Cannon M et al. Physiological time series: distinguishing fractal noises from motions. Eur J Physiol. 2000; 439:403–415.
37. Smith Jr TG, Lange GD, Marks WB. Fractal methods and results in cellular morphology – dimensions, lacunarity and multifractals. Journal of Neuroscience Methods. 1996; 69:123–136.
38. Cordaro LMC. Emprego da fotografia digital para avaliação da topografia microscópica da pele [dissertação mestrado]. Botucatu: UNESP; 2008.
39. Carmona GR. Aplicabilidade da dimensão fractal na análise de peritônio de ratos em diálise peritoneal. In: World Congress of Nephrology, 2007, Rio de Janeiro. World Congress of Nephrology-Book of abstracts, 2007. p. 260-260.
40. Lahav M, Raanani P, Uziel O, Sandbank J, Wolach O, Mashiah A. Lymphoma and leukemia cells possess fractal dimensions that correlate with their biological features. Acta Haematol. 2008; 119:142–150.
41. Moreira RD, Moriel AR, Murta Jr LO, Neves LA, Godoy MF. Dimensão fractal na quantificação do grau rejeição celular miocárdica pós-transplante cardíaco. Rev Bras Cir Cardiovasc. 2011; 26(2). Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-76382011000200004> Acesso em: 20 mar.2015.
42. Chappard D, Legrand E, Haettich B, Chalès G, Auvinet B, Eschard JP et al. Fractal dimension of trabecular bone: comparison of three histomorphometric computed techniques for measuring the architectural two-dimensional complexity. J Pathol. 2001; 195: 515–521.

43. Piquemal M. L'I.C.S.: the blood memory. Disponível em <<http://www.bio-electricity.net/absract/lics.htm>>. Acesso em 13 abr.2014.
44. Farrell TG, Bashir Y, Cripps T, Malik M, Poloniecki J, Bennett ED et al. Risk stratification for arrhythmic events in postinfarction patients based on heart rate variability, ambulatory electrocardiographic variables and the signal-averaged electrocardiogram. *J Am Coll Cardiol.* 1991; 18(3):687-697.
45. Goldberger A, Lipsitz LA, Mietus J, Moody GB. Spectral characteristics of heart rate variability before and during postural tilt. Relations to aging and risk of syncope. *Circulation.* 1990; 81:1803-1810.
46. Sant'Ana AC, Godoy MF, Fonseca CGB. Chaos theory approach on the evaluation of acute and chronical alterations of heart rate variability (HRV) as a result of acupuncture points stimulation. In: ICMART XIV International Congress, 2009. Annals of the XIV World Congress on Medical Acupuncture. Thessaloniki; 2009. p. 128.
47. Sant'Ana AC, Godoy MF, Fonseca CGB. Chaos theory approach on the evaluation of long term alterations of heart rate variability (HRV) as a result of acupuncture treatment. In: ICMART XV World Congress 2010. Final Programme and Abstract Book. Riga; 2010. p. 49.
48. Philippe P. The scale-invariant spatial clustering of leukemia in San Francisco. *J. theor. Biol.* 1999; 199: 371-381.
49. Carrega DA. Física quântica e sua relação com terapias alternativas [trabalho de graduação]. Botucatu: UNESP; 2012.
50. Goswami A. O médico quântico. Orientações de um físico para a saúde e a cura. São Paulo: Cultrix; 2004.
51. Almeida Filho N. A Universidade Nova como formação interdisciplinar: perspectivas de reestruturação da educação superior brasileira. In: Guerrini IA, organizador. Ensaio sobre caos e complexidade: aplicações transdisciplinares em saúde e educação. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais; 2009. p. 165-198.
52. Sant'Ana AC, Padula NA, Guerrini IA, Silva K. Fractal analysis of EEG signals on symptomatic headaches subject to auricular needling. In: ICMART XIII World Congress 2008. Final Programme and Abstract Book. Budapeste; 2008. p. 66.
53. Sant'Ana AC, Padula NA, Silva K. Evaluation of EEG sensibility on the identification of acute and cronical effects due to auricular acupoints stimulation. In: ICMART XIII World Congress 2008. Final Programme and Abstract Book. Budapeste; 2008. p. 66-67.

54. Sant'Ana AC, Padula NA, Guerrini IA, Silva K. Fractal analysis of EEG signals of 'ghost limb pain' subject to auricular needling. In: ICMART XIII World Congress 2008. Final Programme and Abstract Book. Budapest; 2008. p. 66.
55. Sant'Ana AC, Padula NA, Guerrini IA, Silva K, Fossion JP. Identification of different phases of electrical activity by fractal analysis of EEG. In: ICMART XVI World Congress on Medical Acupuncture 2011. Final Programme and Abstract Book. Haia; 2011. p. 53.
56. Sant'Ana AC, Padula NA, Guerrini IA, Silva K, Fossion JP. Fractal EEG comparison of gastritis treated by concha cymba and lobular points. In: ICMART XVI World Congress on Medical Acupuncture 2011. Final Programme and Abstract Book. Haia; 2011. p. 54.
57. Sant'Ana AC, Padula NA, Guerrini IA, Silva K, Fossion JP. Fractal EEG of migraine treatment: a longitudinal study. In: ICMART XV World Congress 2010. Final Programme and Abstract Book. Riga; 2010. p. 85.
58. Sant'Ana AC, Padula NA, Guerrini IA, Silva K, Fossion JP. Migraine treatment follow-up: possibility of predictions with fractal EEG study. In: ICMART XVI World Congress on Medical Acupuncture 2011. Final Programme and Abstract Book. Haia; 2011. p. 61.
59. Sant'Ana AC, Padula NA, Guerrini IA, Silva K, Fossion JP. Contributions to the understanding of the compatibility of Penfield and Brodman representations of the ear lobule: the fractal EEG approach. In: ICMART XIV International Congress, 2009. Annals of the XIV World Congress on Medical Acupuncture. Thessaloniki; 2009.
60. Auteroche B, Navailh P. O diagnóstico na medicina chinesa. São Paulo: Andrei; 1992.
61. LING-SHU. Português. Base da acupuntura tradicional chinesa. Tradução de Ming Wong. São Paulo: Andrei; 1995.
62. NEI CHING. Inglês. Yellow emperor's canon of medicine. Tradução de Li Zhaoguo. Xi'an: World Publishig Corporation; 2005.
63. Ross J. Zang Fu: Sistemas de Órgãos e Vísceras da Medicina Tradicional Chinesa. São Paulo: Roca; 1994.
64. Huang L. Auricular diagnosis with color photos. Bellaire: Longevity Press; 1999.
65. Huang L. Auricular treatment: Formulae & prescriptions. Fern Park: Auricular Medicine International Research and Training Center; 2001.
66. Briggs J, Peat F. A sabedoria do caos. Rio de Janeiro: Campus; 2000.
67. Gilmour D. The colours of infinity. The beauty and power of fractals. Singapore: Clear Books; 2006.

68. Iannaccone P, Khokha M. Fractal geometry in biological systems. An analytical approach. Boca Raton: CRC Press; 1996.
69. Litscher G. Electroencephalogram--entropy and acupuncture. *Anesthesiology and Analgesy*. 2006; 102(6):1745-51.
70. Litscher G. Cerebral and peripheral effects of laser needle-stimulation. *Neurology Research*. 2003; 25(7):722-8.
71. Litscher G, Schwarz G, Sandner-Kiesling A, Hadolt I, Eger E. Effects of acupuncture on the oxygenation of cerebral tissue. *Neurology Research*. 1998; 20(1):28-32.
72. Hui KK, Napadow V, Dhond RP, Purdon P, Kettner N, Makris N et al. Correlating acupuncture fMRI in the human brainstem with heart rate variability. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*. 2005; 5: 4496-9.
73. Hui KK, Liu J, Marina O, Napadow V, Haselgrove C, Kwong KK et al. The integrated response of the human cerebro-cerebellar and limbic systems to acupuncture stimulation at ST36 as evidenced by fMRI. *Neuroimage*. 2005 sep; 27(3):479-96.
74. Litscher G. Bioengineering assessment of acupuncture, part 7: heart rate variability. *Crit Rev Biomed Eng*. 2007; 35(3-4):183-95.
75. Arai YC, Ushida T, Osuga T, Matsubara T, Oshima K, Kawaguchi K et al. The effect of acupressure at the extra 1 point on subjective and autonomic responses to needle insertion. *Anesth Analg*. 2008; 107(2):661-4.
76. Chang CH, Huang JL, Ting CT, Chang CS, Chen GH. Atropine-induced HRV alteration is not amended by electroacupuncture on Zusanli. *Am J Chin Med*. 2005; 33(2):307-14.
77. Tokumaru O, Chen JD. Effects of acupressure on gastric myoelectrical activity in healthy humans. *Scand J Gastroenterol*. 2005; 40(3):319-25.
78. Choy S, Hinks RC, Strudwick MW. Point injection as an alternative acupuncture technique - an exploratory study of responses in healthy subjects. *Acupunct Med*. 2007; 25(4):166-74.
79. Hübscher M, Vogt L, Banzer W. Laser needle acupuncture at Neiguan (PC6) does not mediate heart rate variability in young, healthy men. *Photomed Laser Surg*. 2007; 25(1):21-5.
80. Streitberger K, Steppan J, Maier C, Hill H, Backs J, Plaschke K. Effects of verum acupuncture compared to placebo acupuncture on quantitative EEG and heart rate variability in healthy volunteers. *J Altern Complement Med*. 2008; 14(5):505-13.

81. Hsu CC, Weng CS, Sun MF, Shyu LY, Hu WC, Chang YH. Evaluation of scalp and auricular acupuncture on EEG, HRV, and PRV. *Am J Chin Med.* 2007; 35(2):219-30.
82. Hsu CC, Weng CS, Liu TS, Tsai YS, Chang YH. Effects of electrical acupuncture on acupoint BL15 evaluated in terms of heart rate variability, pulse rate variability and skin conductance response. *Am J Chin Med.* 2006; 34(1):23-36.
83. Heffernan KS, Sosnoff JJ, Fahs CA, Shinsako KK, Jae SY, Fernhall B. Fractal scaling properties of heart rate dynamics following resistance exercise training. *J Appl Physiol.* 2008; 105:109-113.
84. Zhang WP. Effects of acupuncture on the pulmonary function and heart rate variability in different state of bronchial asthma. *Zhen Ci Yan Jiu.* 2007; 32(1):42-8. [Artigo em chinês]
85. Imai K, Ariga H, Chen C, Mantyh C, Pappas TN, Takahashi T. Effects of electroacupuncture on gastric motility and heart rate variability in conscious rats. *Auton Neurosci.* 2008; 138(1-2):91-8.
86. Dobos G, Bäcker M, Grossman P, Schneider J, Michalsen A, Tan L et al. Acupuncture in migraine: investigation of autonomic effects. *Clin J Pain.* 2008; 24(2):106-15.
87. Zhang WP. Effects of acupuncture for dispersing Fei, invigorating Pi and reinforcing Shen on heart rate variability and pulmonary function in bronchial asthma patients. *Zhongguo Zhong Xi Yi Jie He Za Zhi.* 2006; 26(9):799-802. [Artigo em chinês]
88. Li Z, Wang C, Mak AF, Chow DH. Effects of acupuncture on heart rate variability in normal subjects under fatigue and non-fatigue state. *Eur J Appl Physiol.* 2005; 94(5-6):633-40.
89. Dhond RP, Yeh C, Park K, Kettner N, Napadow V. Acupuncture modulates resting state connectivity in default and sensorimotor brain networks. *Pain.* 2008; 136(3):407-18.
90. Huang ST, Chen GY, Lo HM, Lin JG, Lee YS, Kuo CD. Increase in the vagal modulation by acupuncture at neiguan point in the healthy subjects. *Am J Chin Med.* 2005; 33(1):157-64.
91. Tobar F, Yalour MR. Como fazer teses em saúde pública: conselhos e idéias para formular projetos e redigir teses e informes de pesquisas. Fiocruz, Rio de Janeiro, 2003.
92. Yoshida WB. Redação de relato de caso. *J Vasc Bras.* 2007; 6(2):112-113.
93. Ventura MM. O estudo de caso como modalidade de pesquisa. *Rev SOCERJ.* 2007; 20(5):383-386.

94. Pereira LER. Análise estatística de dados de eletroencefalografia com e sem a aplicação de acupuntura [trabalho de graduação]. Bauru: FATEC-Bauru; 2011.
95. Rampil IJ. A primer for EEG signal processing in anesthesia. *Anesthesiology*. 1998; 89: 980-1002.
96. Pereira Jr A, Pereira MAO. Teoria da auto-organização: uma introdução e possível aplicação nas ciências da saúde. *Rev Simbio-Logias*. 2010; 3(5):102-114.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Dimensão fractal (DF) calculada pelo ‘box counting method’ (BCM)

Nesta secção, apresentamos um esquema de cálculo da dimensão fractal (DF) através do ‘método de contagem de caixas’(BCM)^v. Utiliza o modelo sugerido por Peitgen et al., o qual relaciona a característica de autossimilaridade das estruturas semelhantes a costas marítimas^{vi}, onde se podem utilizar medidas de diversas escalas³³.

Neste exemplo, porém, se utiliza uma figura rústica, sem linhas contínuas e sem autossimilaridade, mas com algumas propriedades escalares (Figura A.1).

Figura A.1 – Uma estrutura rústica com algumas propriedades escalares.



Fonte: Peitgen et al.³³

Seu intuito é destacar o fato de que o BCM é uma medida sistemática que se aplica para qualquer estrutura no plano, e pode ser prontamente adaptada para

^v No ‘método de contagem de caixas’ (box counting method) a tradução literal de ‘box’ é ‘caixa’ mas, contextualmente, pode ser referido como ‘quadrado’, ‘quadro’ ou ‘casa’.

^{vi} No caso de nosso estudo, entendemos o traçado eletroencefalográfico como sendo semelhante a um recorte costeiro, e aplicamos o BCM sobre esta estrutura.

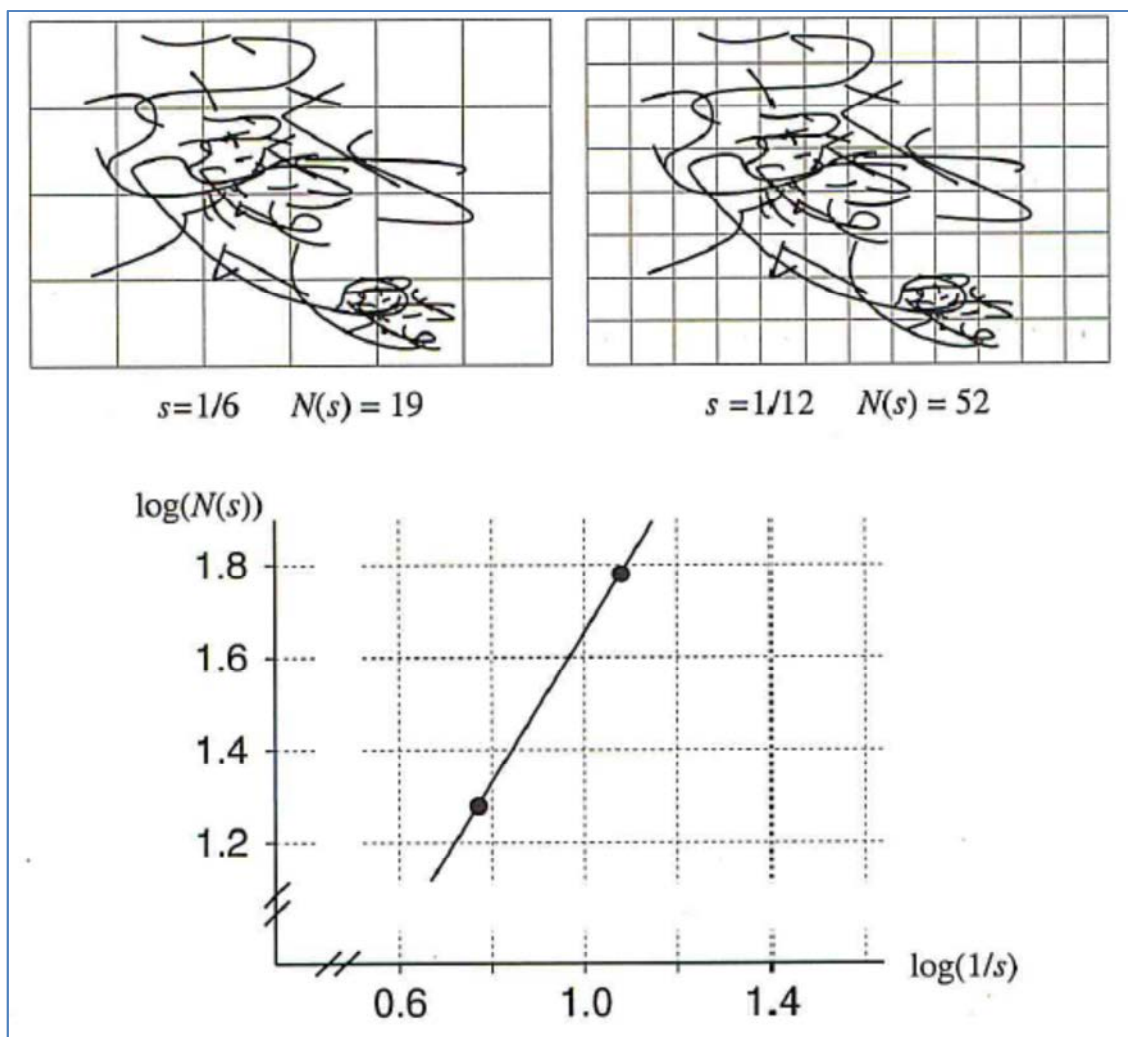
estruturas no espaço, e confirmam que a idéia está bastante relacionada com medidas de costas marítimas³³. Dizem eles:

Colocamos a estrutura dentro de uma rede de malhas regulares, com tamanho de malha s , e simplesmente contamos o número de caixas da grade que contêm alguma parte da estrutura. Isto nos dá um número, digamos N . Obviamente, este número vai depender da nossa escolha para s . Portanto, escrevemos $N(s)$. Agora, mudemos s para tamanhos progressivamente menores, e contamos o número $N(s)$ correspondente. Em seguida, fazemos um diagrama log/log (mais precisamente, plotamos as medidas em um diagrama $\log(N(s))/\log(1/s)$) (p.212, tradução nossa).

A reta que une os pontos plotados apresenta uma inclinação D_b , que vem a ser a dimensão fractal, e na figura A.2 é feito com a utilização de apenas duas medidas para o procedimento^{vii}, onde uma inclinação $D_b \approx 1,45$ é encontrada.

^{vii} No caso de nosso estudo, o BCM calculado pelo ImageJ utiliza onze medidas (tamanho de caixas) escalonadas de 2^0 a 2^{10} (de 1 a 1024) para obter a inclinação da curva e, conseqüentemente, a DF.

Figura A.2 – A estrutura rústica tem os quadros contados em duas grades. A inclinação da linha é $\log(52/19)/\log 2 \approx 1,45$.

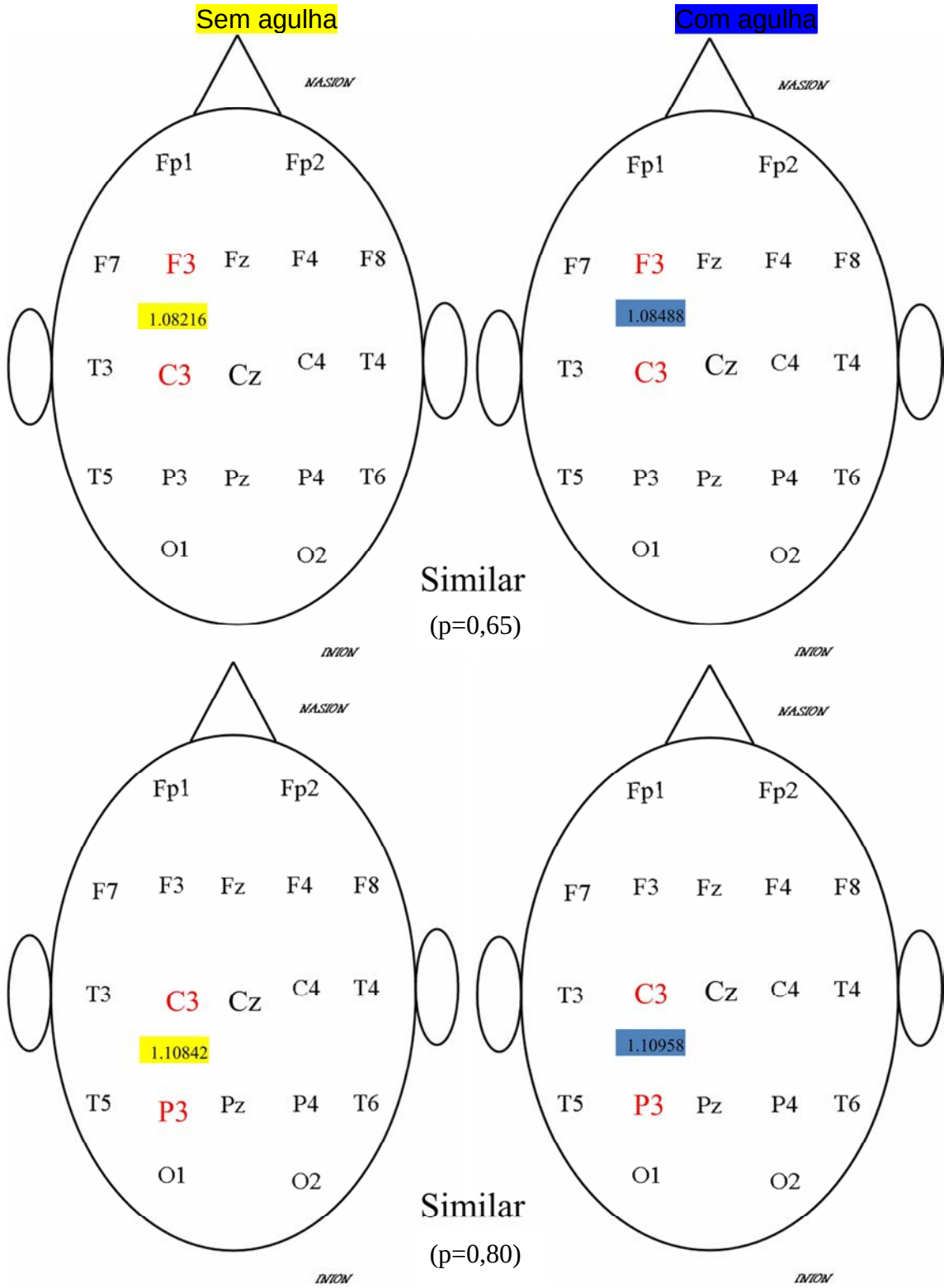


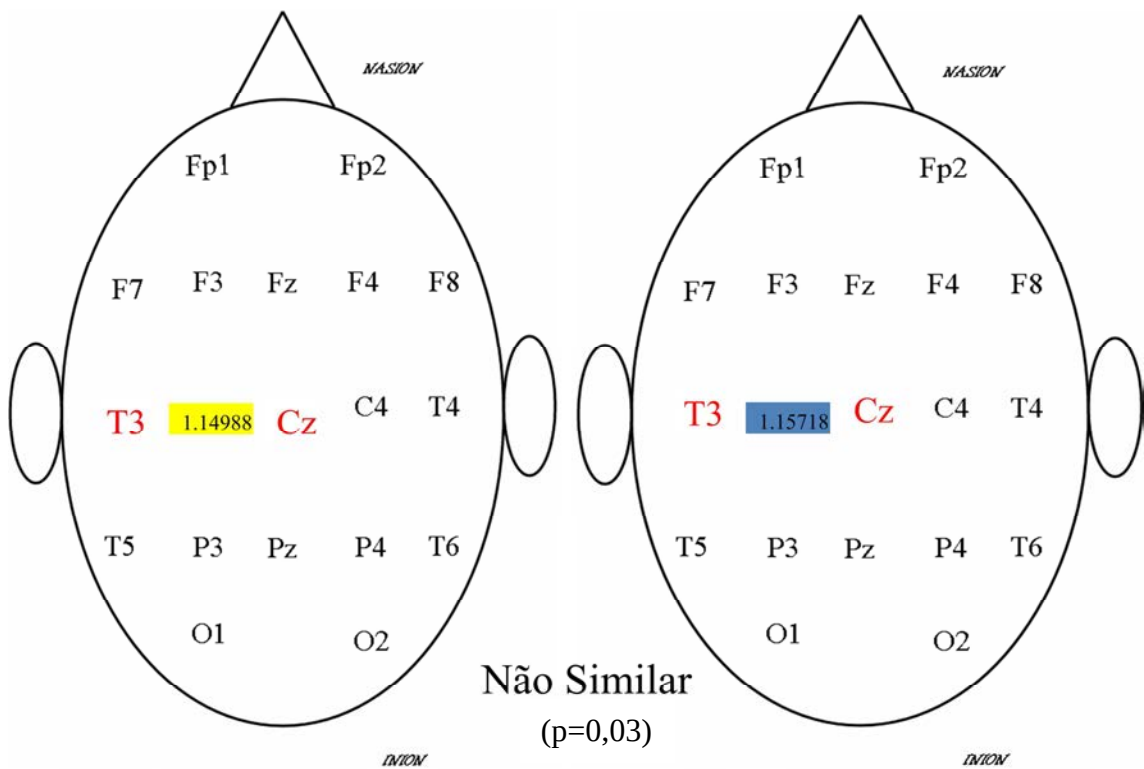
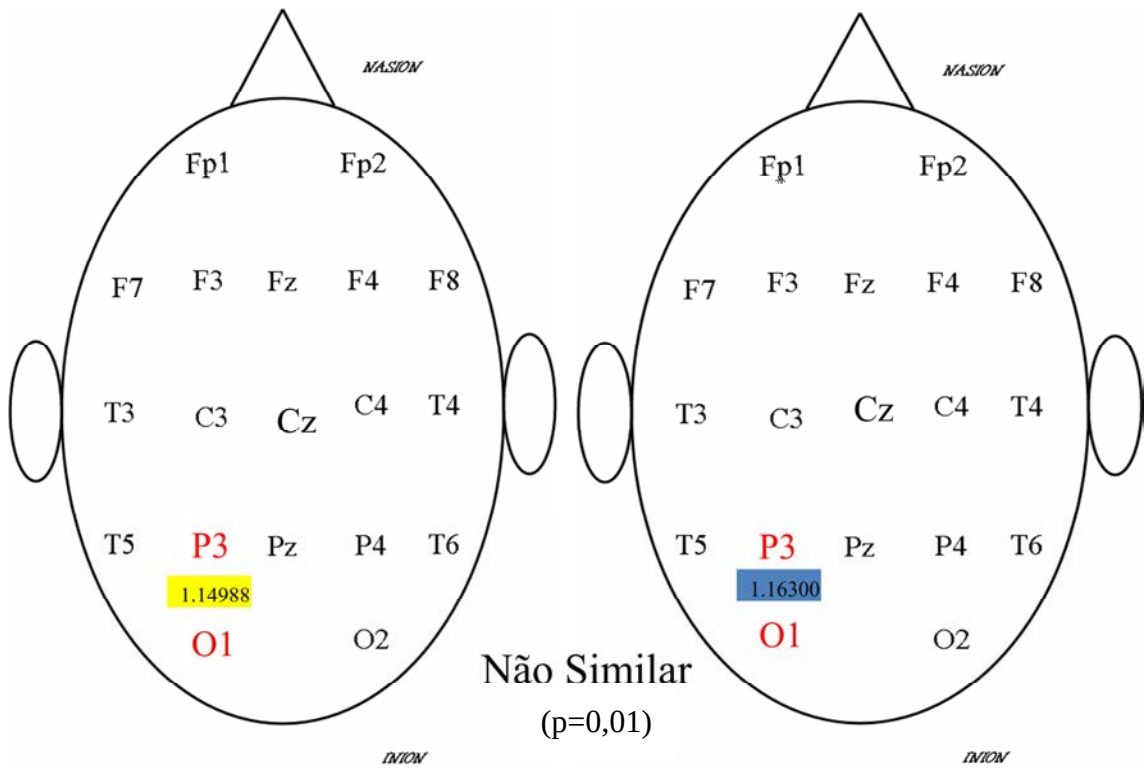
Fonte: Peitgen et al.³³

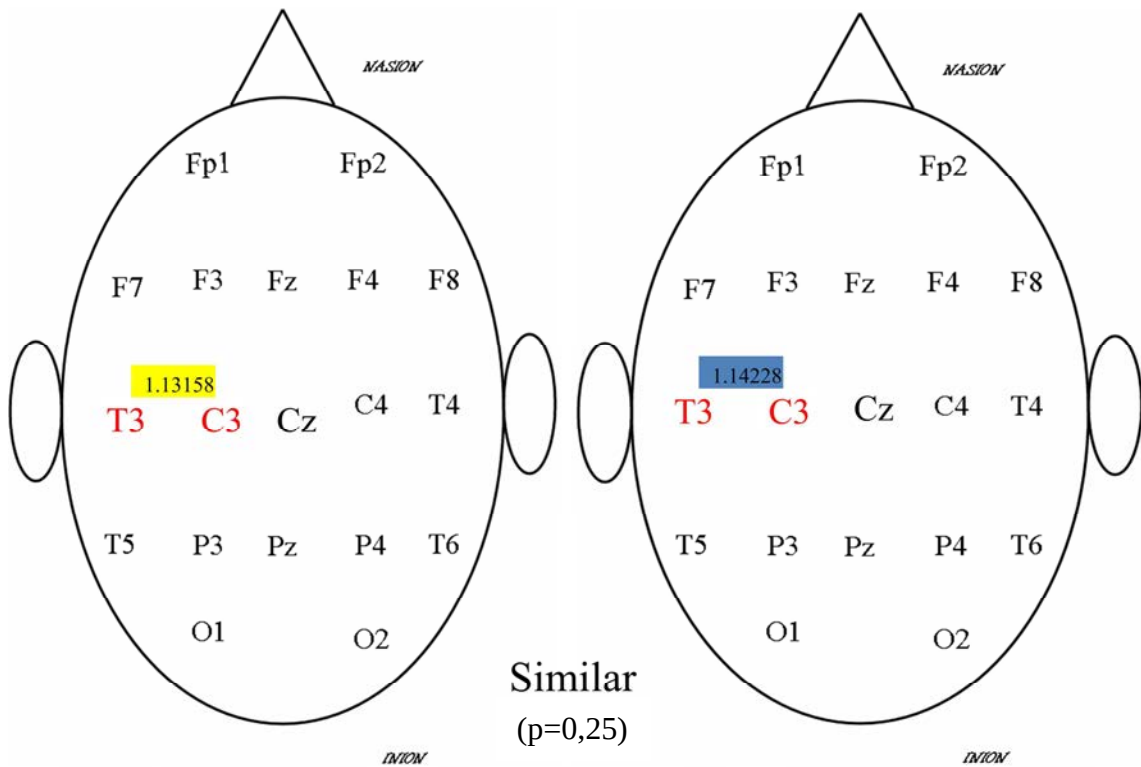
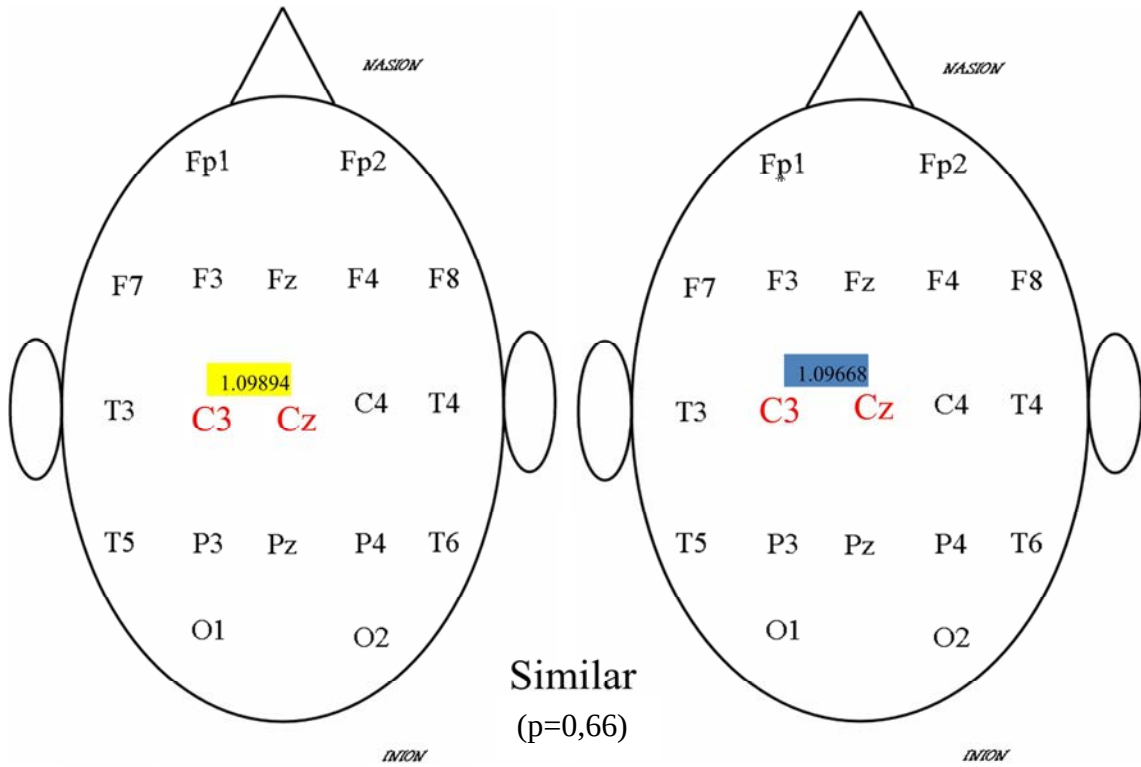
Para encerrar indicamos, nas palavras dos autores, as vantagens do BCM:

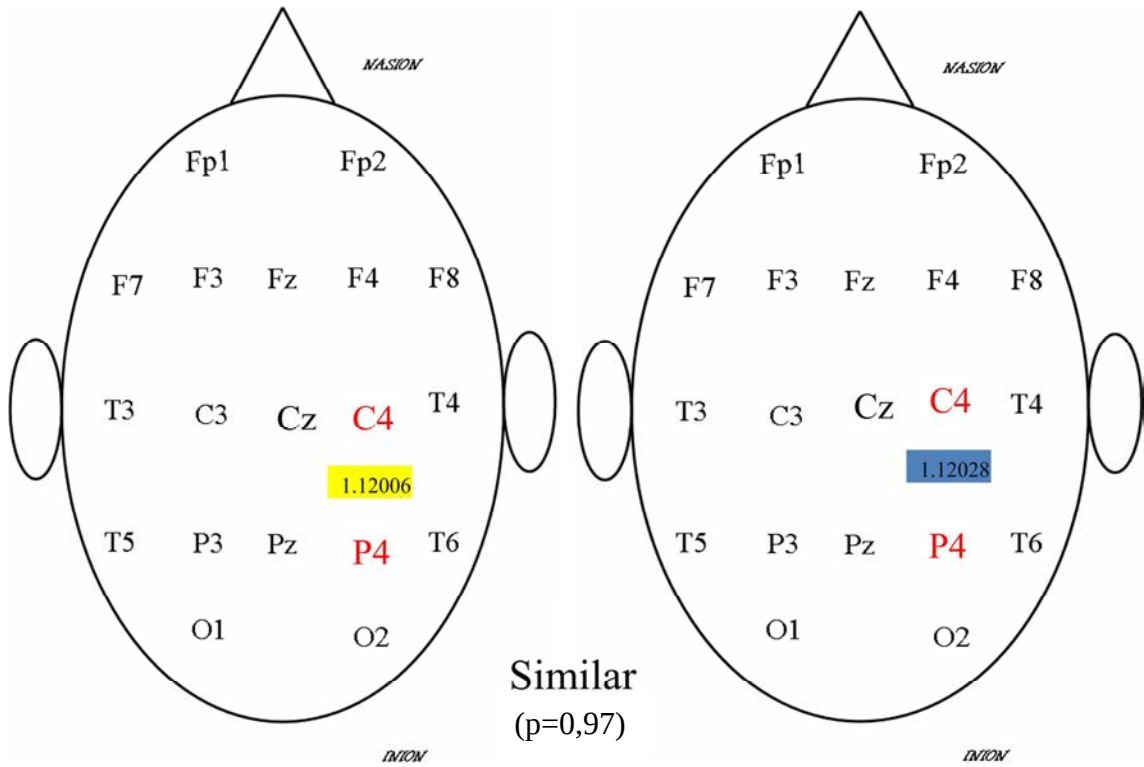
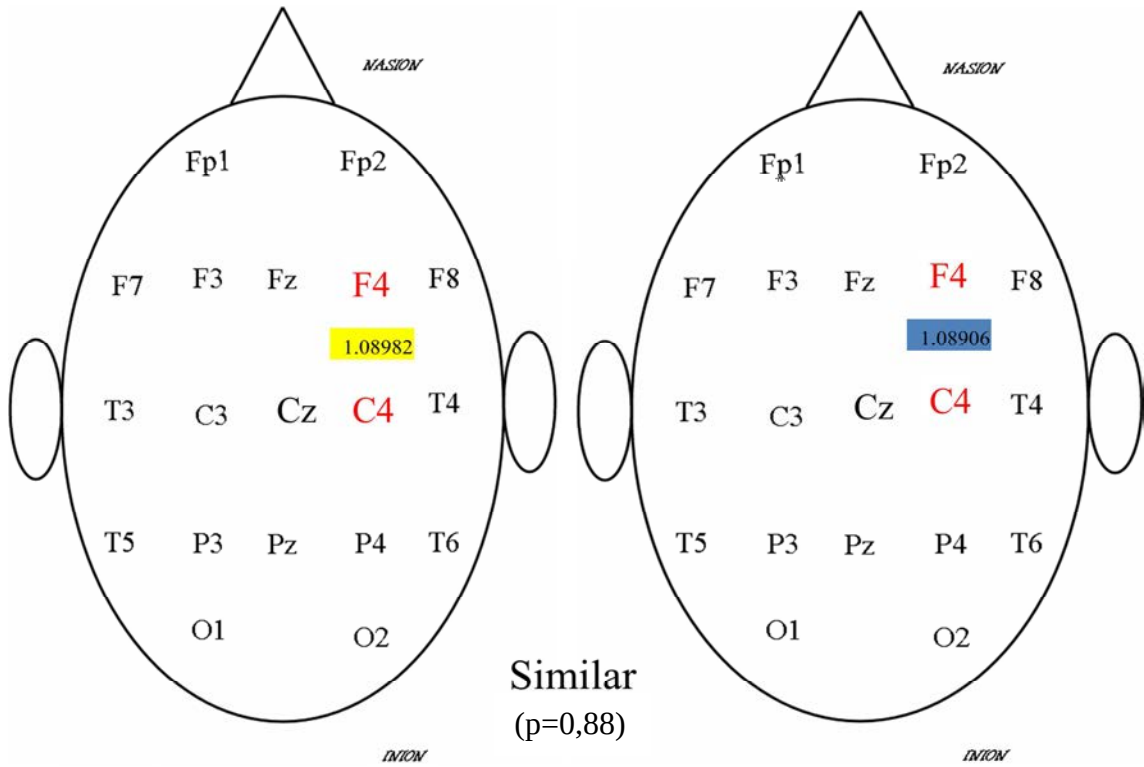
[...] é um dos mais usados nas medições em todas as ciências. A razão para sua dominância reside na facilidade e na automaticidade de sua computabilidade por máquinas. É simples e direto para a contagem de caixas e para manutenção de estatísticas permitindo cálculos de dimensões. O programa pode ser executado para formas com e sem autossimilaridade. Mais ainda, os objetos podem estar colocados em espaços de dimensões maiores (p.214, tradução nossa).

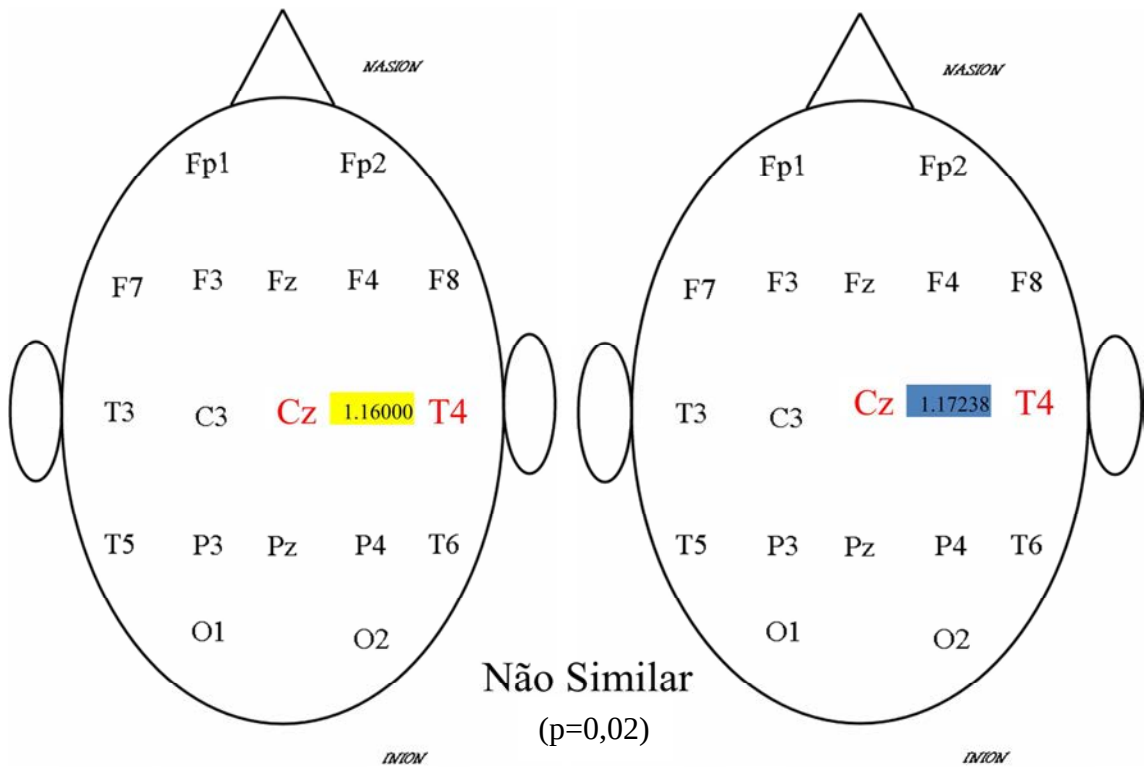
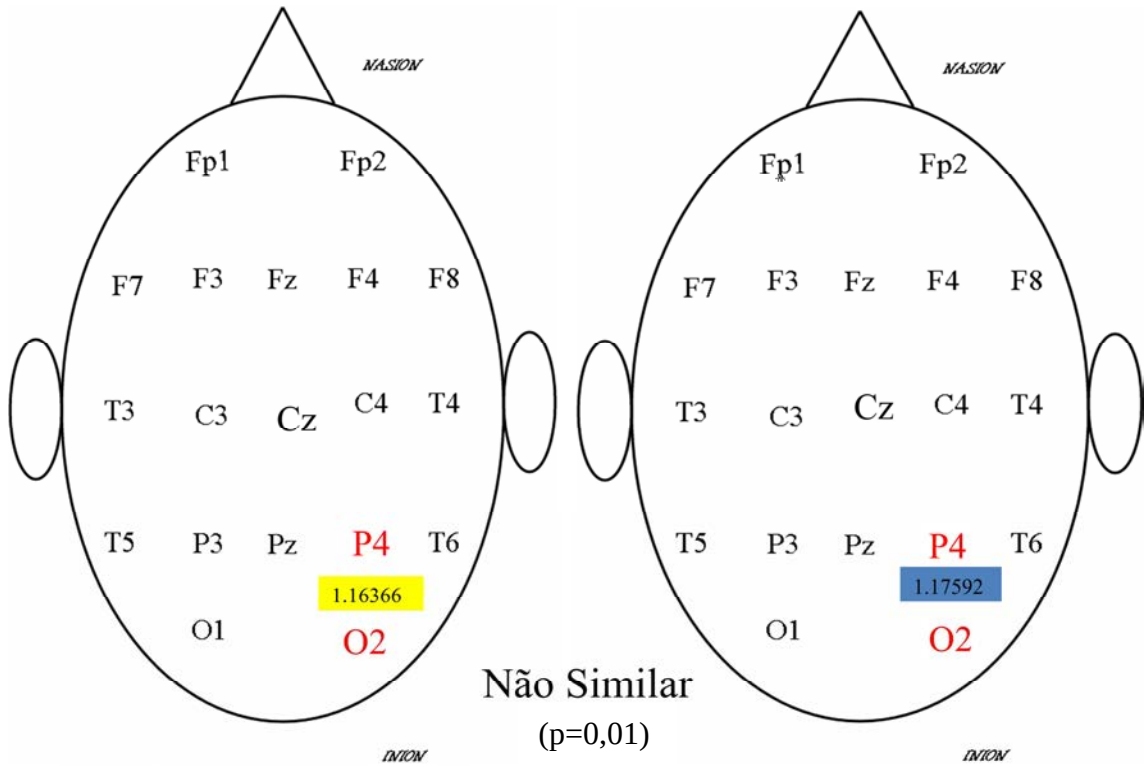
APÊNDICE B – Regiões escalpeanas com respectivas DF médias e alterações estatisticamente significativas entre fases do caso 4.2.1

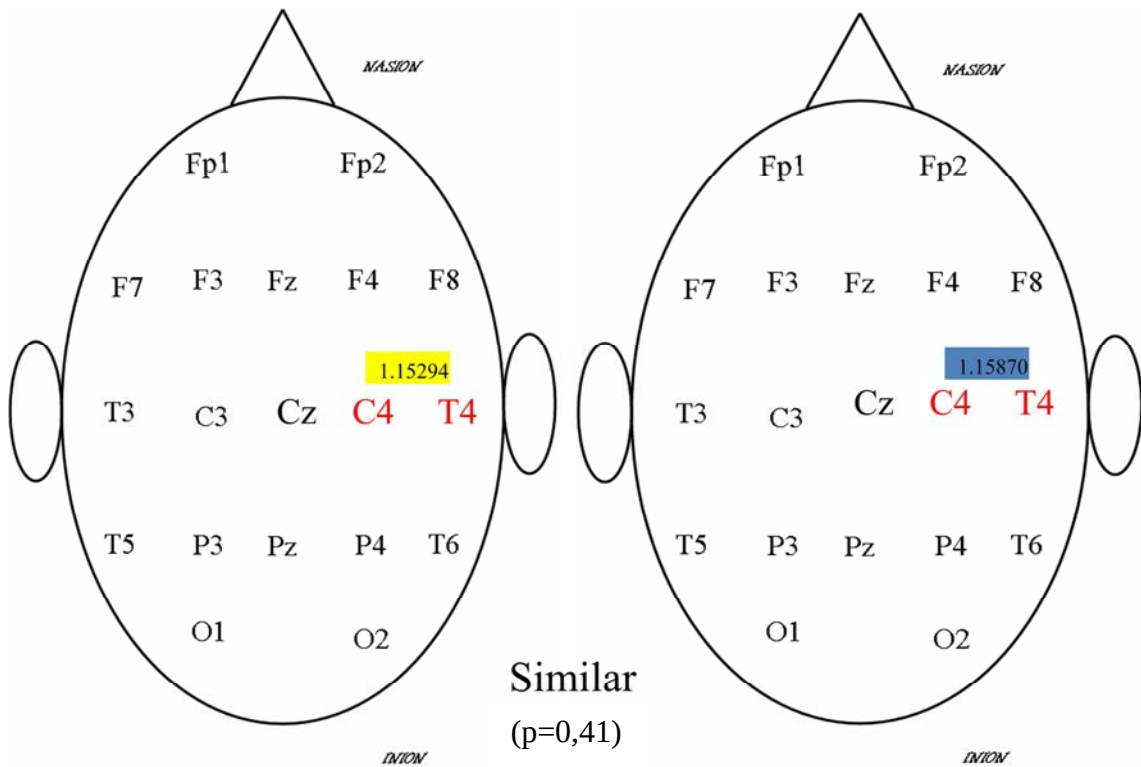
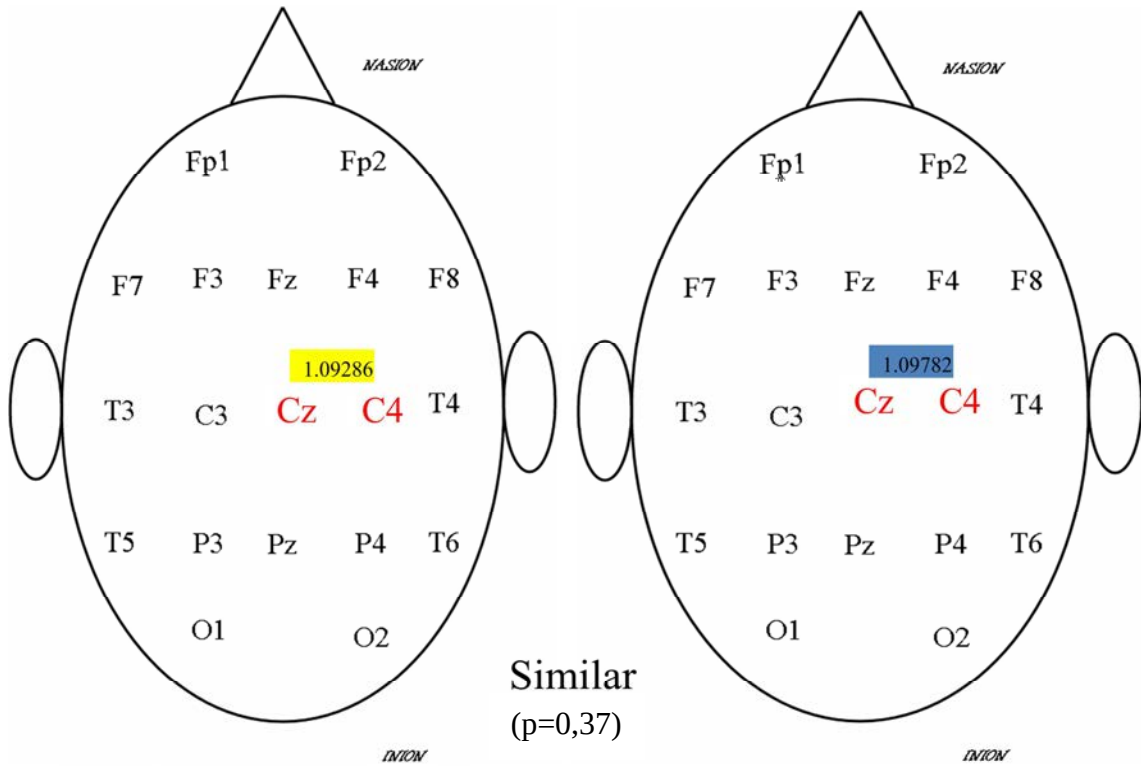


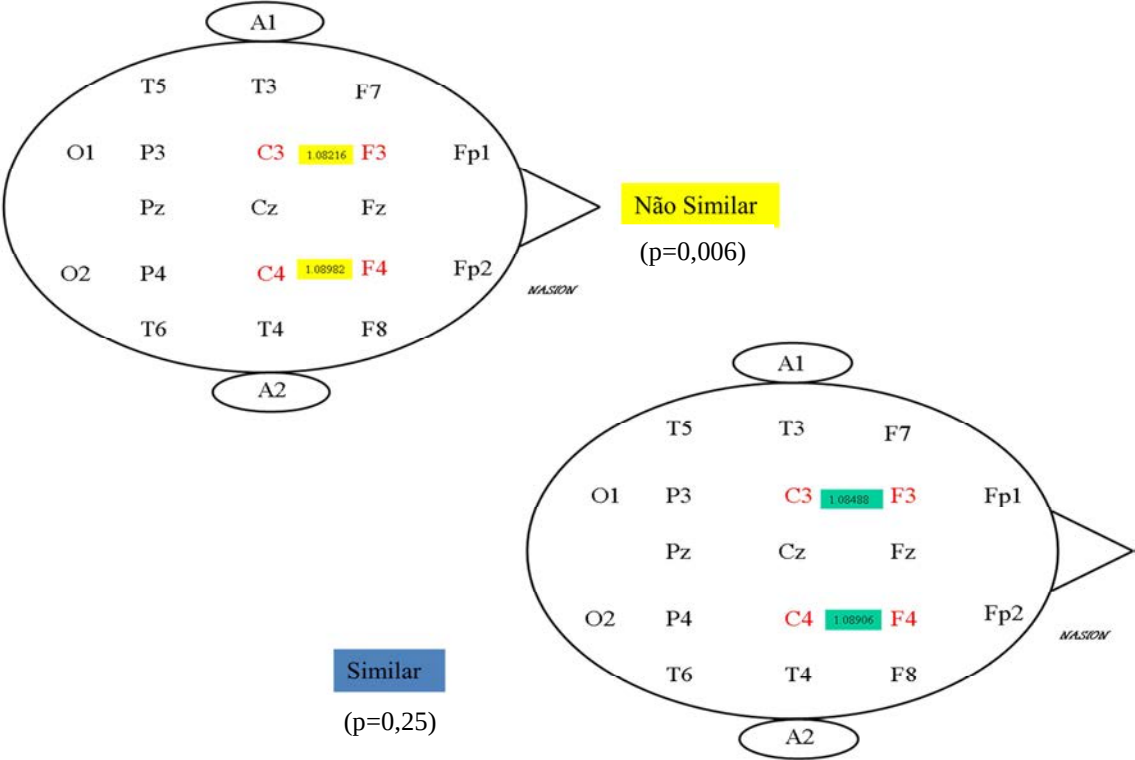




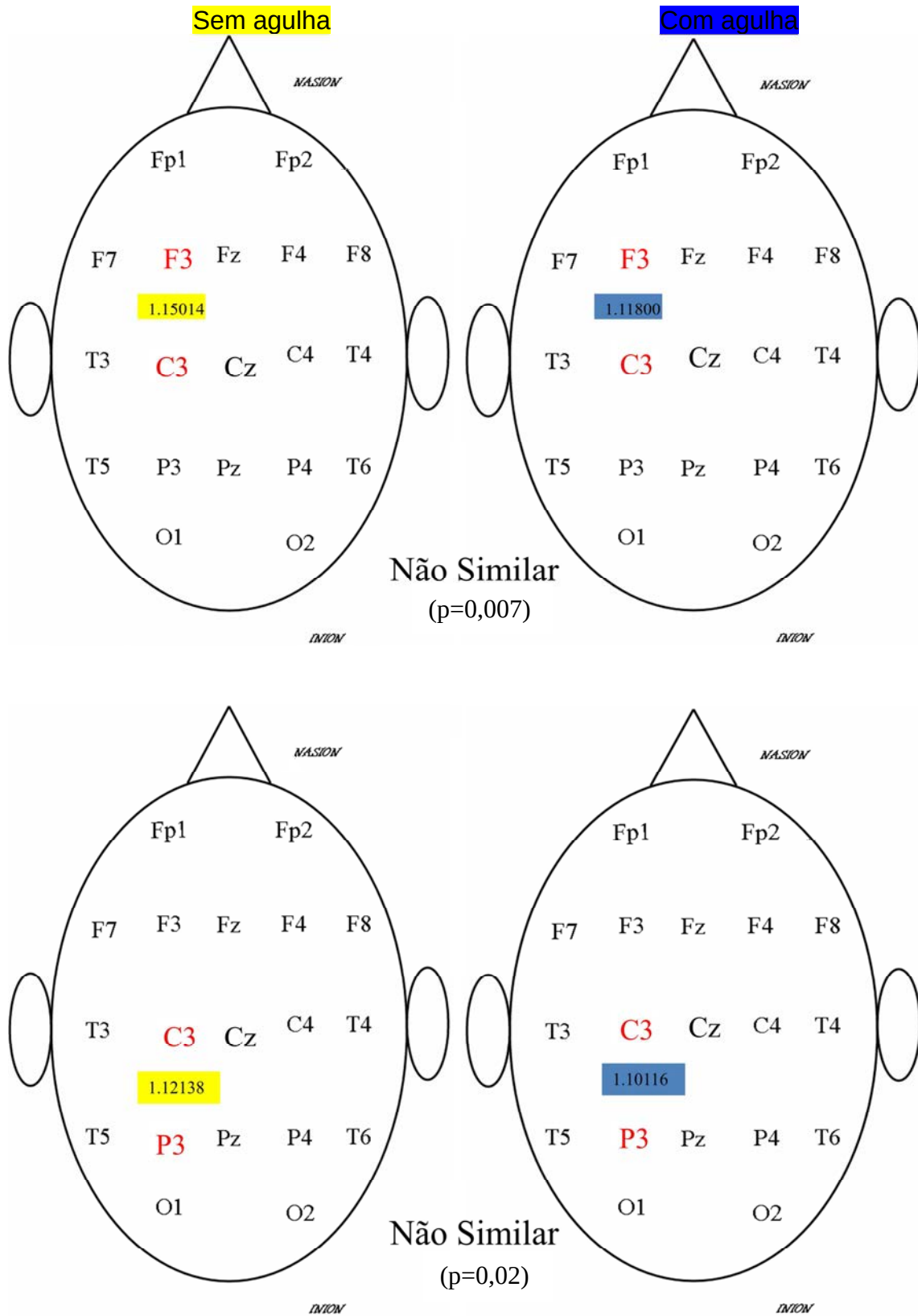


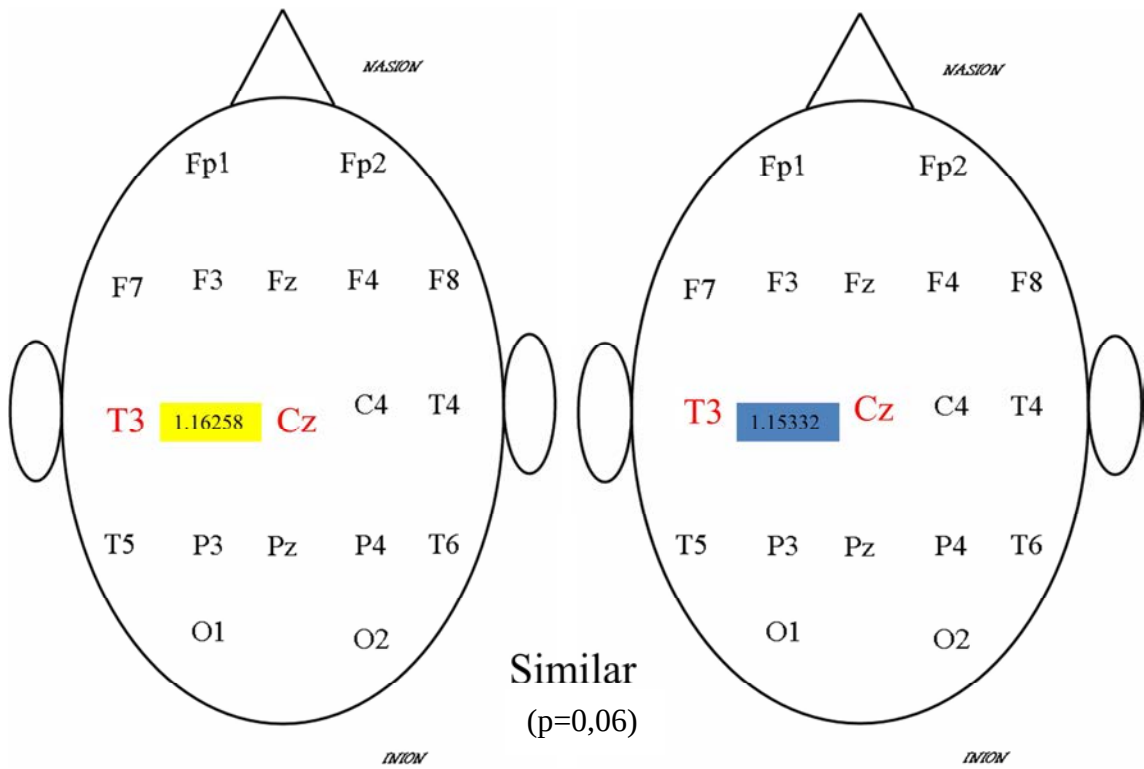
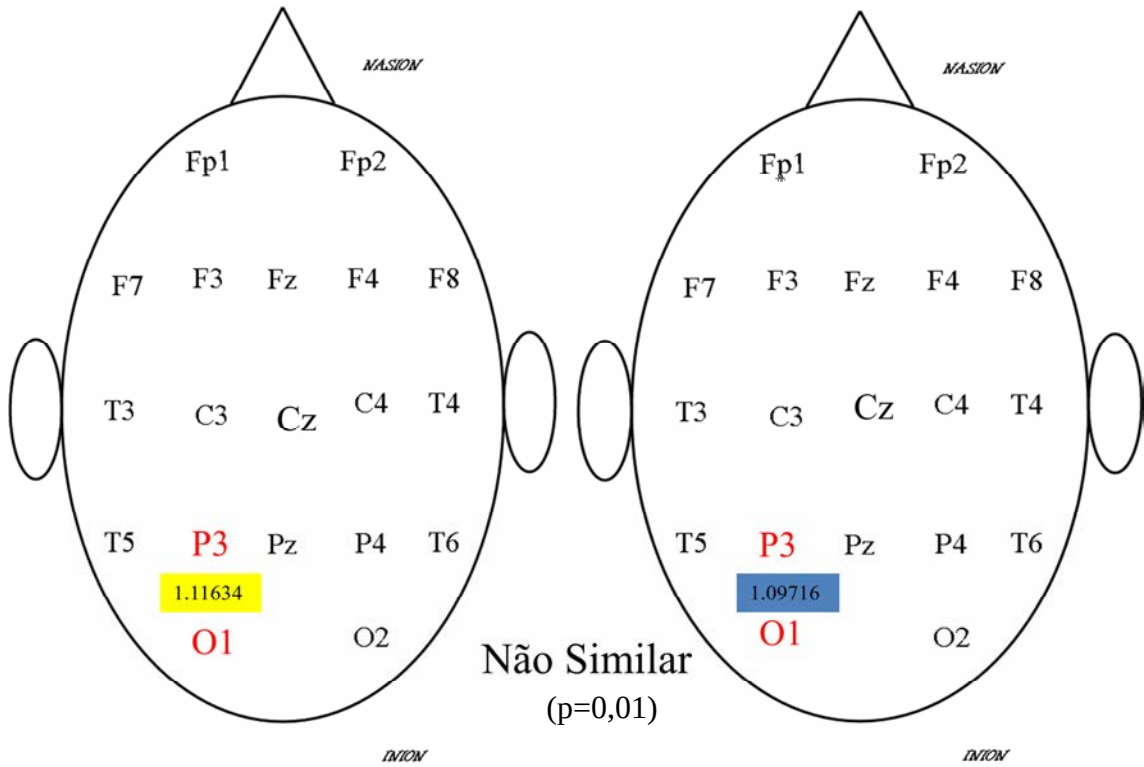


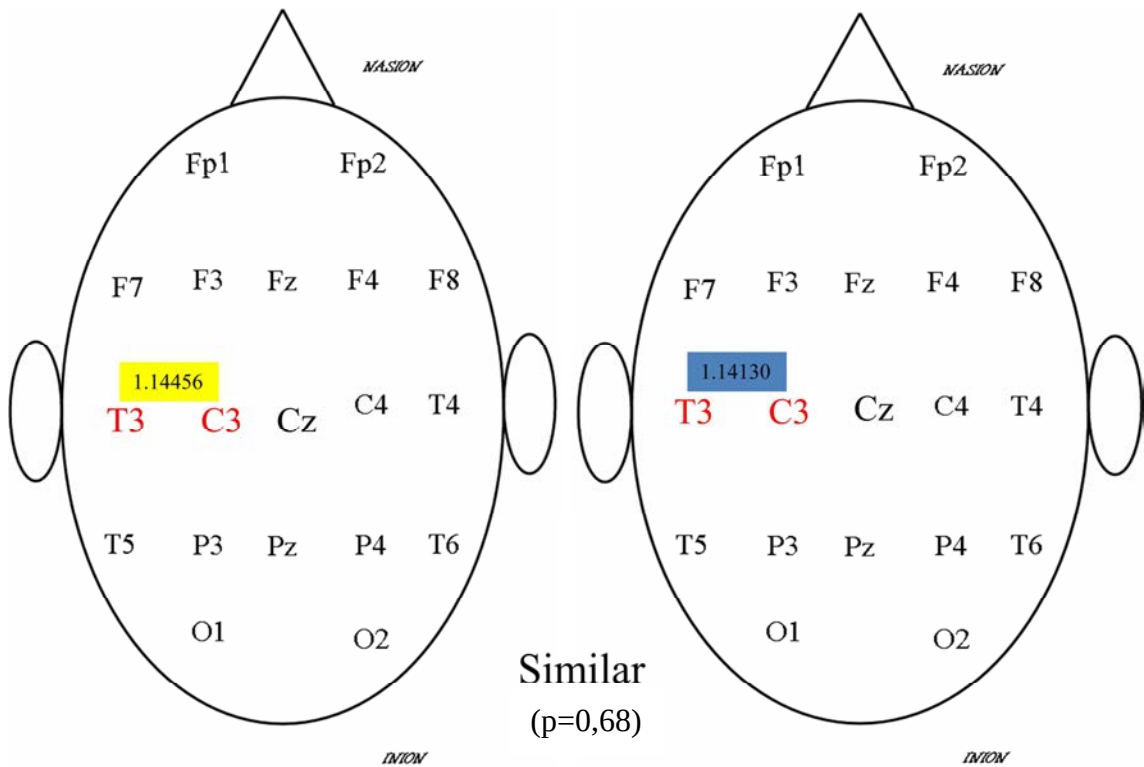
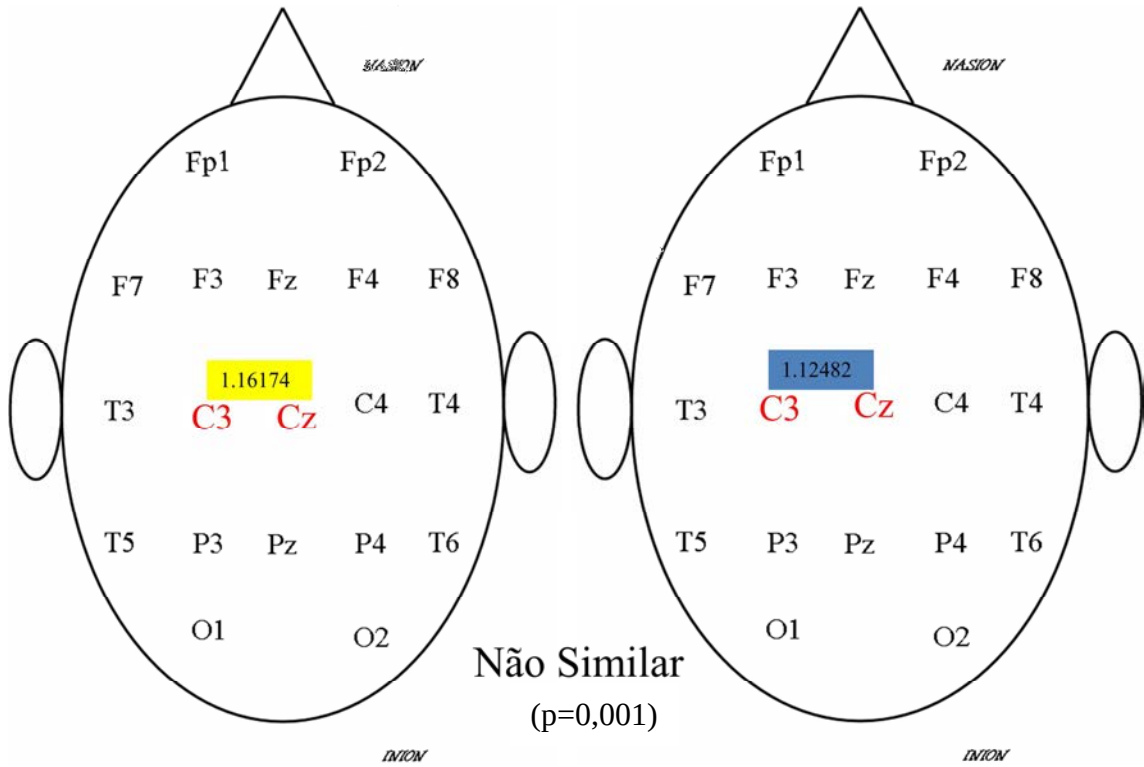


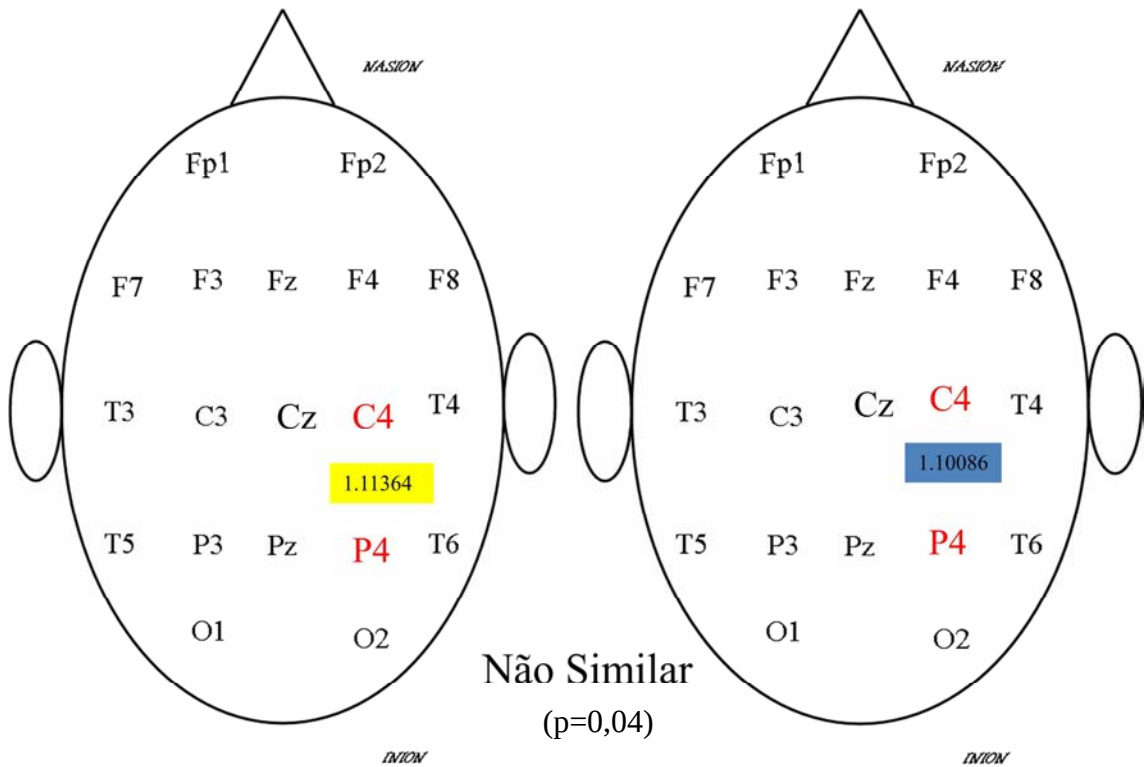
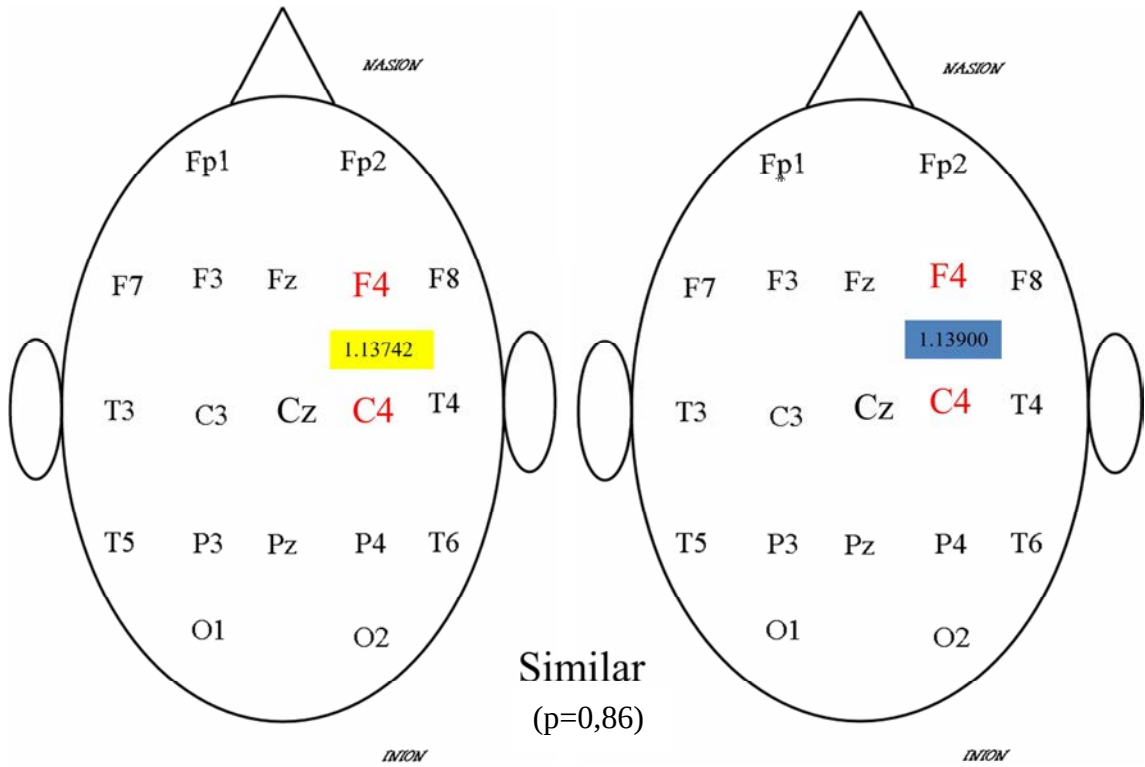


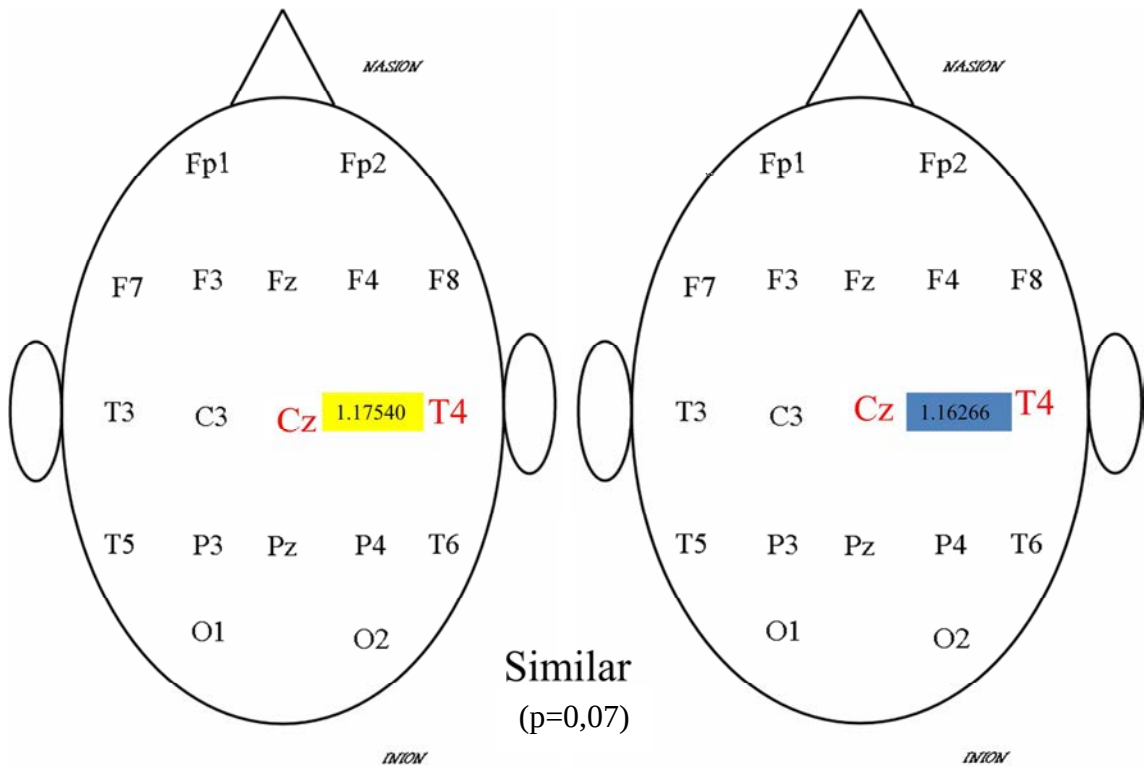
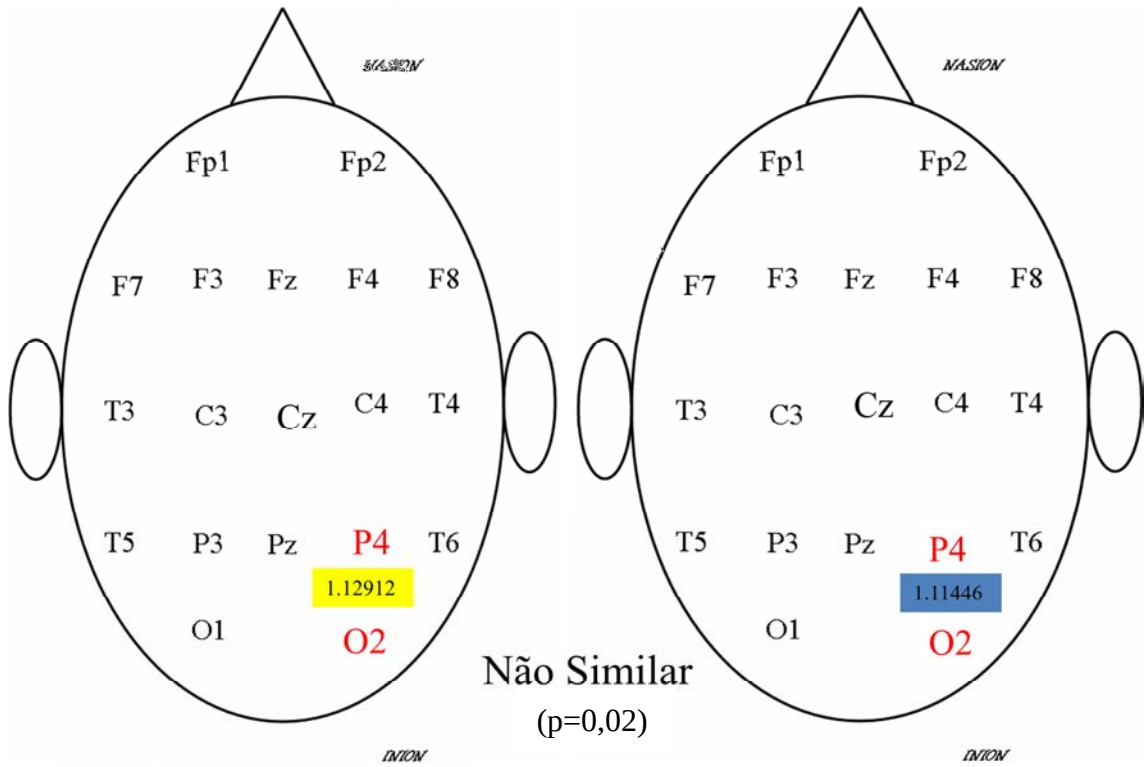
APÊNDICE C – Regiões escalpeanas com respectivas DF médias e alterações estatisticamente significativas entre fases do caso 4.2.2

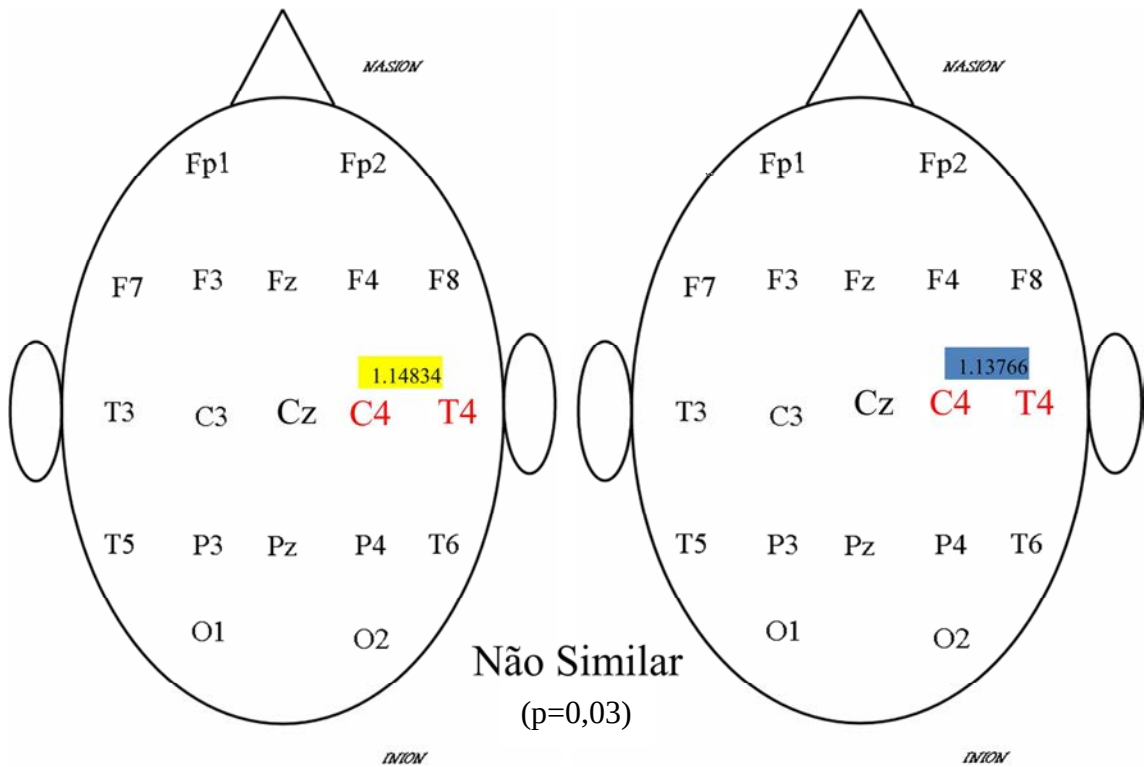
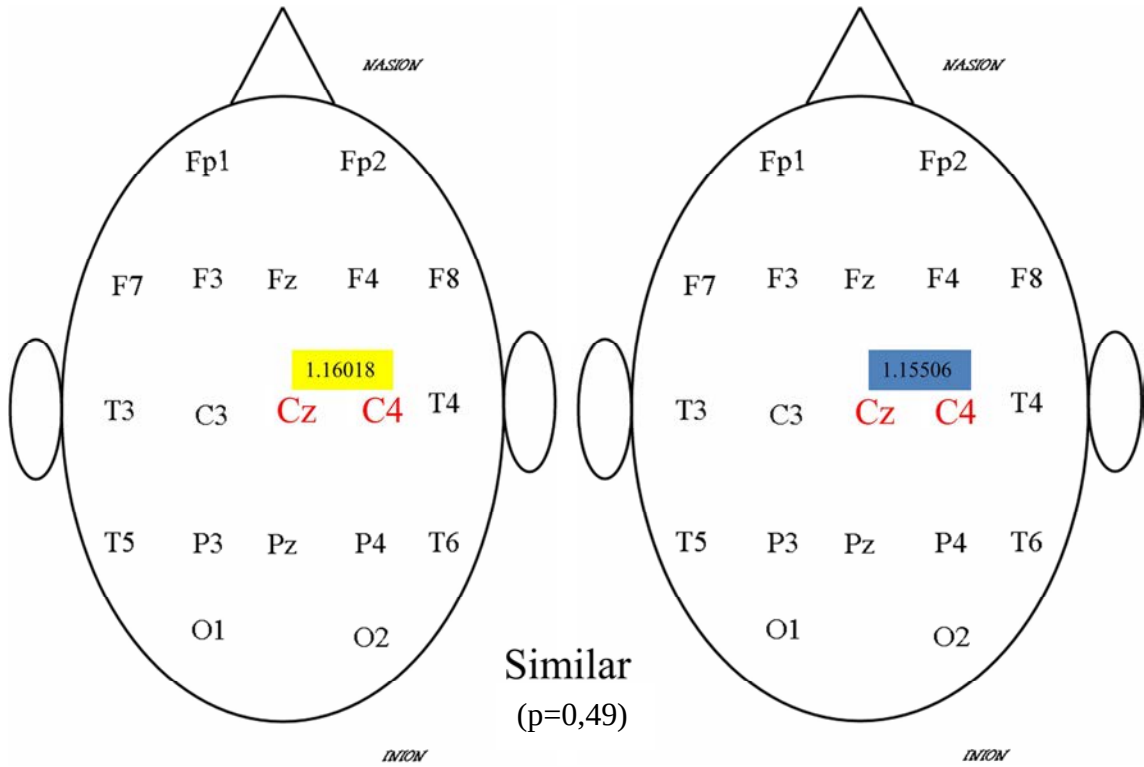


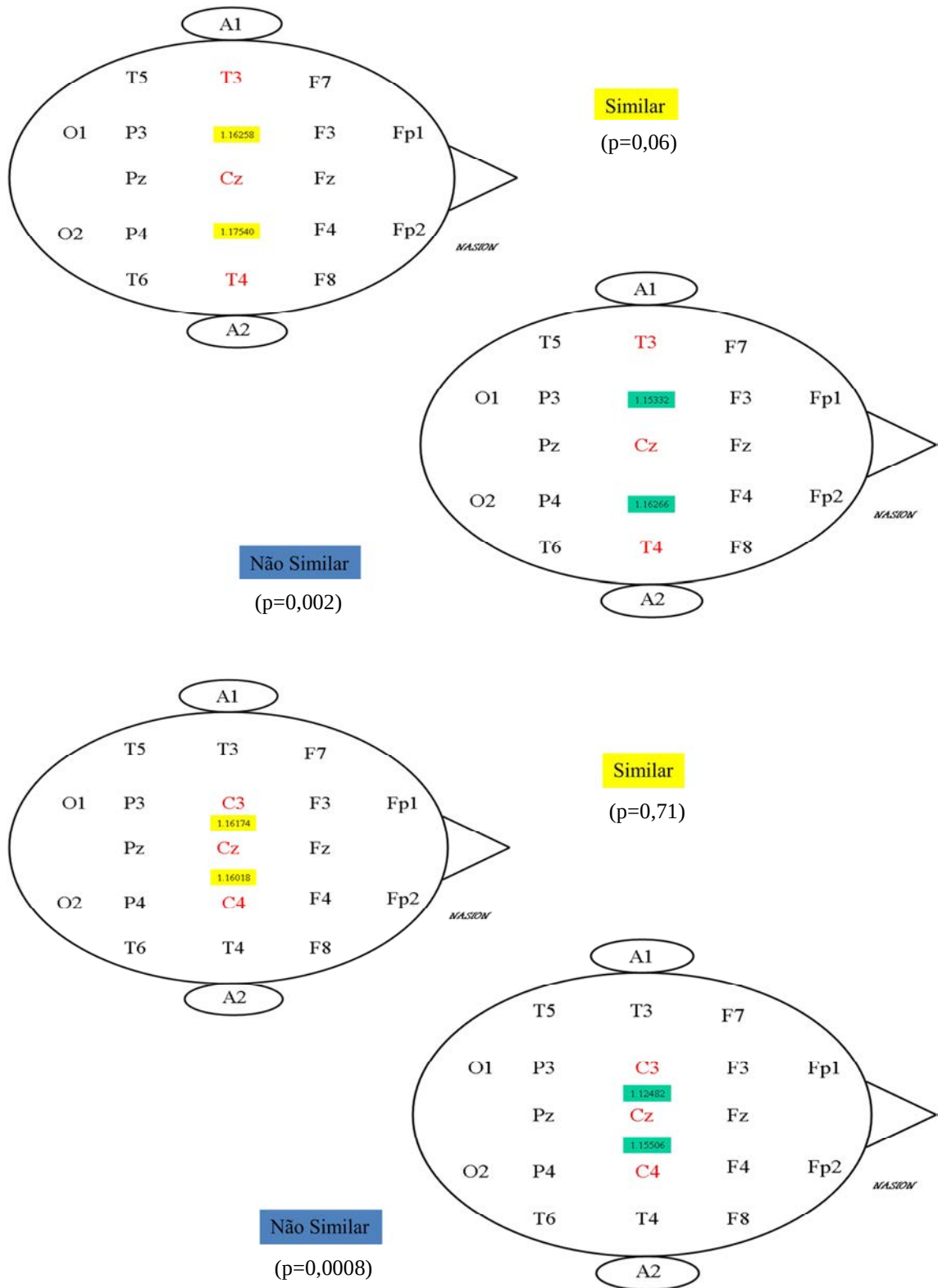


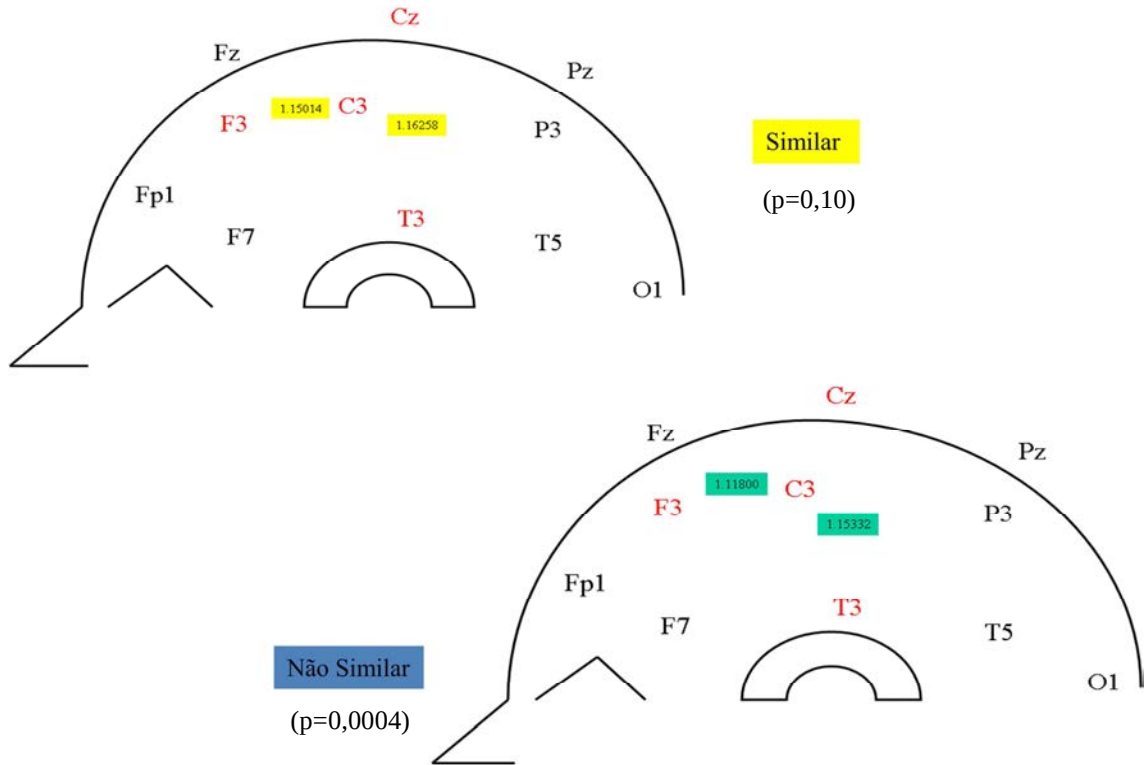




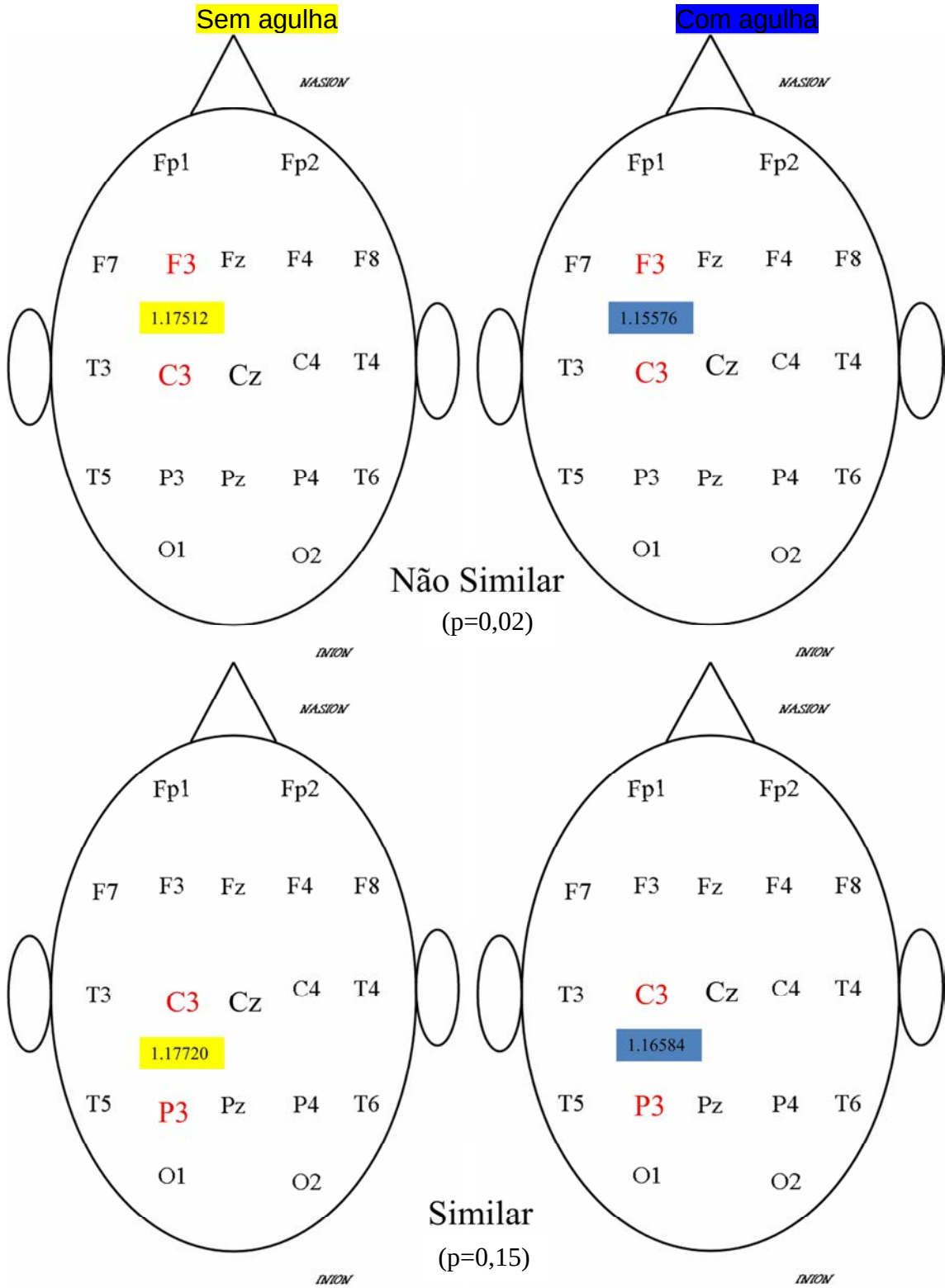


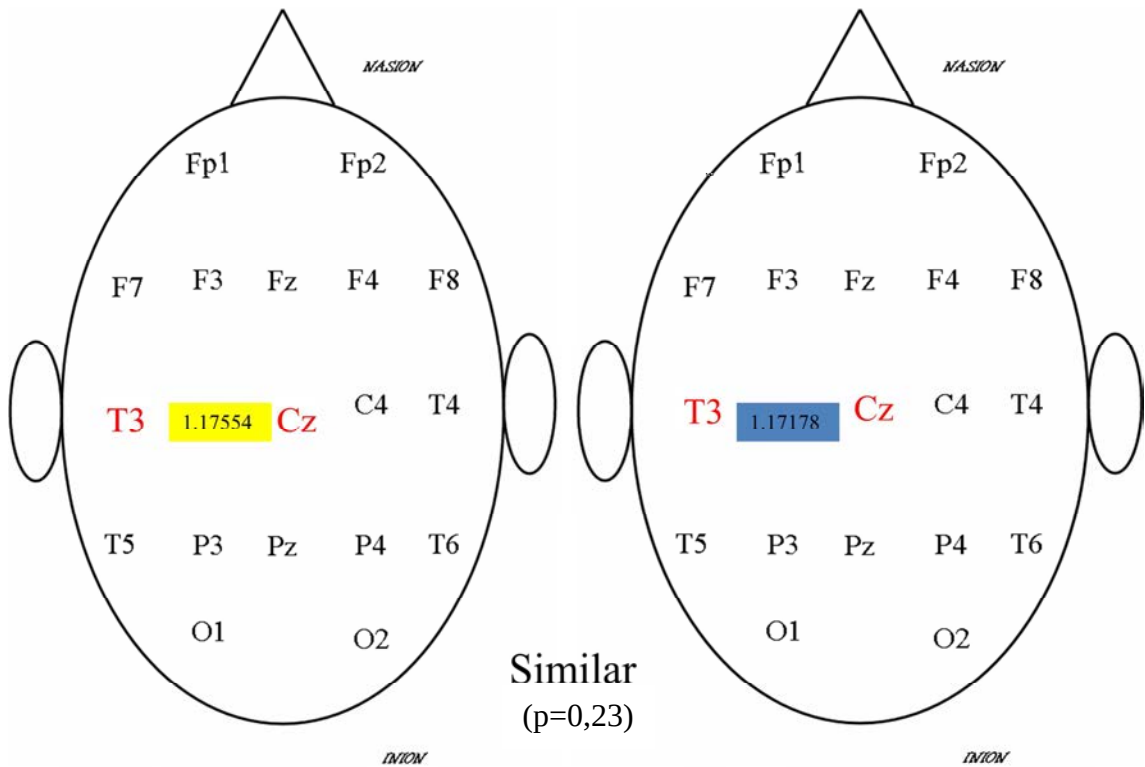
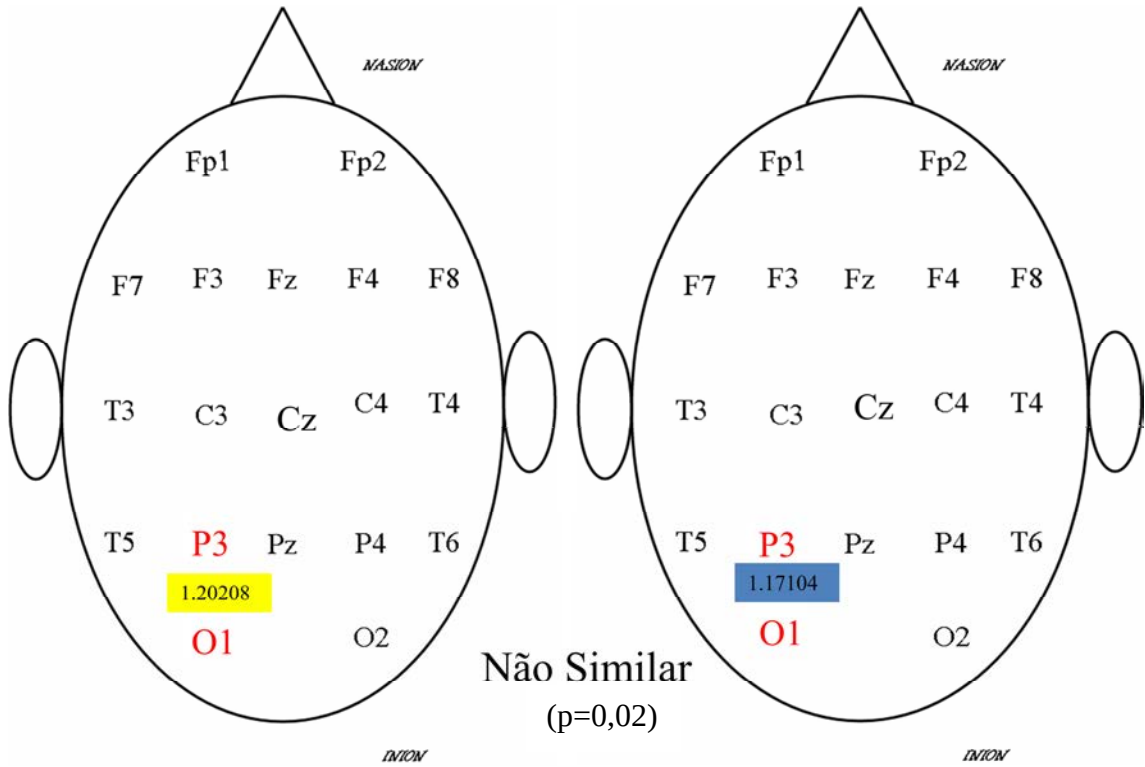


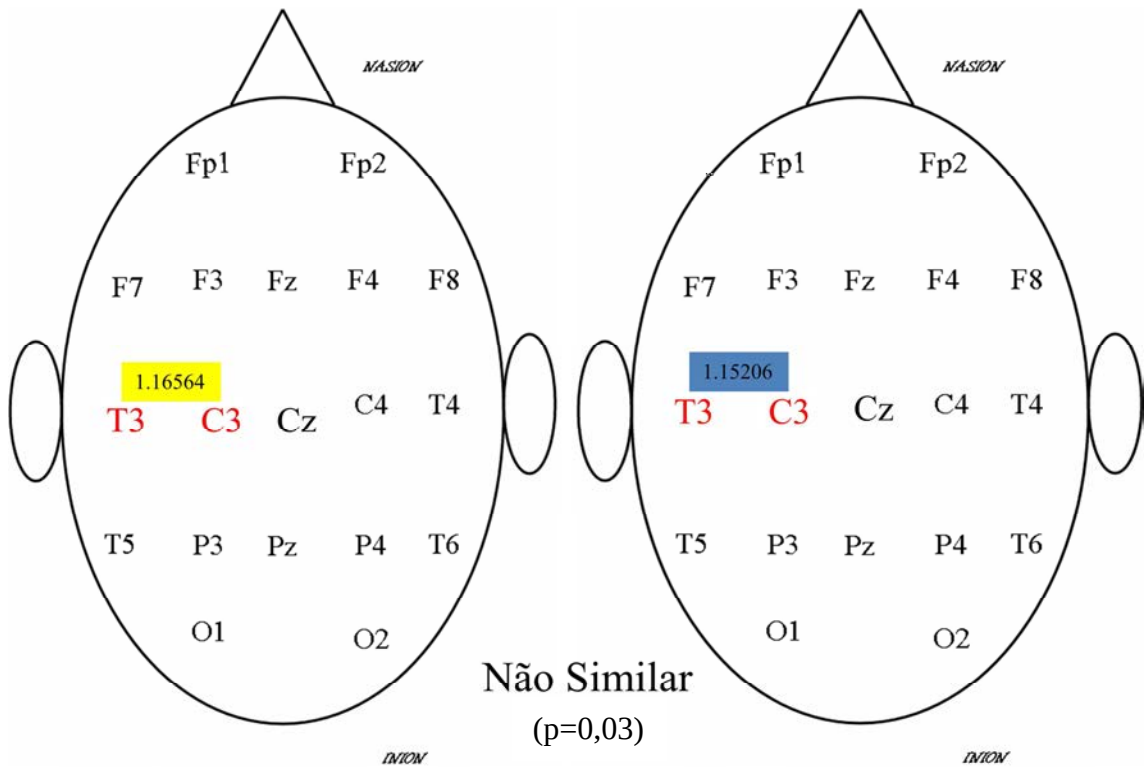
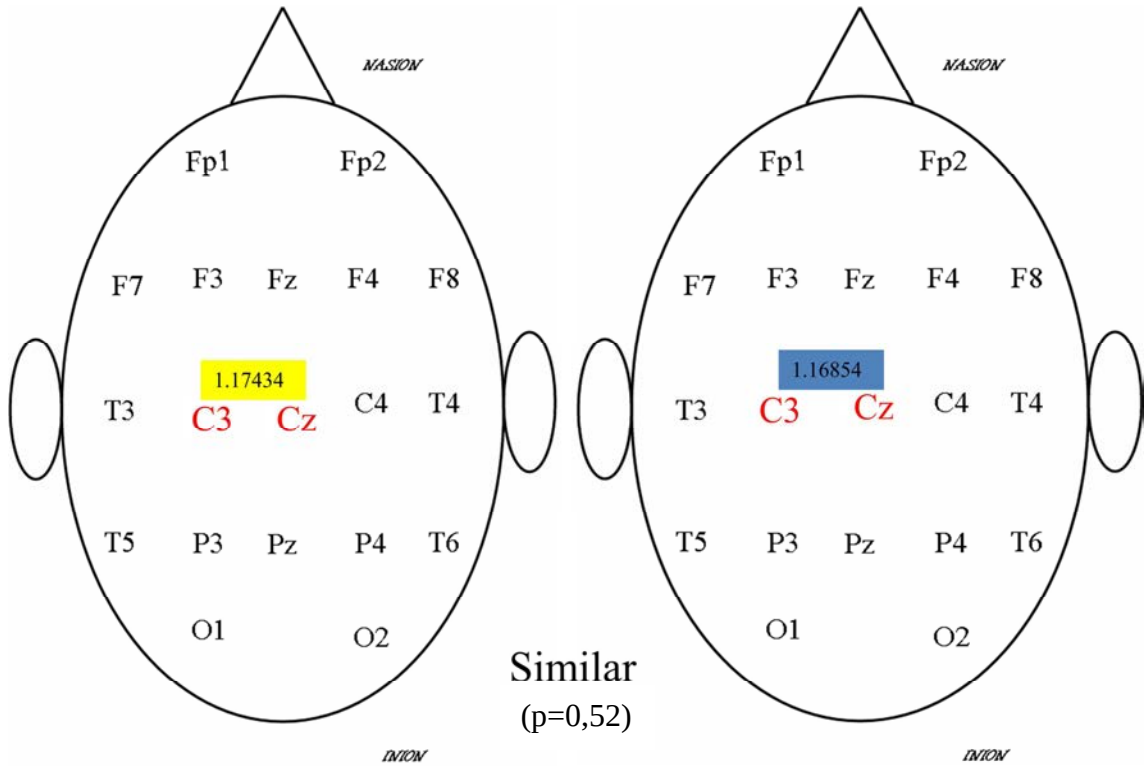


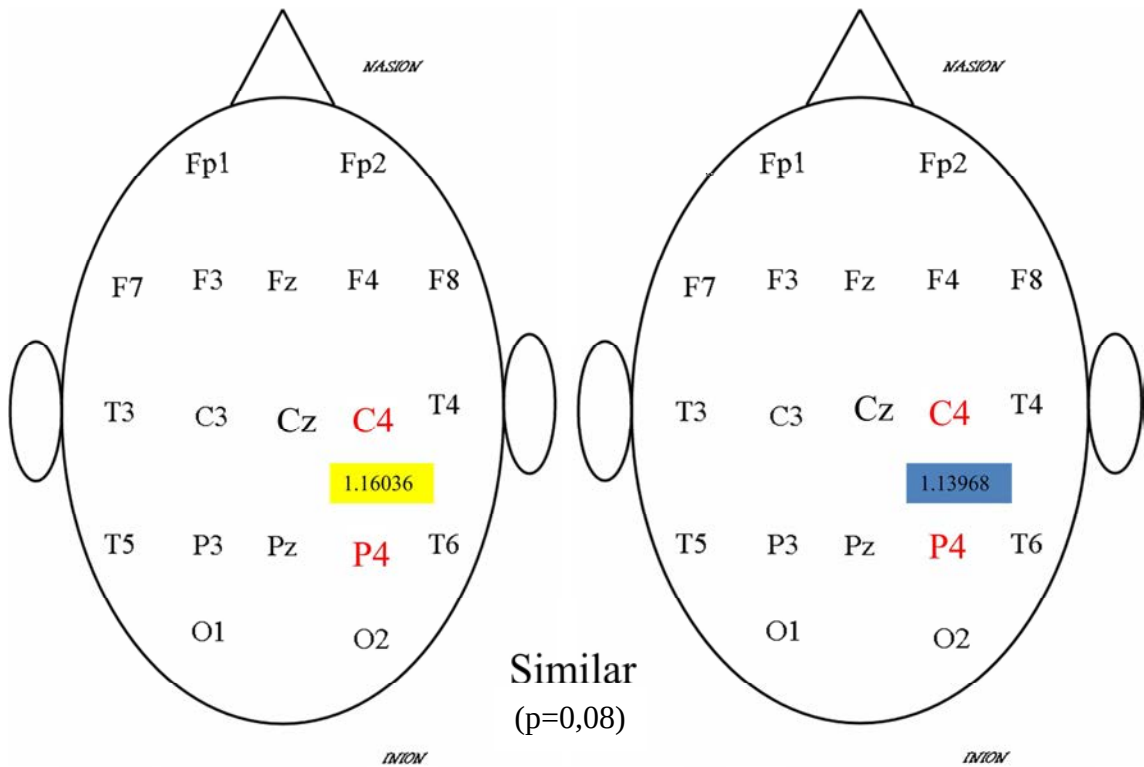
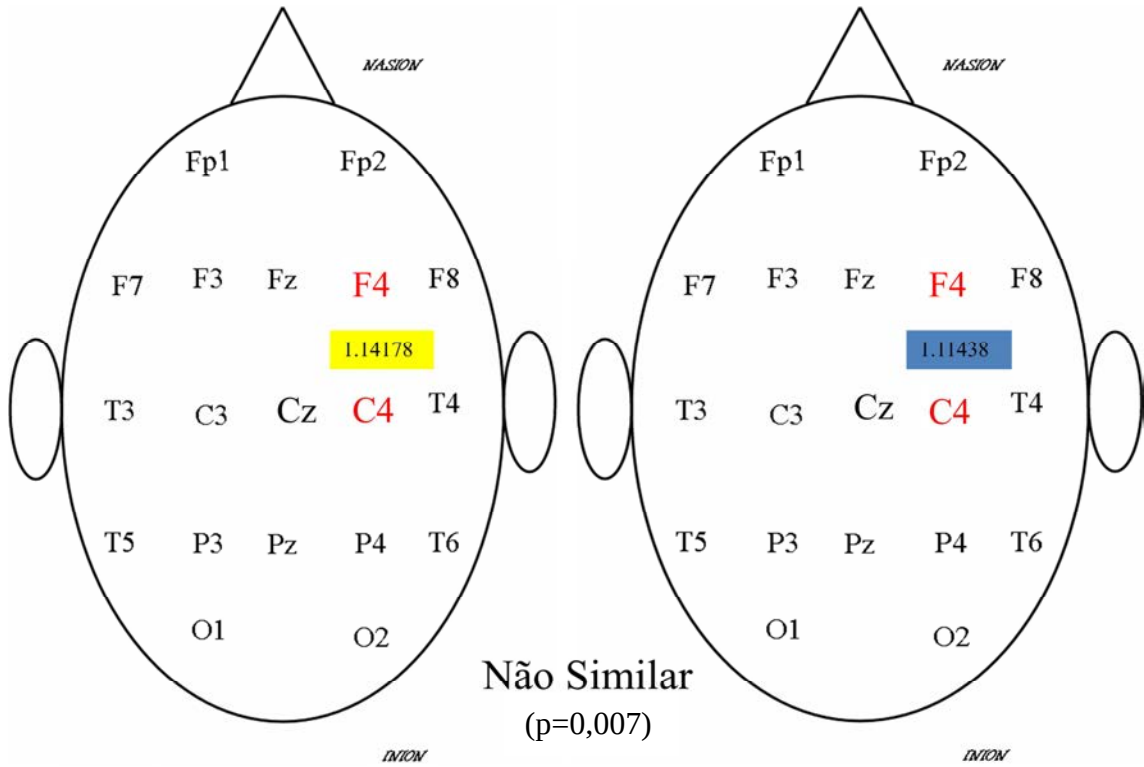


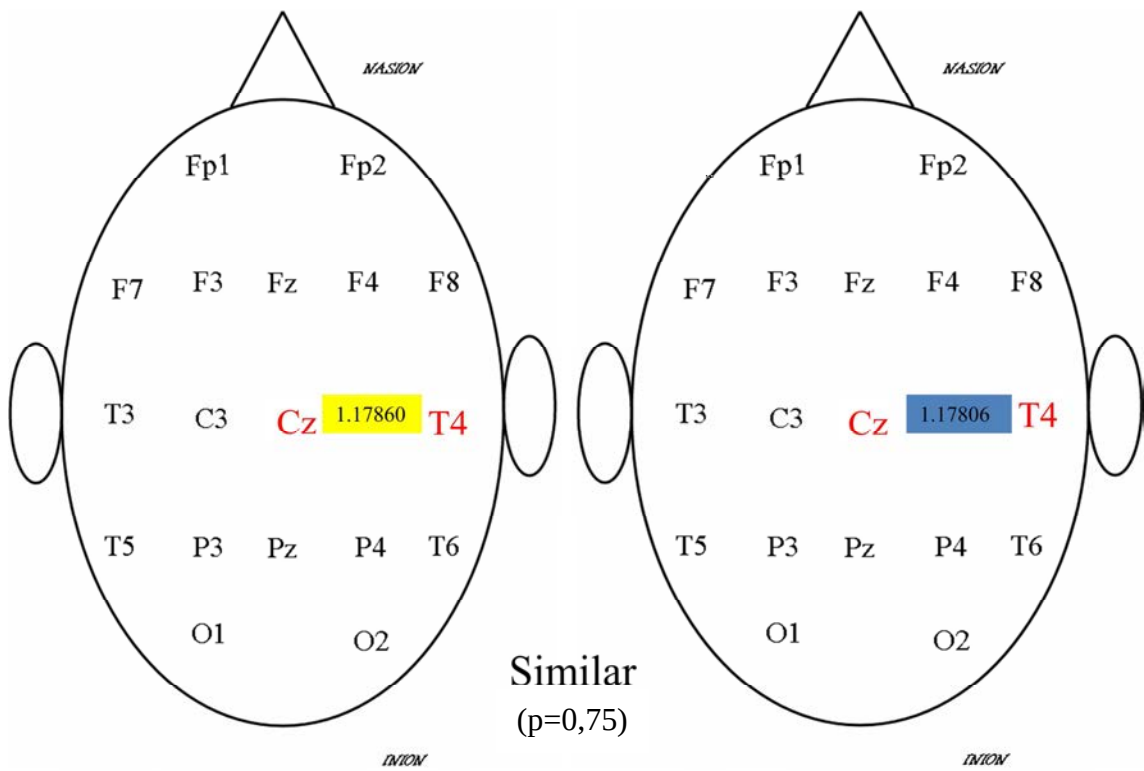
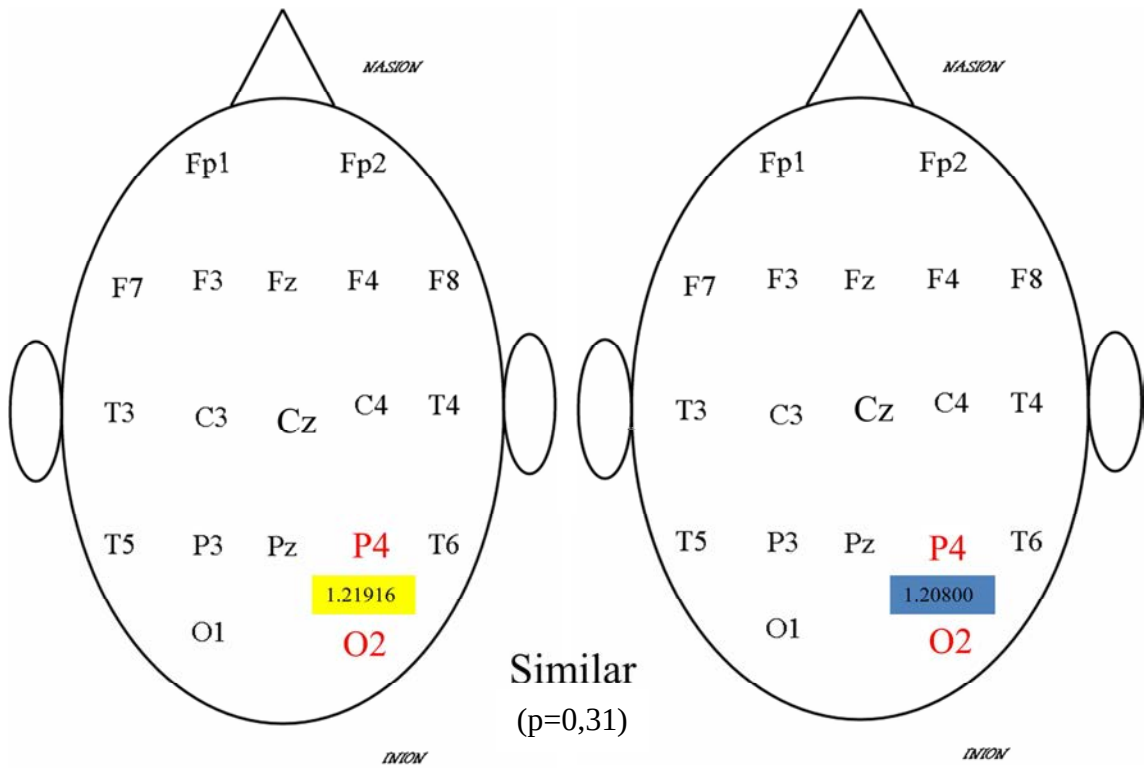
APÊNDICE D – Regiões escalpeanas com respectivas DF médias e alterações estatisticamente significativas entre fases do caso 4.2.3

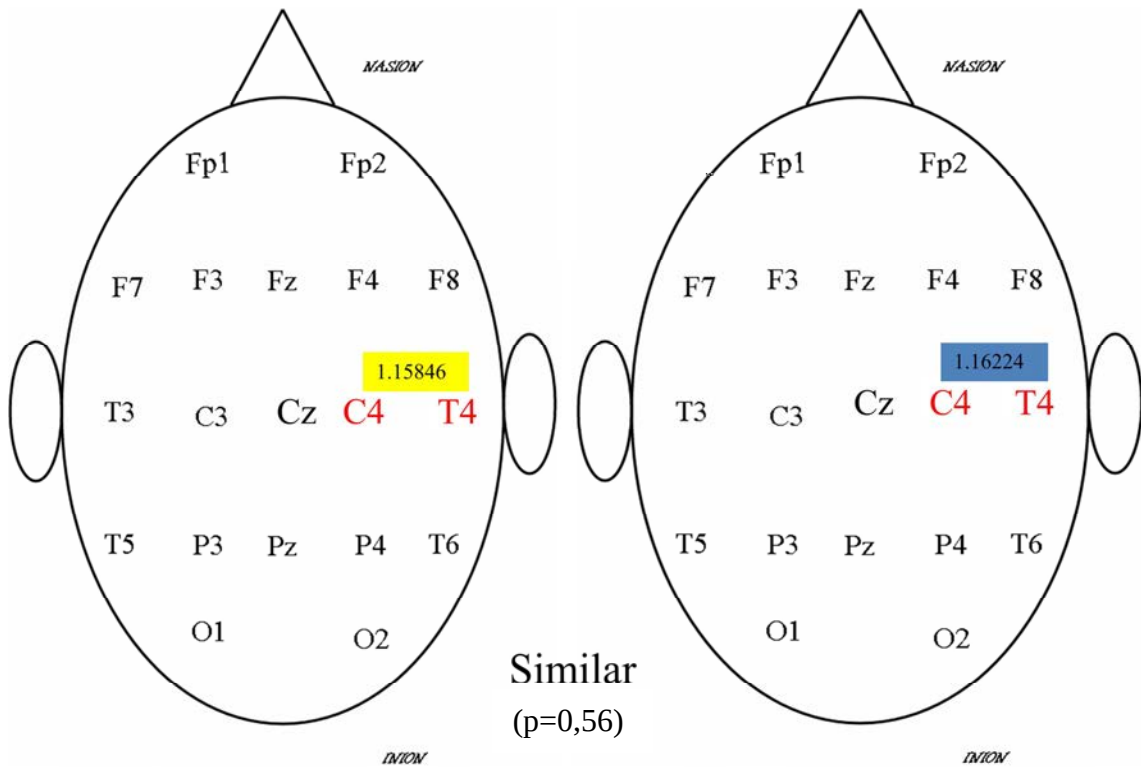
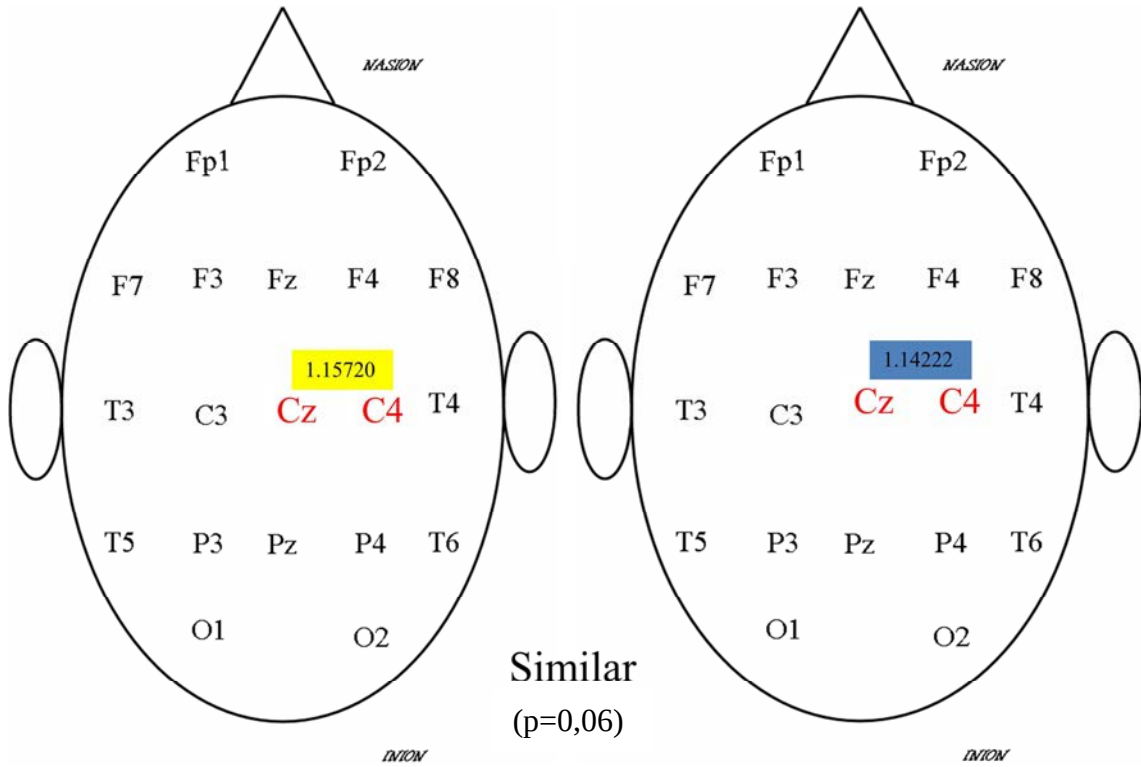


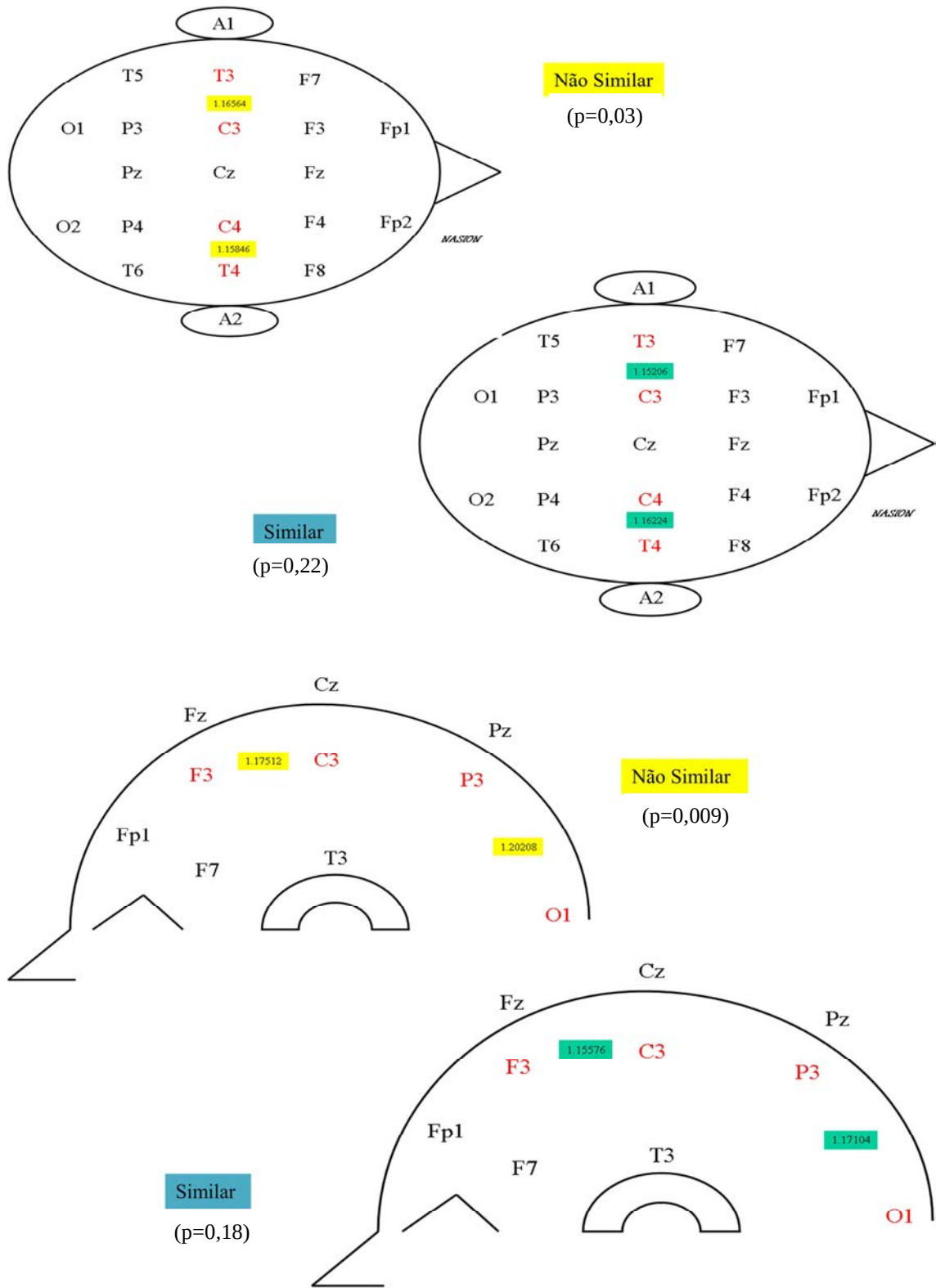


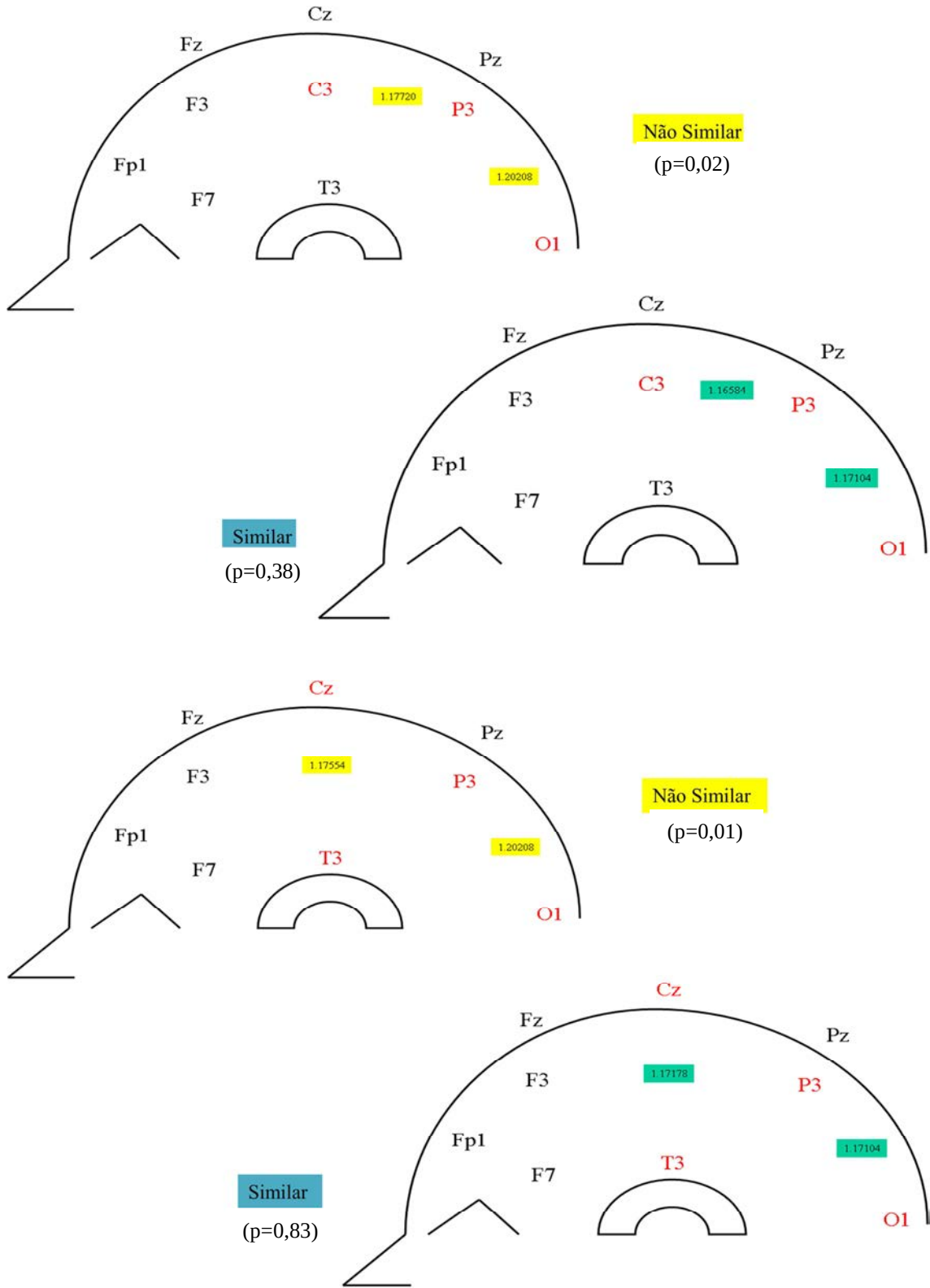


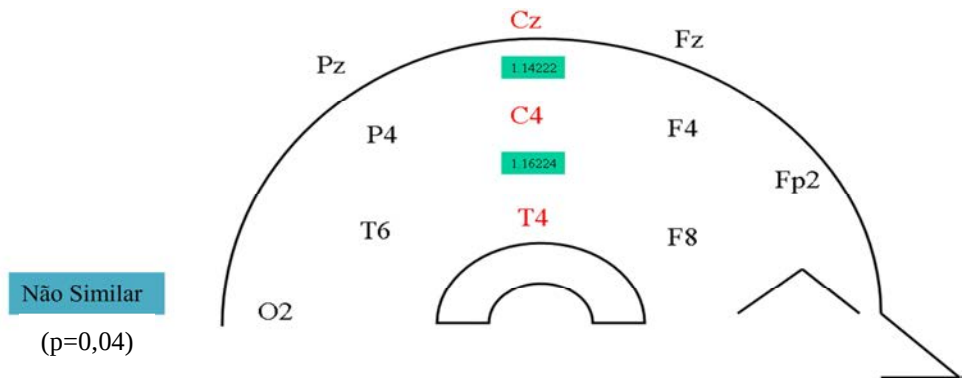
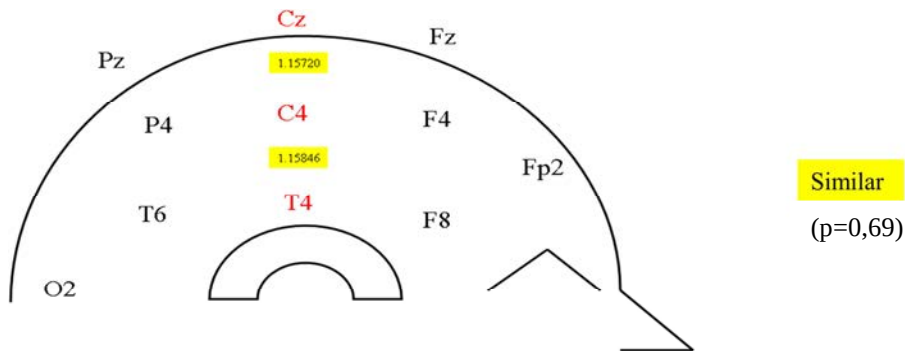
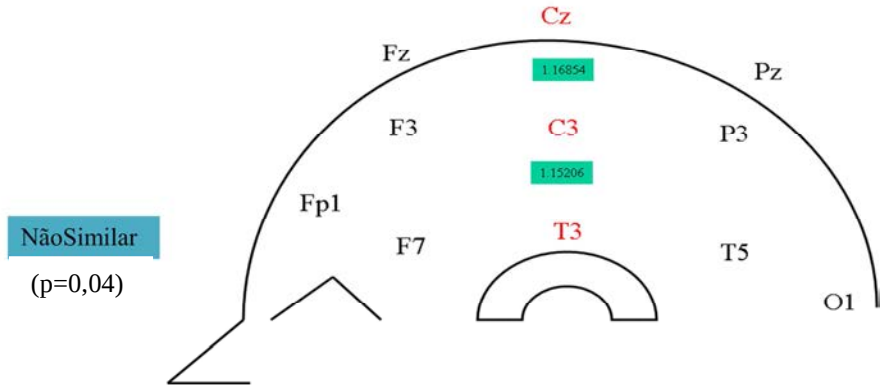
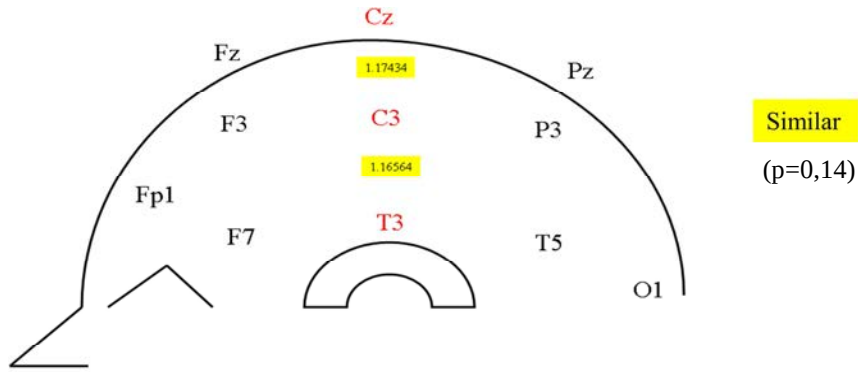




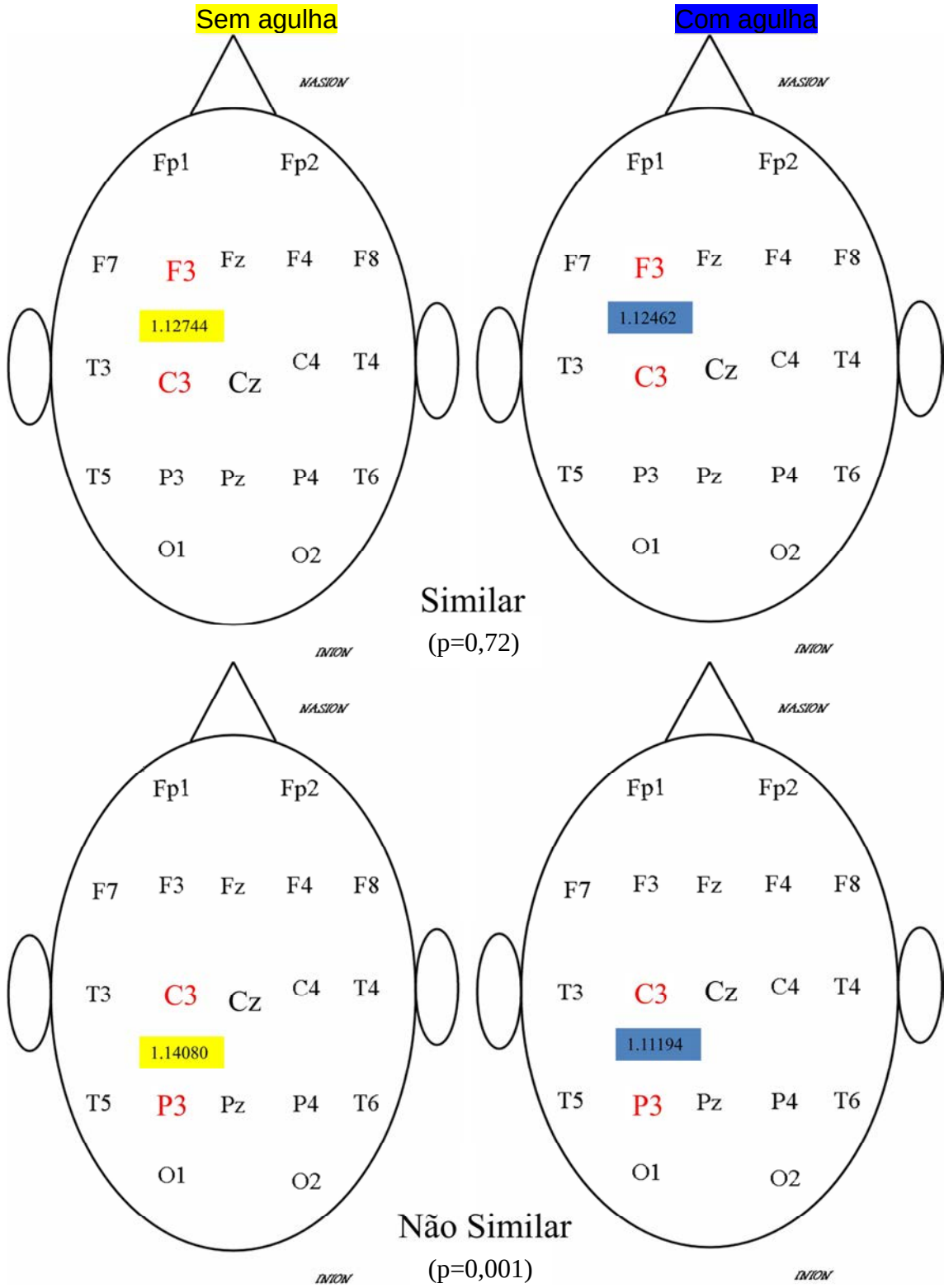


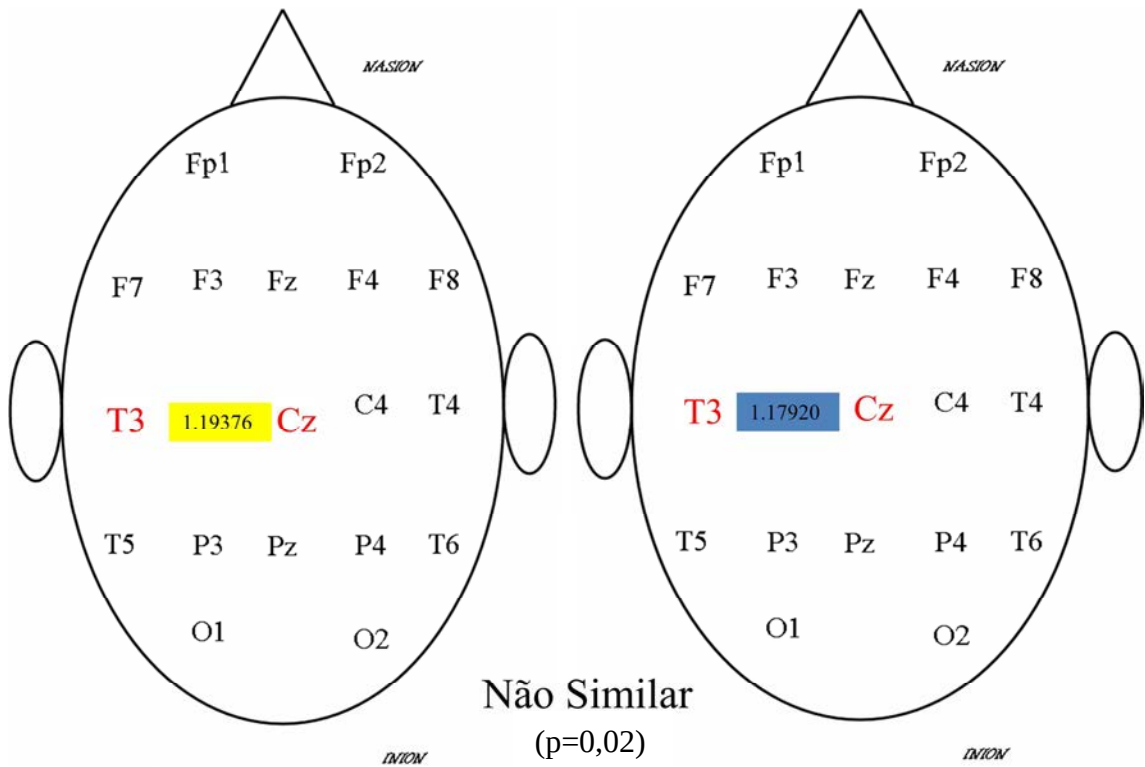
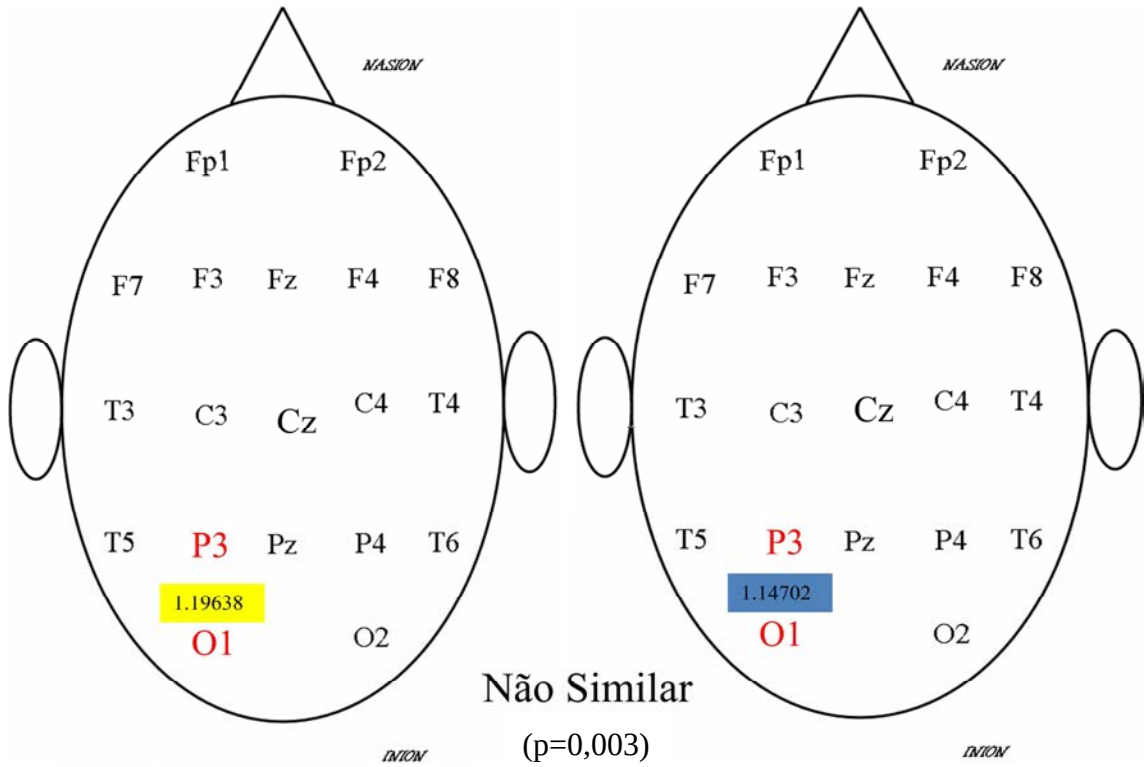


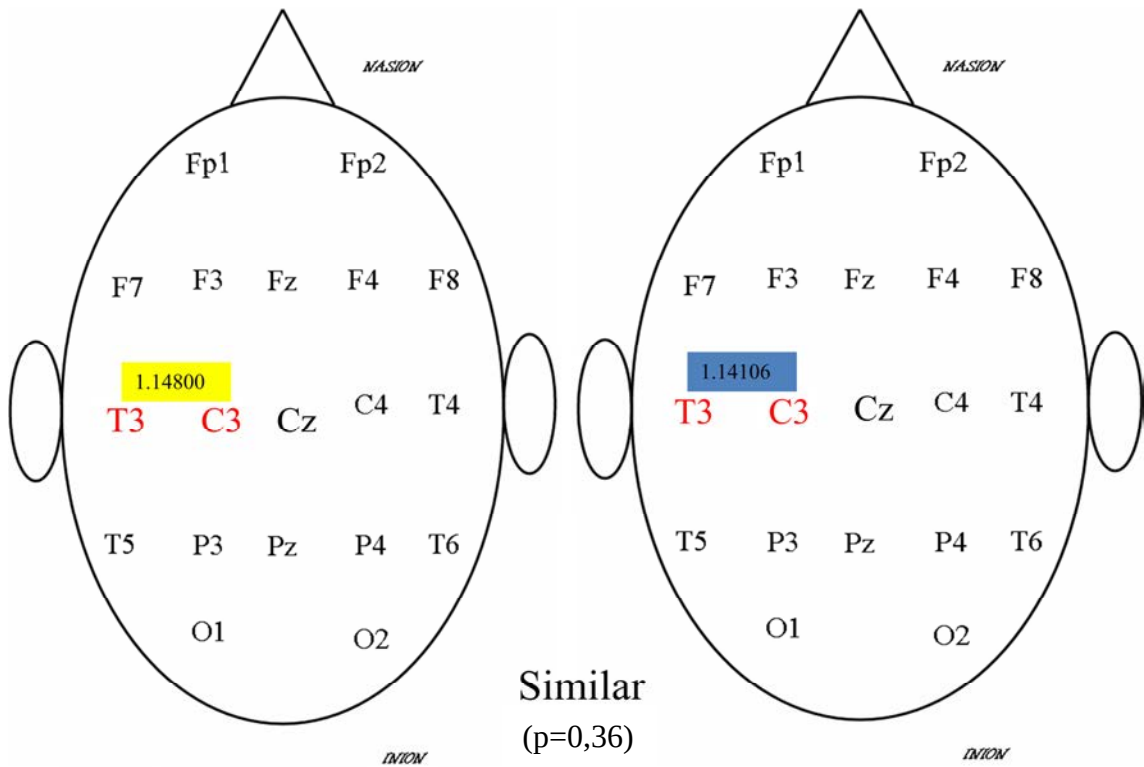
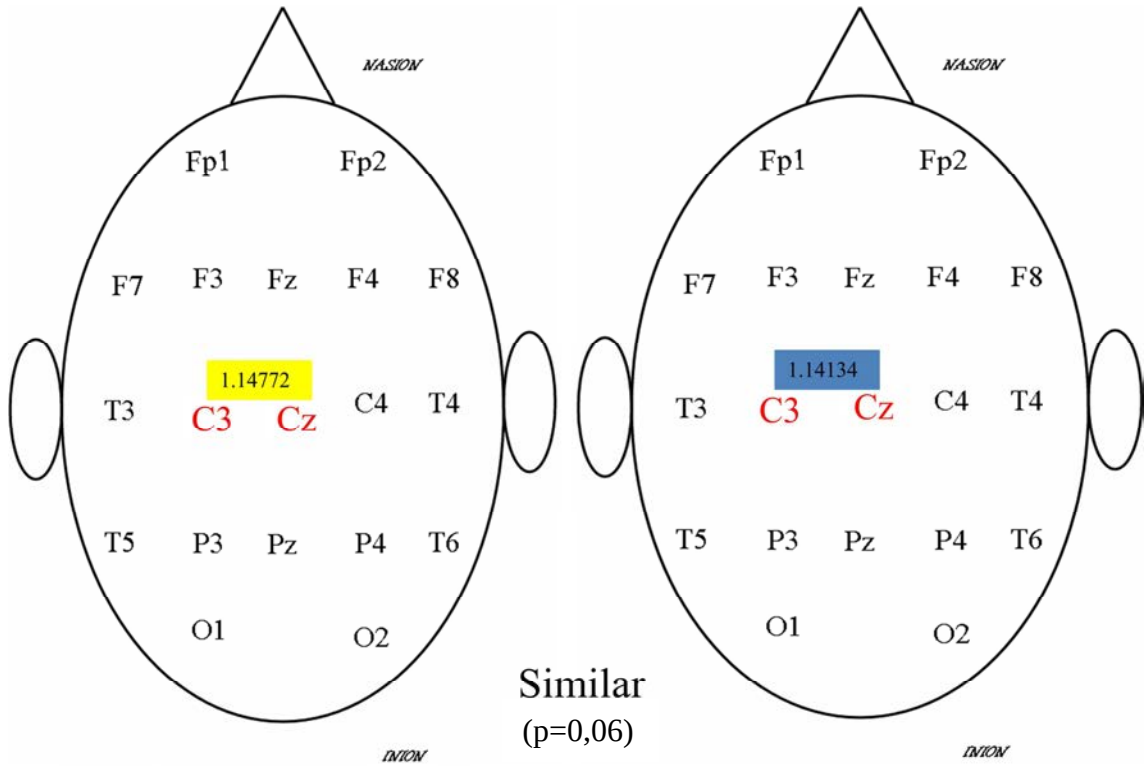


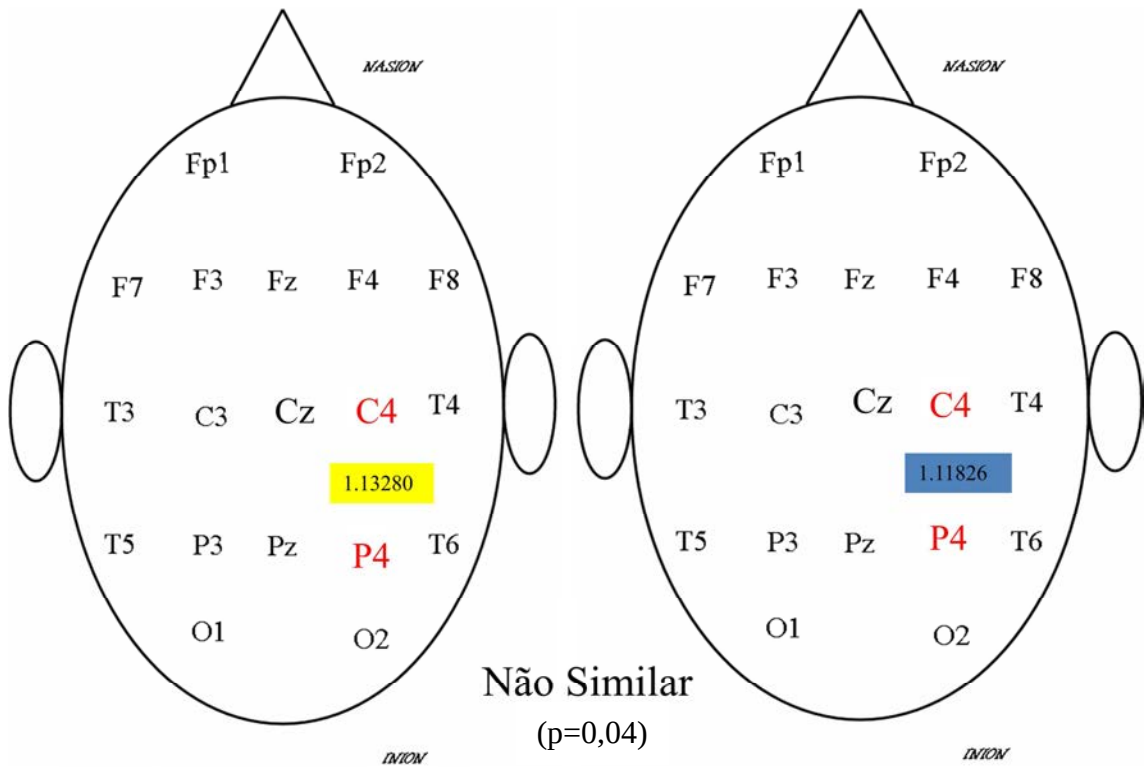
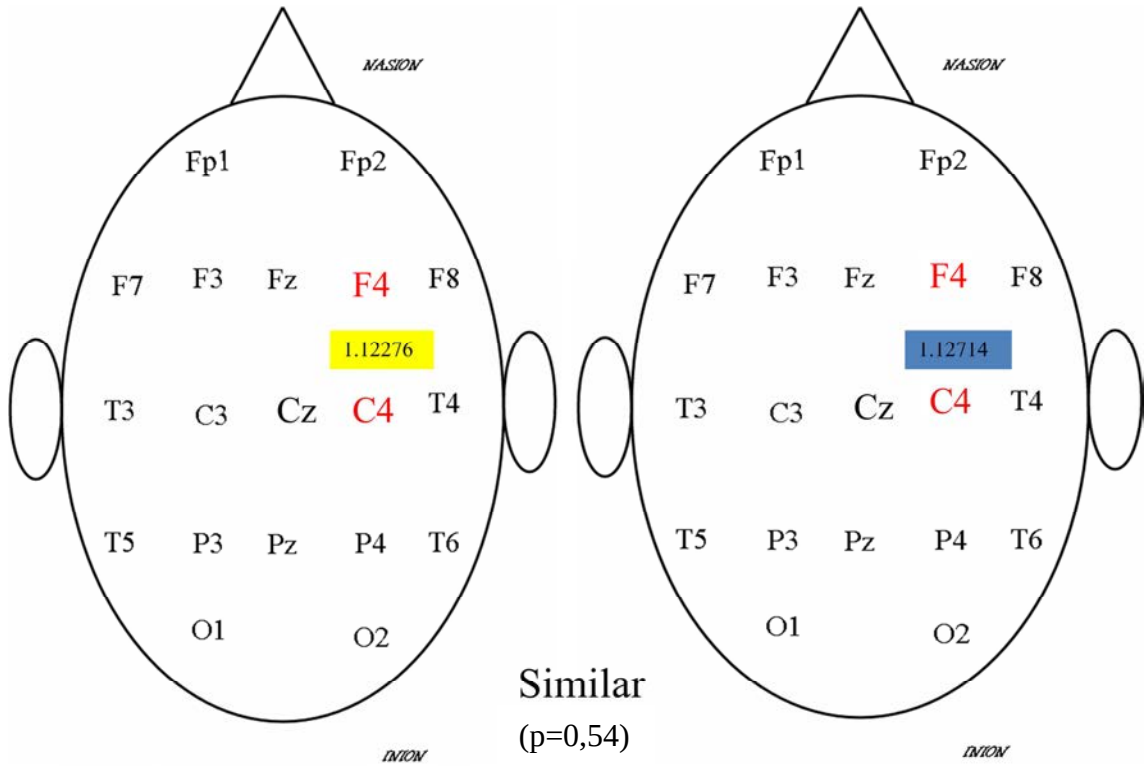


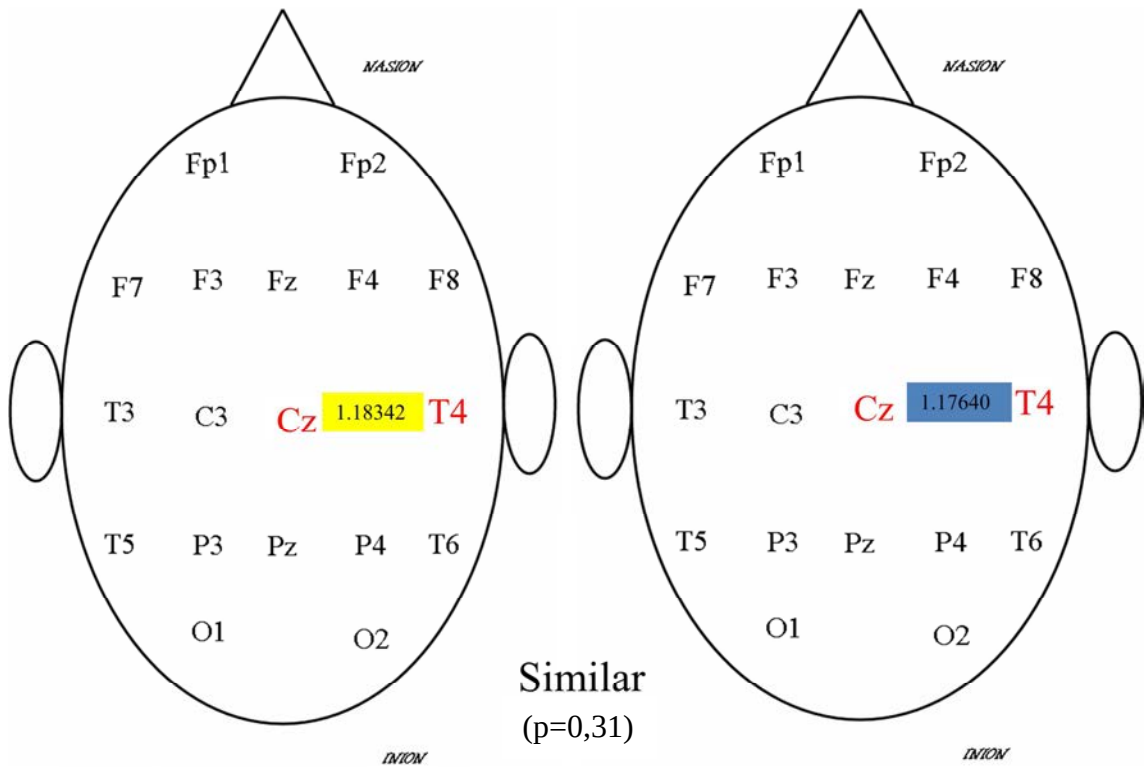
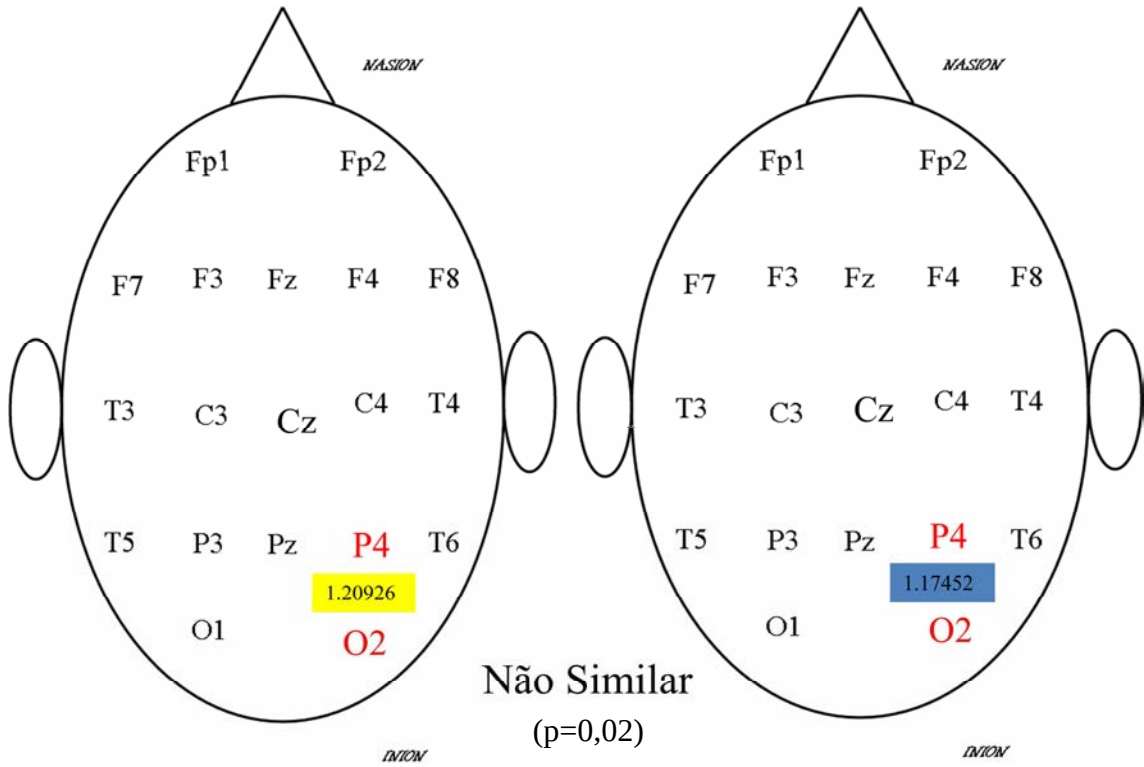
APÊNDICE E – Regiões escalpeanas com respectivas DF médias e alterações estatisticamente significativas entre fases do caso 4.2.4

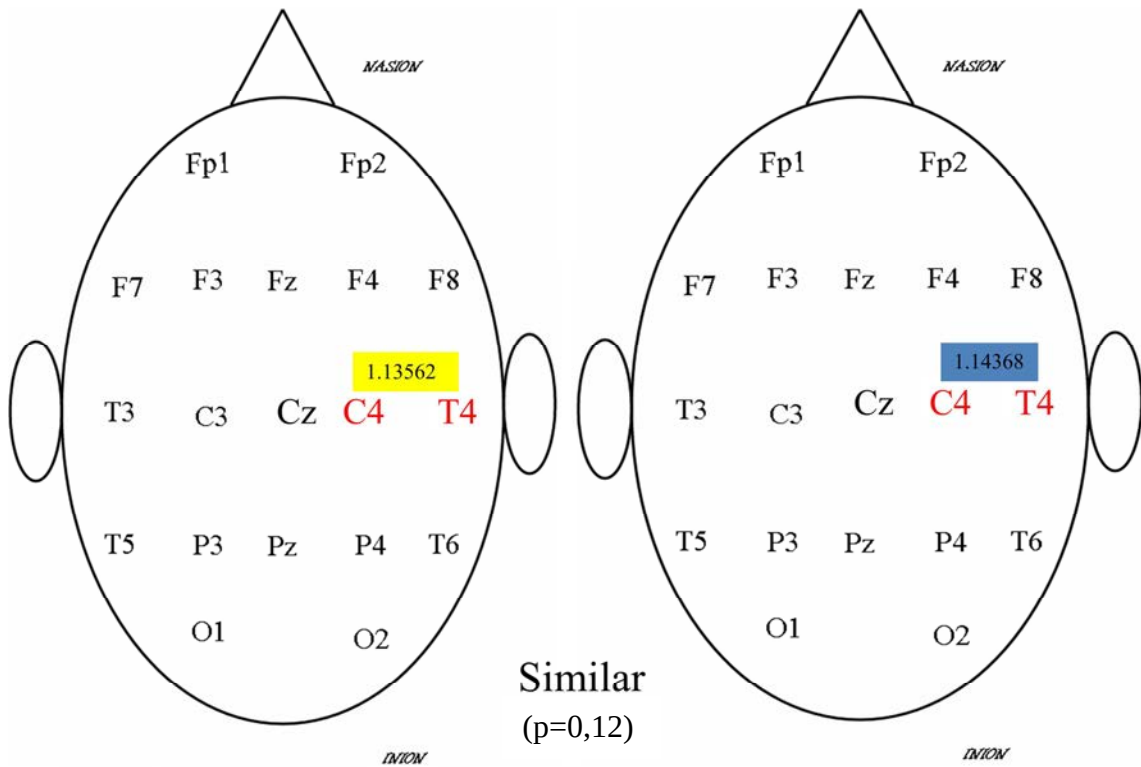
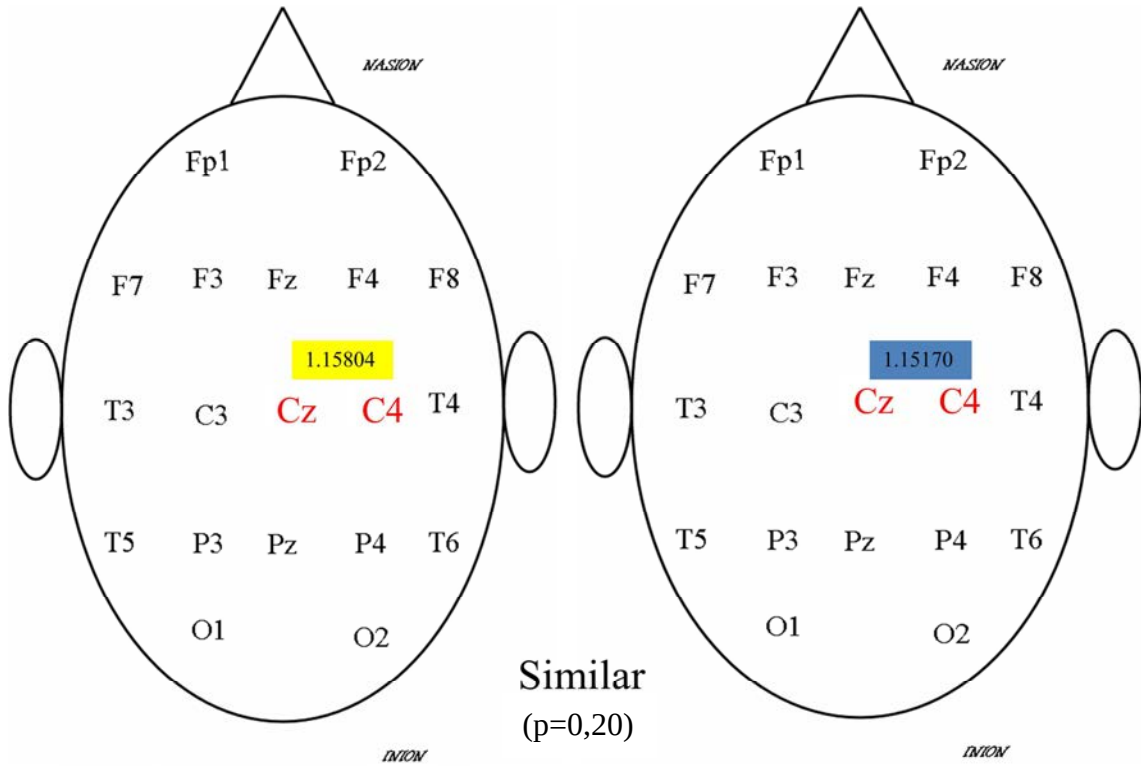


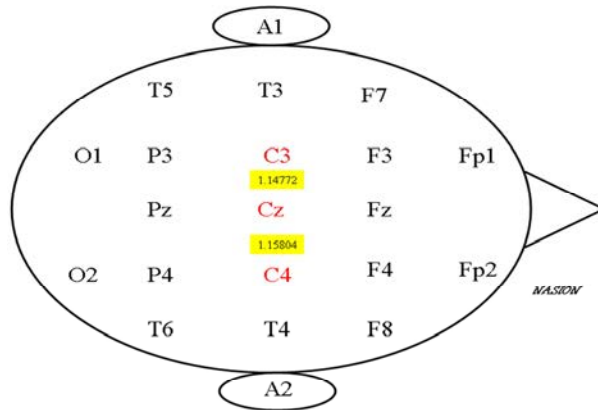






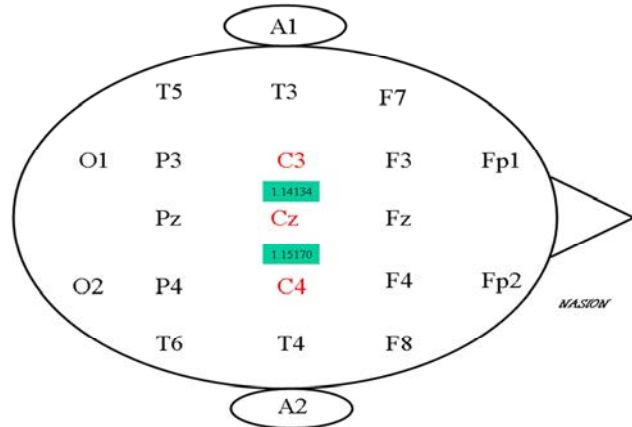






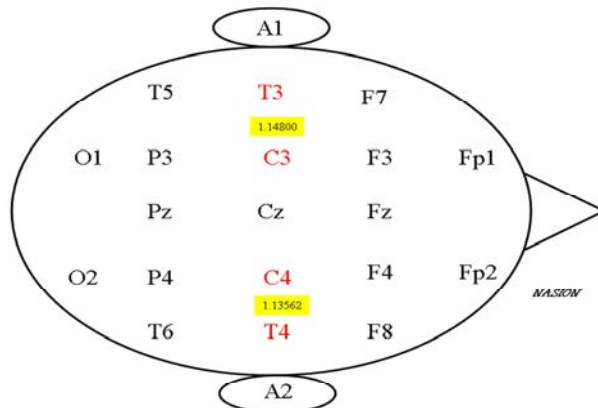
Não Similar

($p=0,02$)



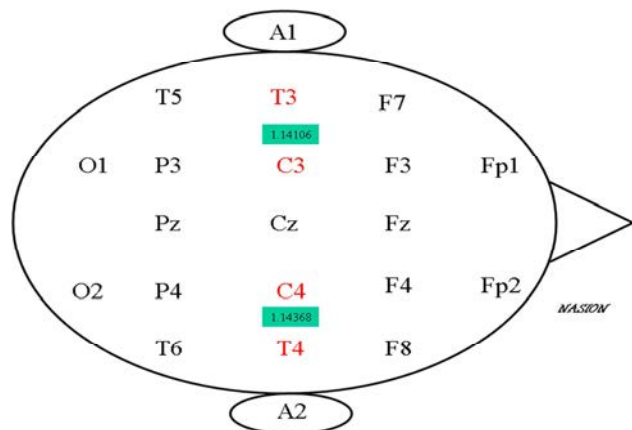
Similar

($p=0,09$)



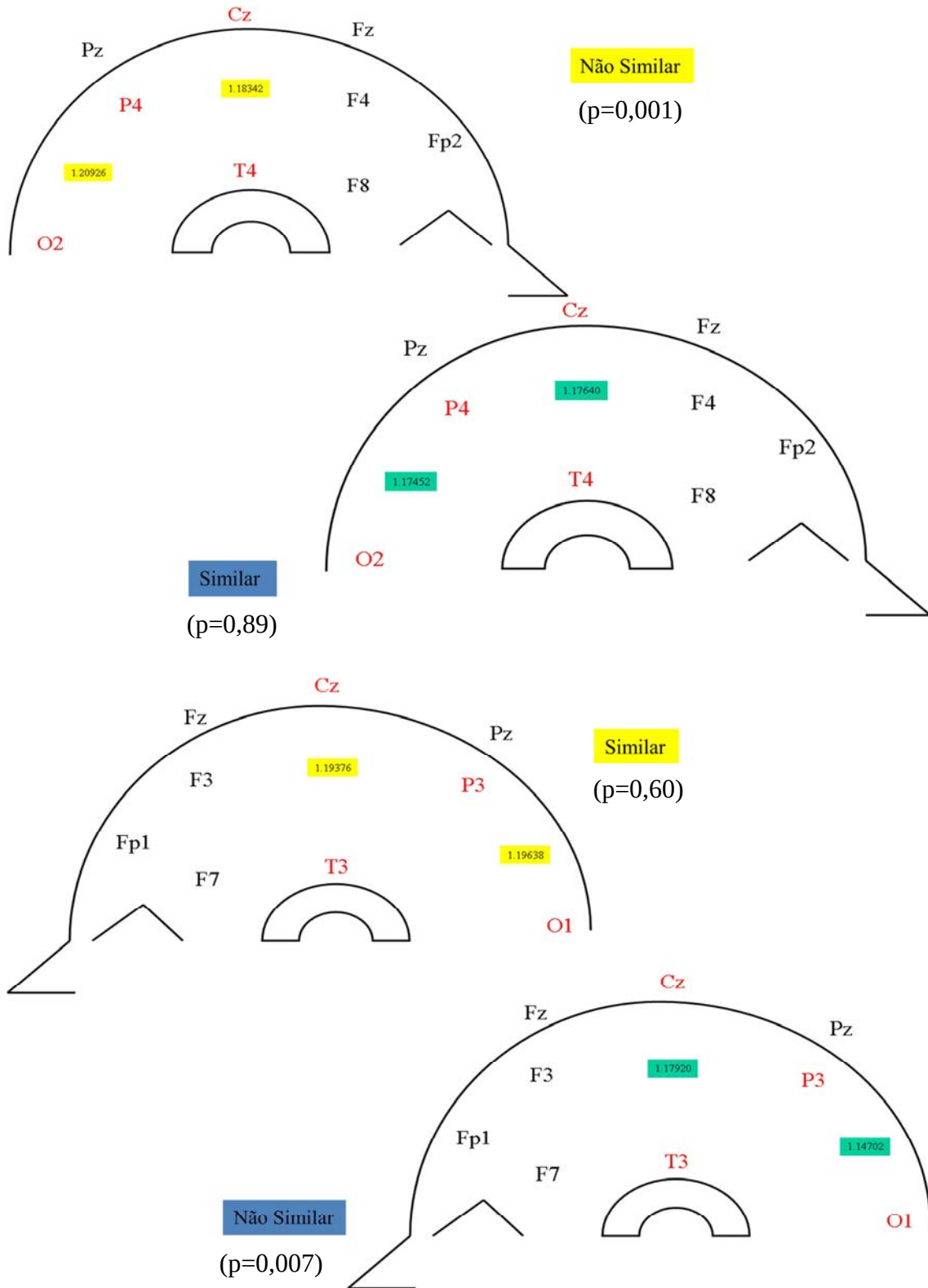
Não Similar

($p=0,03$)



Similar

($p=0,66$)



ANEXOS

ANEXO A – Aprovação pela comissão científica do Hospital Estadual Bauru (HEB)



Hospital Estadual Bauru
Av. Engenheiro Luis Edmundo Carrijo Coube, 1-100
Telefone : (14) 3103-7777
CEP: 17033-360 Bauru/SP

Bauru, 30 de Junho de 2009.

OFÍCIO-HEB-CC-027/09

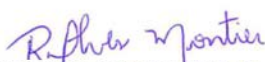
Ref. "Avaliação da Sensibilidade do EEG na Mensuração das Alterações Agudas e Crônicas determinadas por Estimulação de Pontos Auriculares de Acupuntura"

Prezado Sr.,

Informamos que a pesquisa acima deu entrada na Comissão Científica em 04/05/2007, sendo autorizada conforme Ofício 021/07-CC.

Informamos ainda que, o pesquisador apresentou cópia do aval do Comitê de Ética.

Sem mais, colocamo-nos a disposição para outras informações que julgar necessárias.


Regiane Daniela Alves Montier
Centro de Estudos e Pesquisas

Ilmo. Sr.
Dr Írio Gonçalves Junior
Diretor de Assistência à Saúde
HEB

C/c
Dr Antonio Carlos Sant'Ana

ANEXO B – Autorização pelo comitê de ética em pesquisa (CEP)



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Bauru



O Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista – UNESP, em sua 33ª Reunião Ordinária realizada no dia 30 de agosto de 2007, no Prédio do STI da Faculdade de Ciências da UNESP, Campus de Bauru, às 09h00, após análise do parecer emitido pelo relator **APROVA** o projeto "Avaliação da sensibilidade do EEG na mensuração das alterações agudas e crônicas determinadas por estimulação de pontos auriculares de acupuntura", Processo nº 976/46/01/07, sob responsabilidade do Dr. Antonio Carlos Sant'Ana.

Bauru (SP), 30 de agosto de 2007


PROF. DR. PAULO NORONHA LISBOA FILHO
Coordenador do Comitê de Ética em Pesquisa

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA

Av. Engº Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01 - Vargem Limpa - Bauru-SP - CEP: 17.033-300
Fone: (14) 3103-6187 - e-mail: cellari@fc.unesp.br

ANEXO C – Formulário próprio da rotina do setor de EEG do Hospital Estadual Bauru (HEB)



Hospital Estadual de Bauru
Av. Eng. Luiz Edmundo C. Coube, 1-100
CEP: 17.033-360 Bauru/SP
Telefone: (14) 3103-7777

EXAME ELETROENCEFALOGRÁFICO EEG N° _____

Nome: _____ Reg.: _____

Data de nascimento: ____/____/____ Sala: _____

Idade: _____ Data do exame: ____/____/____

Médico requisitante: _____ Cidade: _____

Local: ☐ Laboratório ☐ UTI ☐ Enfermaria ☐ Outro

Solicitação: ☐ Urgência ☐ Rotina

Uso de medicamentos: (1) Atual (2) Anterior

- | | |
|--|--|
| ☐ Fenobarbital (<i>Gardenal</i>) | ☐ Amitriptilina (<i>Triptanol</i>) |
| ☐ Flunarizina (<i>Vertex, Flunarim</i>) | ☐ Oxacarbamazepina (<i>Trileptal</i>) |
| ☐ Hidantoinato (<i>Hidantal</i>) | ☐ Divalproato (<i>Depakote</i>) |
| ☐ Pisotifeno (<i>Sandomigran</i>) | ☐ Topiramato (<i>Topamax</i>) |
| ☐ Ac. Valproico (<i>Depakene, Valpaquine</i>) | ☐ Clonazepam (<i>Rivotril</i>) |
| ☐ Fluoxetina (<i>Daforin, Prozac</i>) | ☐ Clobazam (<i>Urbanil, Frisium</i>) |
| ☐ Carbamazepina (<i>Tegretol</i>) | |

Outras (descrever): _____

Queixa principal:

- | | |
|---|---|
| ☐ Cefaleia (dor de cabeça) | ☐ Perda de fôlego |
| ☐ Tontura | ☐ Crises: |
| ☐ Distúrbios de aprendizagem | ☐ Somente com febre |
| ☐ Distúrbios do sono | ☐ Desligamentos |
| ☐ Ranger os dentes | ☐ Movimentos do corpo todo |
| ☐ Enurese | ☐ Movimento de membros |
| ☐ Sonambulismo | ☐ Sustinhos |
| ☐ Falar dormindo | ☐ Alteração da visão |
| ☐ Roncos | ☐ Alteração da audição |
| ☐ Agitação | ☐ Quedas |
| ☐ Outros dist. sono | ☐ Outras |

☐ Desmaios

Duração: _____

☐ Outras queixas (descrever): _____

Desenvolvimento neuropsicomotor:

- | | |
|---|--|
| ☐ Aparentemente normal | ☐ Aparentemente anormal |
| | ☐ Fala |
| | ☐ Inteligência |
| | ☐ Andar |

ANEXO C (continuação) – Formulário próprio da rotina do setor de EEG do Hospital Estadual Bauru (HEB)

Antecedentes pessoais

Parto: ☐ Normal ☐ Cesária ☐ Fórcepe

Complicações: ☐ Não ☐ Sim

Doenças: _____

Antecedentes familiares

☐ Crises

☐ Dor de cabeça

☐ Retardo mental

☐ Outros (descrever): _____

Exames anteriores

☐ Tomografia computadorizada Resultado: ☐ Normal ☐ Alterado

☐ Ressonância Nuclear Magnética Resultado: ☐ Normal ☐ Alterado

☐ Eletroencefalografia Resultado: ☐ Normal ☐ Alterado

Condições do exame

Estado: ☐ Vigília ☐ Sonolência ☐ Sono induzido ☐ Sono espontâneo

Provas de ativação: ☐ HIP ☐ FEI ☐ Reação de despertar ☐ Abertura ocular

Condições Técnicas:

☐ Posição da cabeça

☐ Movimentos

☐ Artefatos

☐ Alterações respiratórias

☐ Crises

Descrever: _____

Observações: _____

Nome do técnico: _____

Sala: _____