

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE MATEMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA

ESTÁGIOS DO SONO E FREQUÊNCIAS
BÁSICAS DO ELETROENCEFALOGRAMA (EEG)

CECILIA DE FATIMA Q. ROKEMBACH

ORIENTAÇÃO: SILVIA R. C. LOPES

Porto Alegre, Dezembro de 1992.

UFRGS
SISTEMA DE BIBLIOTECAS
BIBLIOTECA SETORIAL DE MATEMÁTICA

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos professores, alunos e funcionários do Departamento de Estatística que durante o desenvolvimento deste trabalho contribuíram, de alguma forma, para a sua realização.

Em especial:

- A professora Sílvia R. C. Lopes pela orientação e estímulo.
- Ao Dr. Denis Martinez pela orientação na área médica.
- A equipe do Laboratório do Sono da Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre pelo apoio.

Dedico este trabalho

- A Renato, meu companheiro
- À Daura e Nelson Rokembach, pais por adoção de amor.
- E especialmente para Alice.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	8
2 - OBJETIVO	10
3 - CONHECIMENTOS BÁSICOS SOBRE O SONO	11
3.1 - Principais Variáveis Classificatórias	11
3.2 - Estágios do Sono	12
3.3 - Distúrbios do Sono	18
3.3.1 - Insônia	18
3.3.2 - Sonolência Severa Durante o Dia	19
3.3.3 - Doenças Causadas Pela Alteração do Sono/Vigília	20
3.3.4 - Parassônias	21
4 - METODOLOGIA	22
4.1 - Objetivos e Conceitos Básicos da Análise de Séries Temporais	22
4.1.1 - Objetivos	22
4.1.2 - Definições Básicas	22
4.2 - Processos Estacionários	24
4.2.1 - A Função de Distribuição Espectral ..	24
4.2.2 - A Função de Densidade Espectral	29
4.3 - Modelos	31
4.3.1 - Processos Autorregressivos	32
4.3.2 - Processos Média Móvel	34
4.3.3 - Modelos Mistos	35

5 - APRESENTAÇÃO E COLETA DE DADOS	37
6 - ANÁLISE DOS DADOS	38
6.1 - Seleção e Apresentação das Amostras	39
6.2 - Ritmo Alfa	40
6.2.1 - Análise da Série Ritmo Alfa Amostrado	41
6.3 - Estágio 1	45
6.3.1 - Análise do Estágio 1 Amostrado	46
6.4 - Estágio 2	49
6.4.1 - Análise do Estágio 2 com Complexo K Amostrado	50
6.4.2 - Análise do Estágio 2 com Fuso Amostrado	52
6.5 - Estágio 3/4	55
6.5.1 - Análise do Estágio 3/4 Amostrado	56
7 - CONCLUSÃO	59
8 - SUGESTÕES PARA PROJETOS DE PESQUISAS FUTURAS	61
9 - BIBLIOGRAFIA	62
10 - ANEXOS	64
10.1 - Anexo 1 - Termos Comumente Utilizados em Relação ao Sono	
10.2 - Anexo 2 - Tabela de Valores do Poder do Espectro da Série Ondas Alfa Amostrado	

- 10.3 - Anexo 3 - Gráfico da Autocorrelação da Série Ondas Alfa Amostrado "Lag"=520
- 10.4 - Anexo 4 - Tabela de Valores do Poder do Espectro da Série Estágio 1 Amostrado
- 10.5 - Anexo 5 - Tabela de Valores da Função de Autocorrelação da Série Estágio 1 Amostrado
- 10.6 - Anexo 6 - Gráfico da Função de Autocorrelação da Série Estágio 1 Amostrado "Lag"=520
- 10.7 - Anexo 7 - Tabela de Valores do Poder do Espectro da Série Estágio 2 com Complexo K Amostrado
- 10.8 - Anexo 8 - Tabela de Valores da Função de Autocorrelação da Série Estágio 2 com Complexo K Amostrado
- 10.9 - Anexo 9 - Gráfico da Função de Correlação da Série Estágio 2 com Complexo K Amostrado
- 10.10 - Anexo 10 - Tabela de Valores do Poder do Espectro da Série Estágio 2 com Fuso

- 10.11 - Anexo 11 - Tabela de Valores da Função de Autocorrelação da Série Estágio 2 com Fuso
- 10.12 - Anexo 12 - Gráfico da Função de Autocorrelação da Série Estágio 2 com Fuso Amostrado
- 10.13 - Anexo 13 - Tabela de Valores do Poder do Espectro da Série Estágio 3/4 Amostrado
- 10.14 - Anexo 14 - Tabela de Valores da Função de Autocorrelação da Série Estágio 3/4 Amostrado

INTRODUÇÃO

Atualmente, vemos a importância do uso da Estatística, como instrumento de estudo e análise, conquistar o seu lugar nas diversas áreas profissionais e de pesquisa. E, realmente, é instigante saber que com algumas informações precisas sobre um mundo desconhecido podemos descobri-lo, descrevê-lo e até prever fatos sobre ele.

Diante desta infinidade de mundos existentes, o homem encontra no seu próprio corpo uma enorme e inesgotável fonte de pesquisa. Para esta fonte, mais precisamente, sobre o estudo do sono, é que temos a oportunidade de tratar neste trabalho.

Este estudo tem sido enfoque de muitos pesquisadores das diversas áreas médicas e vem crescendo o interesse neste campo já que o "dormir" ocupa, em média, um terço da vida humana e o "mal dormir" se reflete em distúrbios no nosso organismo.

No Rio Grande do Sul, este estudo tem se desenvolvido no chamado "Laboratório do Sono" da Irmandade Santa Casa de Misericórdia, no Hospital da Pontifícia Universidade Católica e no Hospital Moinhos de Vento em Porto Alegre. O estágio curricular foi desenvolvido no

"Laboratório do Sono" da Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre, onde, através do Dr. Denis Martinez, obtivemos os dados e orientação médica necessários a realização deste trabalho.

Uma das etapas do estudo do sono vem a ser a polissonografia que é o registro de maneira contínua e simultânea, de várias variáveis fisiológicas durante o sono. Estes registros, por distribuírem-se ao longo do tempo de sono ou de vigília, prestam-se para uma análise de Séries Temporais.

Com esta análise busca-se reconhecer e descrever as frequências básicas do Eletroencefalograma nos diferentes estágios do sono com a expectativa de que estas informações possam servir de base para novos estudos sobre os distúrbios do sono, entre eles a Síndrome da Apnéia do Sono do Tipo Obstrutivo (SASO).

2 - OBJETIVO

Este trabalho foi realizado com o intuito de reconhecer e classificar os diferentes estágios do sono através de suas características e análise de suas frequências básicas.

3 - CONHECIMENTOS BÁSICOS SOBRE O SONO

3.1 - Principais Variáveis Classificatórias

Utiliza-se, normalmente, para o reconhecimento e classificação das diferentes etapas do sono, critérios comportamentais e eletrofisiológicos. Dentre os critérios eletrofisiológicos, três atividades biométricas são extremamente importantes para esta classificação: ondas do eletroencefalograma (EEG), atividade eletromiográfica (EMG) e atividade oculomotora (EOG). E constituem a parte principal da polissonografia. A polissonografia é o registro contínuo e simultâneo de um conjunto de variáveis fisiológicas durante o sono.

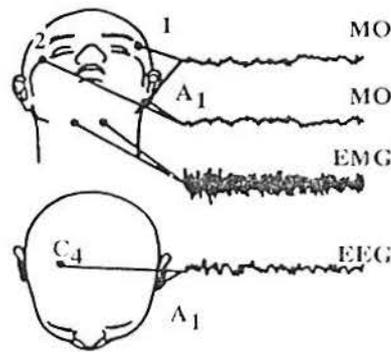


Figura 3.1 - Dispositivo de registro mínimo para controle dos mecanismos dos estágios de sono. MO, movimentos oculares; EMG, eletromiograma; EEG, eletroencefalograma.

3.2 - Estágios do Sono

Usualmente, utiliza-se a classificação dos estágios do sono de Rechtschaffen e Kales (1968, pág.204), pela qual o sono divide-se em: sono REM (rapid eye movement), com movimentos oculares rápidos e sono NREM (non-rapid eye movement), sem movimentos oculares rápidos.

O sono NREM divide-se em quatro estágios de acordo com os registros do eletroencefalograma (EEG) e os estágios seguem em seqüência durante a noite.

As frequências básicas do EEG são:

- Ondas Delta:

Atividade do EEG com frequência de menos de 4 hz. Na avaliação do sono humano, o mínimo para classificar ondas delta é convencionalizado como 75 μ V de amplitude (pico a pico) e duração de 0,5 s (2 hz).

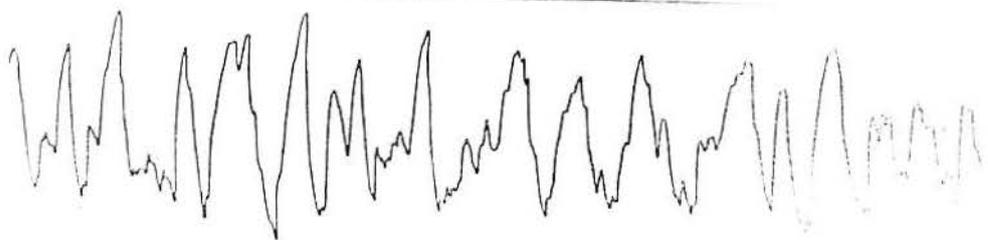


Figura 3.2 - Ondas Delta - Menos de 4 hz

- Ondas Teta:

Atividade do EEG na frequência de 4 a 8

hz.

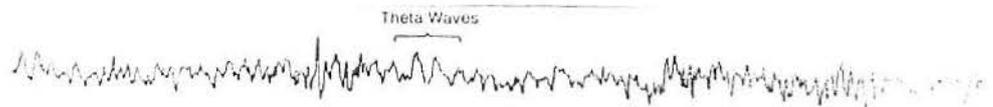


Figura 3.3 - Ondas Teta - De 4 a 8 hz

- Ritmo Alfa:

Oscilações do EEG com frequência de 8 a 13 hz em adultos, indicativo do estado vigil do homem, presente na maior parte, mas não em todos os indivíduos normais, mais consistente e predominante durante a vigília relaxada, principalmente com redução dos estímulos visuais.

A frequência alfa tem uma distribuição em cada indivíduo. O limite inferior é observado na sonolência e o limite superior no alerta. A faixa de distribuição também varia com a idade: é mais lenta em crianças e na idade avançada do que nos adultos jovens ou de meia-idade.



Figura 3.4 - Ritmo Alfa - De 8 até 13 hz

- Ritmo Beta:

Frequência do EEG na faixa de 13 a 35 hz; quando a frequência predominante é beta, geralmente o ritmo beta é acompanhado de estado em alerta e de alta atividade tônica ao EMG.

- Fusos de Sono:

Agregado de ondas de 12 a 14 hz, com forma de fuso de aparecimento casual e de duração entre 0,5 e 1,5 s. É um dos fenômenos que identificam o EEG do estágio 2 de sono, podendo persistir nos estágios 3 e 4.

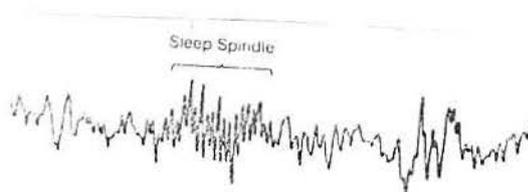


Figura 3.5 - Fusos de Sono.

- Complexos K:

Onda pontiaguda, negativa, de alta voltagem no EEG a qual é seguida de componente positivo e lento. Complexos K ocorrem espontaneamente durante o sono NREM, iniciando e definindo o estágio 2. Considera-se o complexo K como "respostas evocadas a estímulos internos ou externos", Reimão (1990 pág.288).

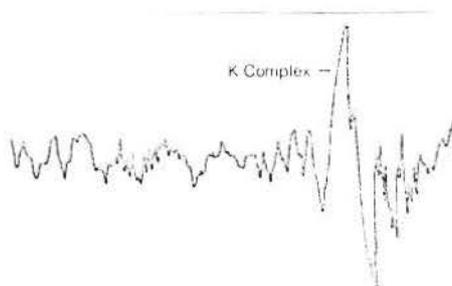


Figura 3.8 - Complexos K

Os estágios de sono NREM são:

- Estágio 1 de sono:

Estágio de sono NREM que surge diretamente da vigília. Seu critério de definição consiste na atividade EEG de baixa voltagem com alentecimento até frequência teta, mantendo atividade alfa menor que 50%. Ondas agudas do vértice ao EEG, movimentos oculares lentos,

ausência de fusos de sono, complexos K ou movimentos oculares rápidos.

E.E.G.

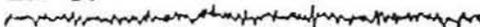


Figura 3.9 - Estágio 1 de Sono.

- Estágio 2 de Sono:

Estágio 2 de sono NREM caracterizado pelo surgimento de fusos de sono e complexo K tendo atividade de fundo de voltagem relativamente baixa e frequência mista no EEG. As ondas delta de alta voltagem podem tomar até 20% do traçado.

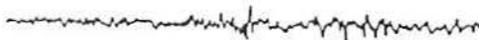


Figura 3.10 - Estágio 2 do Sono.

- Estágio 3 de Sono:

Estágio 3 de sono NREM. Um estágio NREM definido por pelo menos 20% e não mais que 50% do período, consistindo de ondas de 4 hz ou menos e mais de 75 μ V de amplitude (ondas delta de grande amplitude), um estágio

"delta". Junto com o estágio 4, ele constitui o sono profundo NREM; freqüentemente está combinado com o estágio 4 formando o estágio 3/4 NREM por falta de diferenças fisiológicas documentadas entre os dois.

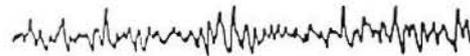


Figura 3.11 - Estágio 3 do Sono.

- Estágio 4 de Sono:

Estágio 4 de sono NREM. Toda definição em relação ao estágio 3 é também aplicada ao estágio 4 com exceção de que "as ondas lentas são de alta voltagem no EEG e tomam 50% ou mais do traçado" Reimão (1990 pág. 289).

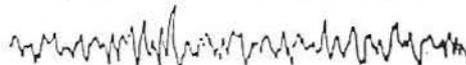


Figura 3.12 - Estágio 4 de Sono.

Em pessoas normais, o sono nos estágios NREM e REM apresentam uma alternância cíclica durante a noite e o ciclo dura em média de 90 a 120 minutos, totalizando 4 a 6 ciclos por noite dependendo da duração

total do sono. Este comportamento pode ser influenciado e modificado por diversos fatores tais como a idade, temperatura ambiental, uso de drogas, doenças e outros. "Constatou-se também que o fenômeno do sono tem sua origem no sistema nervoso central (SNC)" Belucchi (1970 pág. 145).

3.3 - Distúrbios do sono

Os distúrbios do sono são comumente divididos em quatro grupos. No primeiro grupo, os pacientes têm como característica a dificuldade para adormecer ou permanecer dormindo e é chamado de insônia.

O segundo, reúne as doenças que prejudicam as atividades diárias pelo excesso de sonolência durante o dia.

O terceiro grupo é formado pelas alterações do ciclo sono/vigília.

E, o quarto grupo é composto pelas modificações do sono que não prejudicam a função normal do dormir, chamadas de parasônias (sonambulismo, ranger de dentes, terror noturno).

3.3.1 - Insônia

É um sintoma, uma manifestação de várias doenças

diferentes, que tem como ponto em comum a dificuldade de conciliar o sono. É caracterizada, principalmente, pela sensação de cansaço, fadiga e indisposição pela manhã, após uma noite mal dormida.

Por ser um sintoma, o seu tratamento vai depender da causa. O importante, portanto, é constatar a causa geradora da insônia.

3.3.2 - Sonolência Severa Durante o Dia

Entre outras causas, as principais alterações que levam a sonolência severa durante o dia são a síndrome da apnéia do sono e a narcolepsia.

Apnéia significa parada respiratória. Os pacientes têm dificuldade respiratória durante a noite, roncam intensamente e apresentam pausas respiratórias enquanto roncam. A causa deste ronco é geralmente a obstrução ao nível da garganta (faringe). Quando a obstrução é completa não há passagem de ar e ocorre a apnéia. Estas obstruções se repetem várias vezes durante a noite, interrompendo o sono. O exame através da polissonografia detecta este problema.

O tratamento consiste em aliviar e reduzir a obstrução da passagem aérea na garganta ou faringe.

A Narcolepsia, outra doença geradora de

sonolência severa durante o dia, é de origem neurológica e inicia, em geral, na adolescência. As pessoas começam a dormir na escola, no trabalho e em atividades diárias e é quase impossível resistir. É de longa duração e a sua severidade pode variar com o tempo. Também se caracteriza pela perda de controle dos músculos (cataplexia). O tratamento é longo e exige compreensão dos familiares.

3.3.3 - Doenças Causadas Pela Alteração do Ciclo Sono/Vigília

O ciclo sono/vigília é o ciclo diário de 24 h (dia-noite) que inclui o sono e a vigília. As doenças causadas pela alteração deste ciclo são geralmente encontradas em pessoas que trabalham por turno. Por exemplo, pessoas que trabalham em aviação, viajando em fusos horários diferentes ou que trabalham durante a noite. Estas atividades, comumente, geram alterações nos relógios biológicos causando alteração do ritmo sono/vigília.

Deve-se, nestes casos, tentar adaptar o organismo, procurando da melhor maneira, sincronizar o seu relógio biológico.

3.3.4 - Parassônias

Um grupo de distúrbios que engloba aqueles que rompem a normalidade do sono sem causar sonolência excessiva ou insônia. Como exemplos têm-se o sonambulismo, o terror noturno e o ranger de dentes.

O sonambulismo é uma movimentação intensa durante o sono. Geralmente o sonambulismo é muito mais comum na infância do que no adulto. É uma alteração benigna que passa com a idade e observando-se a polissonografia de crianças durante uma noite inteira verifica-se que ocorre sem alterações que indiquem doenças.

O terror noturno, no entanto, é freqüente em crianças em idade escolar e pré-escolar. Acontece cerca de uma hora e meia depois do adormecer durando um ou dois minutos e a criança, ao despertar pela manhã, não lembra do ocorrido nem se refere a causa do pânico. Tem uma evolução benigna e não necessita de tratamento.

O ranger de dentes, por outro lado, merece atenção, pois pode danificar os dentes definitivamente. O desgaste dos dentes e a perda precoce são características marcantes nas crianças e adultos com esse distúrbio. Deve-se procurar a orientação médica e odontológica, nestes casos.

4 - METODOLOGIA

4.1. Objetivos e Conceitos Básicos da Análise de Séries Temporais

4.1.1 - Objetivos

Após a obtenção da série temporal $X(t_1), \dots, X(t_N)$, observada nos instantes t_1, \dots, t_N , podemos estar interessados em:

- investigar o mecanismo gerador da série temporal;
- fazer previsões de valores futuros da série;
- descrever o comportamento da série; para isto são úteis a construção de gráficos, verificação da existência de tendências, ciclos e variações sazonais, a construção de histogramas e diagramas de dispersão, entre outros.
- procurar periodicidades relevantes nos dados; neste caso, a análise espectral pode ser de grande utilidade.

4.1.2 - Definições

- Processo Estocástico - é um conjunto de

variáveis aleatórias $X(t), t \in T$, definidas num mesmo espaço de probabilidades.

- Série Temporal - é um conjunto de N observações ordenadas no tempo formando uma amostra de um processo estocástico.

- Média - A função média, $\mu(t)$, é definida por

$$\mu(t) = E(X_t), \quad \forall t \in T. \quad (1)$$

- Variância - A função variância, $\sigma_x^2(t)$, é definida por:

$$\sigma_x^2(t) = \text{Var}(X_t), \quad \forall t \in T. \quad (2)$$

- Autocovariância - A função de autocovariância, $R(t_1, t_2)$, é definida por:

$$\begin{aligned} R(t_1, t_2) &= \text{Cov}(X_{t_1}, X_{t_2}) \\ &= E \{ [X_{t_1} - \mu(t_1)] [X_{t_2} - \mu(t_2)] \}, \\ & \quad t_1 < t_2, \quad t_1, t_2 \in T. \end{aligned} \quad (3)$$

A função de autocovariância mede a dependência entre dois pontos da série observada em diferentes tempos. E a variância é um caso especial da autocovariância quando $t_1 = t_2 = t$.

A padronização da função de autocovariância entre -1 e 1 é representada pela função de autocorrelação. E o coeficiente de autocorrelação mede a correlação entre observações sucessivas e pode ser chamado de coeficiente de correlação serial.

- Autocorrelação - A função de autocorrelação, $\rho(t_1, t_2)$, é definida por:

$$\rho(t_1, t_2) = \frac{\text{Cov}(X_{t_1}, X_{t_2})}{\sqrt{\text{Cov}(X_{t_1}, X_{t_1}) \text{Cov}(X_{t_2}, X_{t_2})}},$$

$$\forall t_1, t_2 \in T. \quad (4)$$

4.2 - Processos Estacionários

- Processos Estacionários - Um processo estocástico $\langle X_t \rangle_{t \in T}$ é dito estacionário se:

i) $E(X_t) = \mu$ (uma constante), $\forall t \in T$

ii) $E|X_t|^2 < \infty$, $\forall t \in T$

iii) $R(t_1, t_2) = R(t_1 + h, t_2 + h)$, onde $t_1, t_2, h \in T$.

$$R(h) = E[(X_{t+h} - \mu)(X_t - \mu)].$$

- Processo Estritamente Estacionário - O processo estocástico $\langle X_t \rangle_{t \in T}$ é dito estritamente estacionário se e somente se as distribuições conjuntas de $(X_{t_1}, X_{t_2}, \dots, X_{t_k})$ e $(X_{t_1+h}, X_{t_2+h}, \dots, X_{t_k+h})$ são as mesmas para todo $k \in \mathbb{N}$ e $t_1, t_2, \dots, t_k, h \in T$.

4.2.1 - A Função de Distribuição Espectral

Um modelo natural para a situação em que a série

temporal contém um componente periódico, onde sua frequência de variação é ω , é dado por:

$$X_t = R \cos(\omega t + \theta) + Z_t, \quad \forall t \in T. \quad (5)$$

R é chamada amplitude de variação, θ é a fase e Z_t representa uma seqüência de variáveis aleatórias não correlacionadas.

ω = número de radianos por unidade de tempo.

$$f = \omega / (2\pi) = \text{número de ciclos por unidade de tempo.} \quad (6)$$

Usualmente utiliza-se a frequência $f = \omega / (2\pi)$ para a interpretação dos dados.

O período de um ciclo senosoidal, chamado de "wavelength"; é claramente $(2\pi)/\omega$ ou $1/f$.

O modelo (5) é um modelo muito simples e na prática as variações em séries temporais são causadas pela variação das diferentes frequências.

Generaliza-se o modelo (5) para:

$$X_t = \sum_{j=1}^p R_j \cos(\omega_j t + \theta_j) + Z_t, \quad t \in T, \quad (7)$$

onde R_j é a amplitude correspondente a frequência ω_j , para todo $j = 1, \dots, p$.

Os modelos (5) e (7) são não estacionários se R ,

θ , $\langle R_j \rangle_{j=1}^P$, e $\langle \theta_j \rangle_{j=1}^P$ são constantes fixas já que $\mu(t)$ varia com o tempo.

Para obter a estacionariedade nestes processos, costuma-se assumir que R e $\langle R_j \rangle_{j=1}^P$ são constantes e θ e $\langle \theta_j \rangle_{j=1}^P$ são variáveis aleatórias com uma distribuição uniforme em $(0, 2\pi)$.

Como $\cos(\omega t + \theta) = \cos(\omega t) \cos(\theta) - \text{sen}(\omega t) \text{sen}(\theta)$, o modelo (7) pode ser expresso como uma soma de termos de senos e cossenos da forma:

$$X_t = \sum_{j=1}^P [a_j \cos(\omega_j t) + b_j \text{sen}(\omega_j t)] + Z_t, \quad t \in T, \quad (8)$$

$$\text{onde } a_j = R_j \cos(\theta_j) \text{ e}$$

$$b_j = -R_j \text{sen}(\theta_j).$$

Wiener e outros demonstraram que todos os processos estacionários discretos são representados da forma:

$$X_t = \int_0^\pi \cos(\omega t) du(\omega) + \int_0^\pi \text{sen}(\omega t) dv(\omega) \quad (9)$$

onde $u(\omega)$, $v(\omega)$ são processos contínuos não correlacionados com incrementos ortogonais que são definidos para todo ω no intervalo $[0, \pi)$.

A equação (9) é chamada de representação espectral do processo.

Para um processo contínuo, o limite superior tende para o infinito (∞), mas para um processo discreto mensurado através de unidades de intervalos de tempo, geralmente ω fica restrito ao intervalo $[0, \pi)$, sendo que

$$\cos(\omega t + k\pi t) = \begin{cases} \cos(\omega t), & k, t \in \mathbb{Z} \\ \cos[(\pi - \omega)t], & k, t \in \mathbb{Z} \end{cases} \quad (10)$$

A frequência $\omega = \pi$, é chamada de frequência "Nyquist" e representa a maior possível.

Para um processo discreto mensurado através de intervalos de tempo iguais de tamanho Δt , a frequência "Nyquist" é $\pi/\Delta t$.

O principal motivo da introdução da representação espectral é mostrar de que maneira todas as frequências no intervalo $[0, \pi)$ contribuem para a variação do processo.

A representação espectral da função de autocovariância é definida como:

$$R(h) = \int_0^{\pi} \cos(\omega h) dF_x(\omega), \quad (11)$$

$$\text{sendo } F_x(\omega) = \sum_{j=\omega_j \leq \omega} \sigma_j^2.$$

Pode-se demonstrar que a função $F_x(\omega)$ tem uma interpretação física direta, em que:

$F_x(\omega)$ = contribuição para a variância da série que é computada pelas frequências no intervalo $[0, \omega)$.

Não há variação para frequências negativas, então:

$$F_x(\omega) = 0 \quad \text{para} \quad \omega < 0 .$$

Para um processo discreto medido através de intervalos de tempo unitários, sua maior frequência possível é π e toda a variação é computada para frequências menores que π . Observe que, através de (11),

$$F(\pi) = \int_0^{\pi} dF_x(\omega) = R(0) = \sigma_x^2 \quad (12)$$

Entre $\omega = 0$ e $\omega = \pi$, $F_x(\omega)$ é incrementada monotonamente.

Pode-se decompor $F_x(\omega)$ em duas funções, $F_1(\omega)$ e $F_2(\omega)$, como segue

$$F_x(\omega) = F_1(\omega) + F_2(\omega)$$

onde $F_1(\omega)$ é uma função contínua não decrescente e $F_2(\omega)$ é uma função discreta de incremento não decrescente.

O adjetivo "poder" colocado usualmente antes do termo "função de distribuição espectral" é proveniente da

engenharia, usado em relação a passagem de corrente elétrica por uma resistência. Para uma entrada senoidal o poder é diretamente proporcional ao quadrado da amplitude da oscilação. No caso de séries temporais a variância é representada pelo poder total.

Muitos autores usam normalizar $F_x(\omega)$ como segue

$$F_x^*(\omega) = F_x(\omega) / \sigma_x^2$$

= proporção da variância computada pela frequência no intervalo $[0, \omega)$.

Sendo $F_x^*(\omega) = 1$ e $F_x^*(\omega)$ é incrementada monotonamente, $F_x^*(\omega)$ tem propriedades similares a uma função de distribuição acumulada.

4.4.2 - Função de Densidade Espectral

Para um processo estacionário discreto a função de distribuição espectral é uma função contínua em $[0, \pi)$, e diferenciável com relação a $\omega \in [0, \pi)$.

Denota-se a derivada por $f_x(\omega)$ onde

$$f_x(\omega) = \frac{d F_x(\omega)}{d\omega}$$

= poder do espectro ou função de densidade espectral.

Costuma-se abreviar o termo "função de densidade

espectral" para "poder do espectro" ou somente "espectro".

Quando $f_x(\omega)$ existe, podemos expressar $R(h)$ como

$$R(h) = \int_0^{\pi} \cos(\omega h) f_x(\omega) d\omega. \quad (13)$$

Fazendo $k=0$, teremos

$$\sigma_x^2 = R(0) = \int_0^{\pi} f_x(\omega) d\omega = F_x(\pi).$$

Representando, assim, a contribuição dos componentes para a variância com frequência no intervalo $(\omega, \omega + d\omega)$.

A equação (13) indica que o total da área abaixo da curva é igual a variância total do processo.

Um pico no espectro indica uma importante contribuição para a variância numa região particular de frequências.

Pode-se descrever um processo estocástico estacionário tanto através da função de autocovariância (domínio do tempo) como através do poder do espectro (domínio da frequência). Tanto um método como outro fornecem informações importantes sobre as características e comportamento da série estudada.

O poder do espectro auxilia a isolar ou salientar as contribuições periódicas de uma série temporal e representa a transformada de Fourier inversa da função de

autocovariância de um processo estacionário. Esta função é dada por

$$f_{\mathbf{x}}(\omega) = \frac{1}{\pi} \sum_{h=-\infty}^{\infty} R(h) \exp(-i\omega h)$$

e pode ser escrita de outras maneiras.

É muito usual definir-se o espectro no intervalo $(-\pi, \pi)$ da forma

$$f_{\mathbf{x}}(\omega) = \frac{1}{2\pi} \sum_{h=-\infty}^{\infty} R(h) \exp(-i\omega h)$$

e sua relação inversa como

$$R(h) = \int_{-\pi}^{\pi} \exp(i\omega h) f_{\mathbf{x}}(\omega) d\omega .$$

Para séries reais considera-se somente $f_{\mathbf{x}}(\omega)$ para $\omega > 0$.

4.3 - Modelos

Em diversas situações pretende-se a utilização de modelos para descrever séries temporais. Por exemplo, para resolver problemas de predição. Habitualmente estes modelos são subdivididos em modelos paramétricos e não paramétricos, conforme o número de parâmetros envolvidos. No primeiro caso o número de parâmetros envolvidos é finito e o segundo envolve uma infinidade de parâmetros.

No campo dos modelos paramétricos os modelos ARIMA (modelos autorregressivos-integrados-médias móveis) são muito usados. Três casos particulares deste modelo são:

- * processo autorregressivo de ordem p: AR(p)
- * processo de médias móveis q: MA(q)
- * processo autorregressivo-médias-móveis de ordem p e q: ARMA(p,q).

4.3.1 - Processos Autorregressivos

Supondo que $\{Z_t\}_{t \in T}$ é um processo estocástico com média zero e variância σ_z^2 , onde, para todo $t \in T$, as variáveis aleatórias Z_t são independentes e identicamente distribuídas, então o processo $\{X_t\}_{t \in T}$ é chamado um processo autorregressivo de ordem p se

$$X_t = \alpha_1 X_{t-1} + \dots + \alpha_p X_{t-p} + Z_t, \quad t \in T.$$

Os coeficientes α_i , $1 \leq i \leq p$, são parâmetros que descrevem como o fluxo de valores de X_t se relacionam com os valores passados X_{t-1} , X_{t-2} , ..., X_{t-p} .

Um processo autorregressivo de ordem p é denotado por AR(p).

Um exemplo simples dos processos autorregressivos de ordem p é um processo autorregressivo de

primeira-ordem, AR(1), onde $p=1$.

Então,

$$X_t = \alpha X_{t-1} + Z_t, \quad t \in T. \quad (14)$$

Usando o operador "shift" B, definido por

$B^j X_t = X_{t-j}$, para todo j, pode-se escrever a equação (14) como

$$(1 - \alpha B) X_t = Z_t$$

Se $|\alpha| < 1$, tem-se

$$\begin{aligned} X_t &= Z_t / (1 - \alpha B) \\ &= (1 + \alpha B + \alpha^2 B^2 + \dots) Z_t \\ &= Z_t + \alpha Z_{t-1} + \alpha^2 Z_{t-2} + \dots \end{aligned}$$

Mostra-se que

$$E(X_t) = 0 \text{ e,}$$

$$\text{Var}(X_t) = \sigma_z^2 (1 + \alpha^2 + \alpha^4 + \dots).$$

A variância é finita contanto que $|\alpha| < 1$ e, neste caso,

$$\sigma_x^2 = \text{Var}(X_t) = \sigma_z^2 (1 - \alpha^2)^{-1}.$$

A função de autocovariância é dada por

$$\begin{aligned} R(h) &= E[X_t X_{t+h}] \\ &= E \left(\left[\sum_{i \geq 0} \alpha^i Z_{t-i} \right] \left[\sum_{j \geq 0} \alpha^j Z_{t+h-j} \right] \right) \\ &= \sigma_z^2 \sum_{i=0}^{\infty} \alpha^i \alpha^{h+i} \quad (\text{para } h \geq 0) \end{aligned}$$

que converge para $|\alpha| < 1$. Então

$$R(h) = (\alpha^h \sigma_Z^2) / (1 - \alpha^2)$$

$$= \alpha^h \sigma_X^2.$$

Para $h < 0$, define-se $R(h) = R(-h)$. A função de autocorrelação é definida como

$$\rho(h) = \alpha^{|h|}, \text{ para todo } h \in \mathbb{Z}.$$

4.3.2 - Processos Média Móvel

Seja $\{Z_t\}_{t \in T}$ um processo estocástico onde as variáveis aleatórias Z_t , para todo $t \in T$, são independentes e identicamente distribuídas com média zero e variância σ_Z^2 . Um processo $\{X_t\}_{t \in T}$ é chamado processo média móvel de ordem q , e é denotado por $MA(q)$, se

$$X_t = \beta_0 Z_t + \beta_1 Z_{t-1} + \dots + \beta_q Z_{t-q}$$

onde $\{\beta_j\}_{j=0}^q$ são constantes.

Mostra-se que, para todo $t \in T$ e $h \in \mathbb{Z}$,

$$E(X_t) = 0$$

$$\text{Var}(X_t) = \sigma_Z^2 \sum_{i=0}^q \beta_i^2$$

$$R(h) = \text{Cov}(X_t, X_{t+h})$$

$$= \begin{cases} 0, & h > q \\ \sigma_Z^2 \sum_{i=0}^{q-h} \beta_i \beta_{i+h}, & h = 0, 1, \dots, q \\ R(-h), & h < 0 \end{cases}$$

$$\text{Cov}(Z_s, Z_t) = \begin{cases} \sigma_z^2, & s = t \\ 0, & s \neq t \end{cases}$$

A função de autocorrelação do processo $\text{MA}(q)$ é dada por

$$\rho(h) = \begin{cases} 1, & h = 0 \\ \frac{\sum_{i=0}^{q-h} \beta_i \beta_{i+h}}{\sum_{i=0}^q \beta_i^2}, & h = 1, \dots, q \\ 0, & h > q \\ \rho(-h), & h < 0 \end{cases}$$

Em particular, para o processo $\text{MA}(1)$ com $\beta_0 = 1$ a função de autocorrelação é dada por

$$\rho(h) = \begin{cases} 1, & h=0 \\ \beta_1 / (1+\beta_1^2), & h=\pm 1 \\ 0, & \text{para demais valores de } h. \end{cases}$$

O processo MA tem sido usado em muitas áreas e, particularmente, na econometria. Por exemplo, indicadores económicos são afetados pela variação de eventos aleatórios.

4.3.3 - Modelos Mistos

Esta classe de modelos para séries temporais é formada pela combinação de processos MA e processos AR. São chamados de processos autorregressivos-médias móveis de

ordem p e q e são denotados por $ARMA(p,q)$. Define-se os processos autorregressivos-médias móveis de ordem p e q como:

$$X_t = \alpha_1 X_{t-1} + \dots + \alpha_p X_{t-p} + Z_t + \beta_1 Z_{t-1} + \dots + \beta_q Z_{t-q}$$

onde $\{\alpha_i\}_{i=1}^p$ e $\{\beta_j\}_{j=1}^q$ são constantes e as variáveis aleatórias Z_t , para $t \in T$, são independentes e identicamente distribuídas.

Usando o operador "shift" B escreve-se

$$\phi(B) X_t = \theta(B) Z_t,$$

onde

$$\phi(B) = 1 - \alpha_1 B - \dots - \alpha_p B^p$$

e

$$\theta(B) = 1 + \beta_1 B + \dots + \beta_q B^q$$

5 - APRESENTAÇÃO E COLETA DOS DADOS

Foram usados dados resultantes de um exame polissonográfico de uma noite de sono de um paciente do Laboratório do Sono da Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre.

* Dados do paciente:

- idade: 52 anos
- sexo: masculino
- peso: 71 kg
- altura: 1,61 m

Os dados foram coletados por aparelho próprio para o exame polissonográfico e recodificados por um microcomputador PC através de programa do Laboratório do Sono.

Foram considerados somente o conjunto de dados referentes ao canal do EEG.

Cada conjunto de 80 dados equivalem a 1 segundo.

Uma noite de sono de 8 h corresponde a 2.304.000 dados coletados.

Um hz equivale a um ciclo por segundo (cps).

6 - ANÁLISE DOS DADOS

No Laboratório do Sono a classificação dos diversos estágios de sono registrados no exame polissonográfico tem sido feita visualmente. Levando-se em conta, além do treinamento visual para o mesmo, as características dos diferentes estágios e registros visuais (gráficos) descritos na bibliografia existente sobre o assunto.

Este exame é efetuado com o objetivo de detectar possíveis distúrbios do sono e, principalmente, a SASO (Síndrome da Apnéia do Sono Obstrutivo). Para este exame, o diagnóstico da SASO é feito pela contagem do número de apnéias ocorridas durante a noite de sono.

Utilizou-se, para a análise dos dados, os programas na linguagem BASIC contidos no livro de Shumway (1988).

Pretende-se, com este estudo, descrever e classificar os diferentes estágios de sono considerando as suas frequências básicas e características particulares descritas no Capítulo 3 Seção 2.

6.1 - Seleção e Apresentação das Amostras

Inicialmente selecionou-se, aleatoriamente, vinte amostras totalizando 10.400 dados dos 90.000 dados cedidos para esta análise.

Foi feita, então, a representação gráfica de cada série de dados e seleção visual das 6 amostras finais para a análise.

Cada amostra contém 520 dados correspondendo a 6,5 segundos de traçado do EEG. Este tamanho de amostra foi definido considerando-se:

- capacidade de processamento dos programas em BASIC utilizados.
- condições para detectar visualmente o fuso, característica do estágio 3 do sono.
- condições para classificação visual dos diferentes estágios.

6.2 - Ritmo Alfa

São oscilações do EEG com frequência de 8 a 13 hz em adultos que indicam o estado de vigília no homem e estão presentes na maior parte dos indivíduos normais. É mais predominante durante a vigília relaxada e com diminuição dos estímulos visuais.



Figura 6.1 - Ritmo Alfa - 8 a 13 cps.

6.2.1 - Análise do Ritmo Alfa Amostrado

A Figura 6.2, abaixo, ilustra a série Ritmo Alfa amostrada.

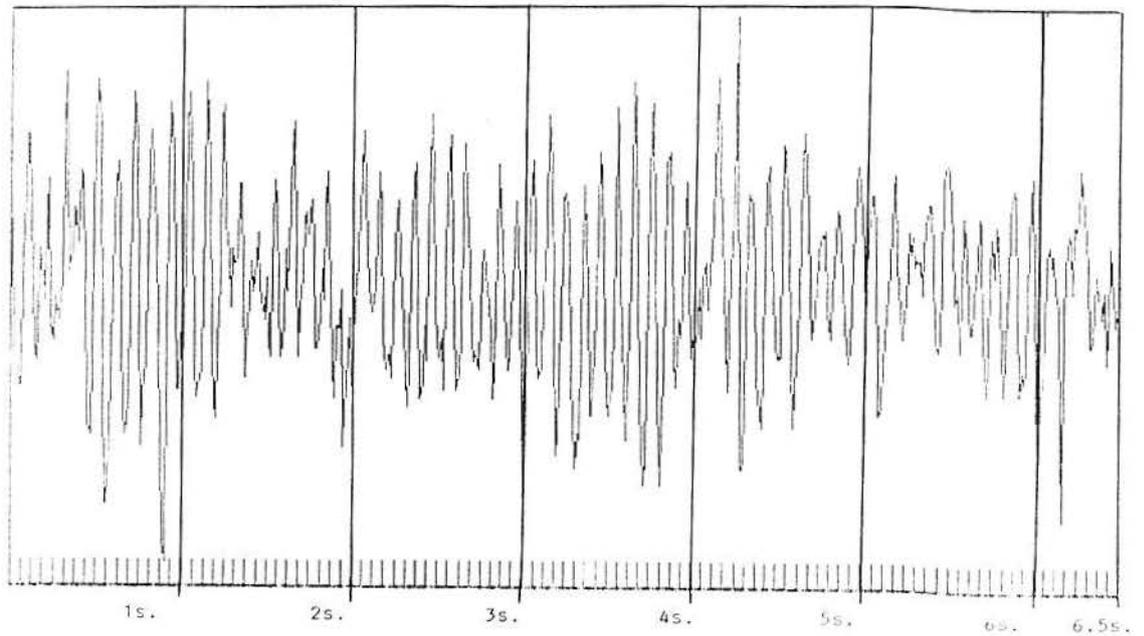


Figura 6.2 - Gráfico da série Ritmo Alfa amostrada.

Esta série é estacionária com:

* média = 102,01 s

* máximo = 140,00 s

* mínimo = 63,00 s

Realizando-se a análise espectral obteve-se maior

valor do poder do espectro na frequência 0,1230 ciclos por ponto (anexo 2) que equivale a 9,84 ciclos por segundo (cps). Observando a Figura 6.3 nota-se o acentuado pico nesta frequência caracterizando que esta é a contribuição de maior importância para a variância total da série. Esta predominância da frequência de 9,84 cps é característica do Ritmo Alfa (frequências de 8 a 13 hz).

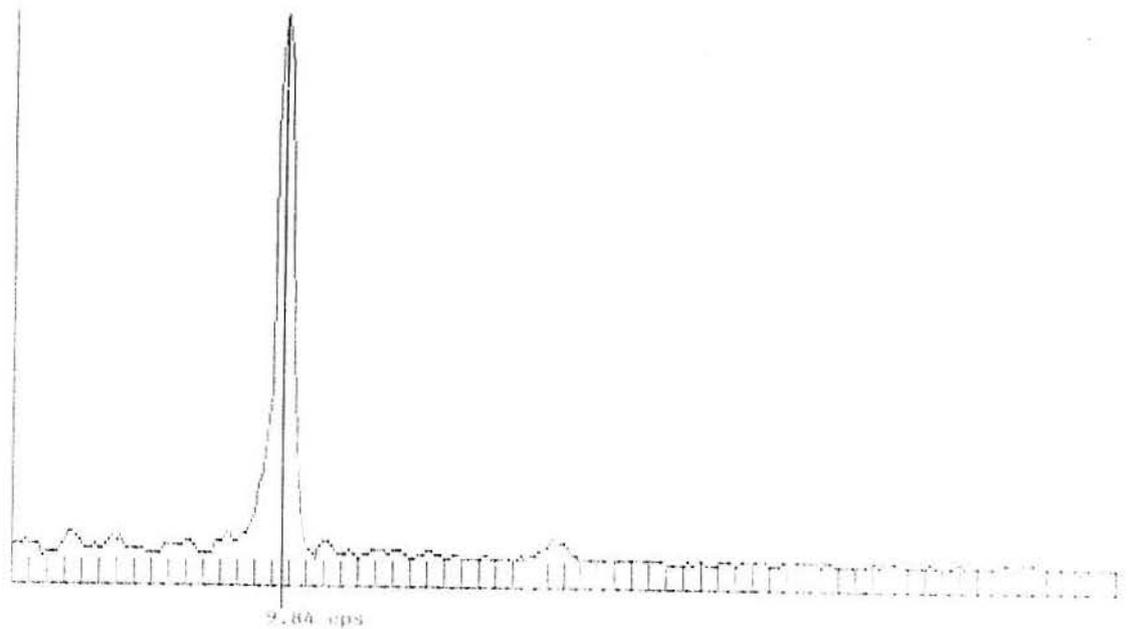


Figura 6.3 - Gráfico do espectro da Série Ritmo Alfa amostrada.

A análise da função de autocorrelação desta série resultou que a série é alternada para lag's = 4, isto é, com incremento de 4 em 4 a função alterna de sinal, conforme observa-se na Tabela 6.1 e na Figura 6.4.

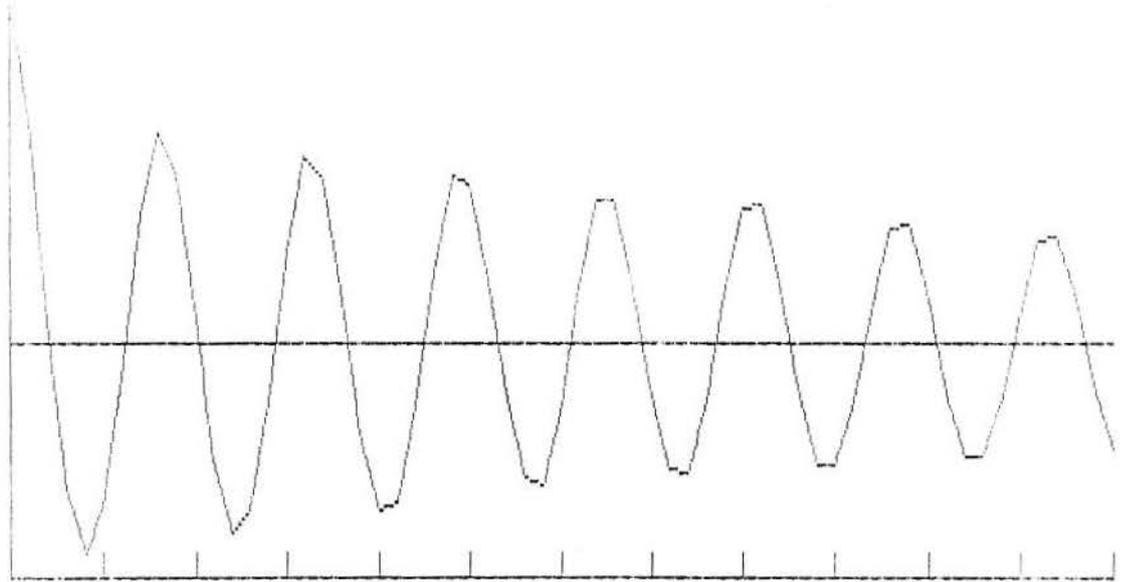


Figura 6.4 - Gráfico da função de autocorrelação.

Start= 1 End= 520 Number= 520
 Mean= 102.0096 slope= -5.517004E-04
 autocorrelation functions
 Lag of arq791.dat ondas alfa 6.5 seg
 Zero Lag Autocovariance= 163.7711
 Value

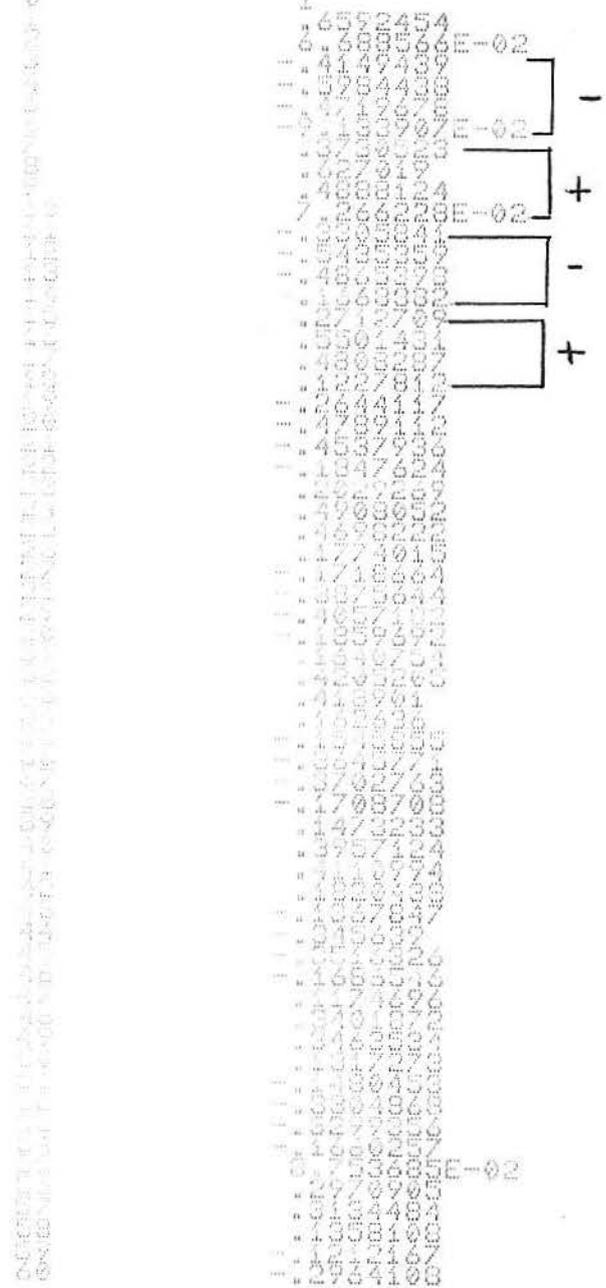


Tabela 6.1 - Valores da função de autocorrelação.

6.3 - Estágio 1

Surge diretamente da vigília. A atividade do EEG é de baixa voltagem com alentecimento até a frequência teta (4 a 8 hz), mantendo a atividade alfa (8 a 13 hz) menor que 50%. Ausência de fusos ou complexos K.



Figura 6.5 - Estágio 1.

6.3.1 - Análise do Estágio 1 Amostrado

O estágio 1 amostrado é ilustrado pela Figura 6.6 abaixo.

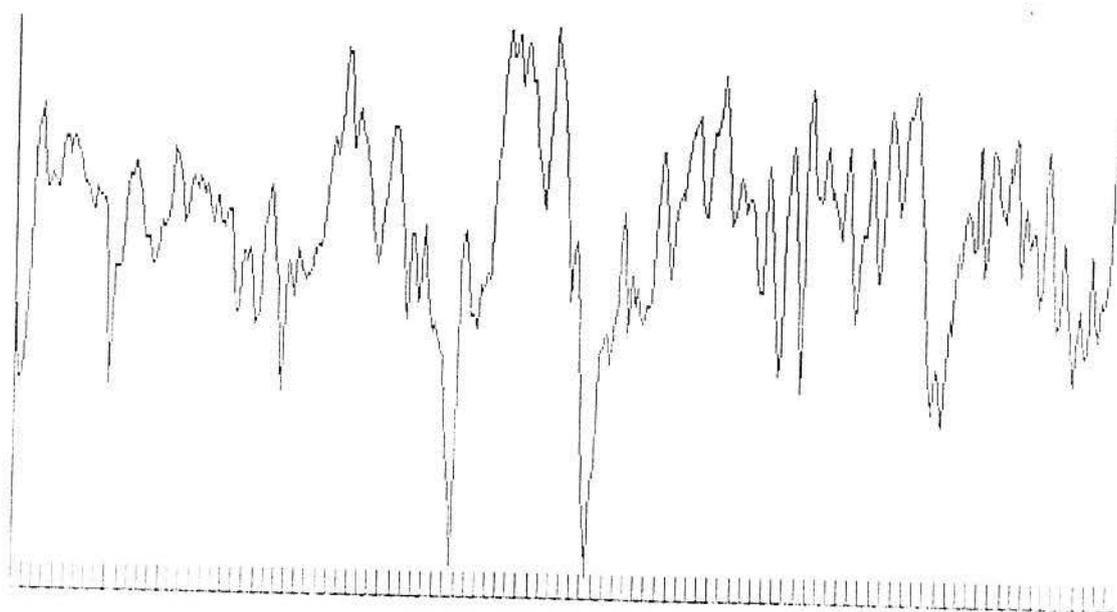


Figura 6.6 - Gráfico da Série Estágio 1 amostrada.

A Série é estacionária com:

- * média = 101,16 s
- * máximo = 148,00 s
- * mínimo = 21,00 s

Realizando-se a análise espectral obteve-se o maior valor do poder do espectro na frequência 0,0117 ciclos por ponto que equivale a 0,9375 cps (anexo 4).

As frequências que contribuem com maior importância para a variância da série são:

Frequências

0,938

1,562

2,031

3,125

3,592

4,062

5,156

7,031.

Então, as frequências baixas até 7 hz predominam caracterizando o estágio 1.

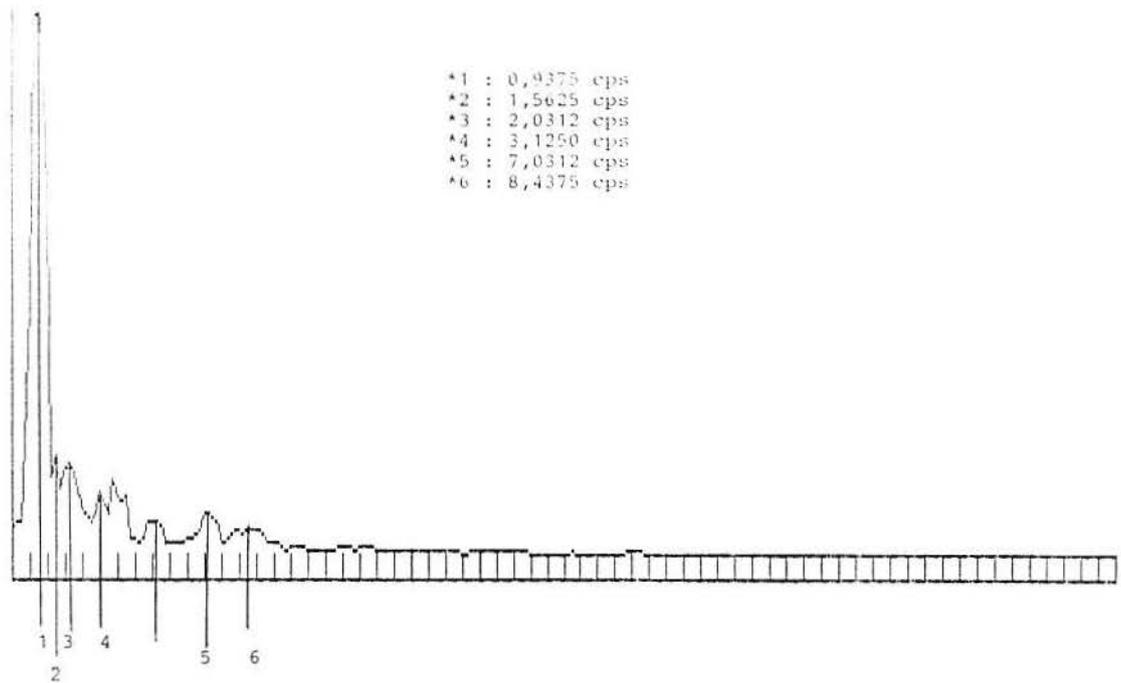


Figura 6.7 - Gráfico do espectro da Série Estágio 1 amostrada.

6.4 - Estágio 2

O Estágio 2 de sono é caracterizado pelo surgimento de fusos e complexos K, a frequência do EEG é mista. Ondas delta (menos de 4 hz) de alta voltagem podem tomar até 20% do traçado.

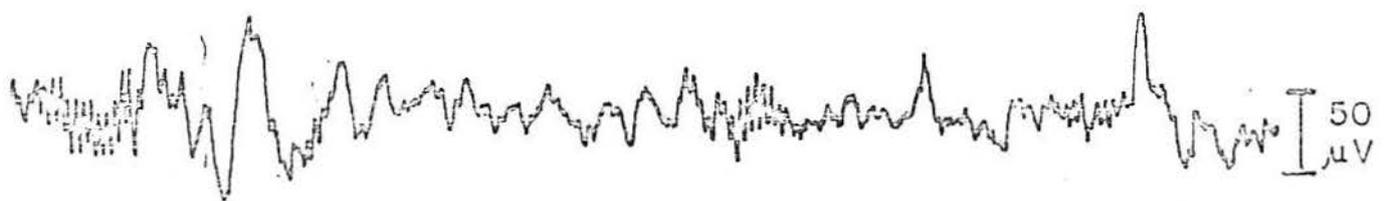


Figura 6.8 - Estágio 2.

6.4.1 - Análise do Estágio 2 com Complexo K Amostrado

O Estágio 2 amostrado é ilustrado pela Figura 6.9 abaixo:

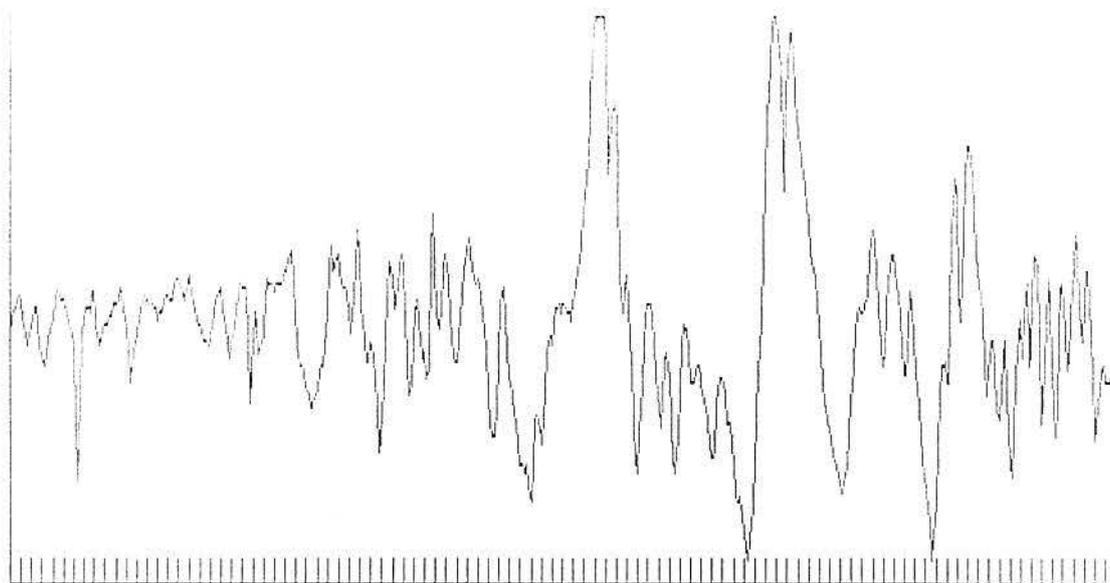


Figura 6.9 - Gráfico do Estágio 2 amostrado com complexo k.

A série é estacionária com:

* média = 101,44 s

* máximo = 200,00 s

* mínimo = 28,00 s

Realizando-se a análise espectral obteve-se frequências mistas e as que maior contribuição fornecem à variância total da série são as frequências baixas (0,7812;1,7187) (anexo 8) . As frequências delta de alta voltagem (próximas a 4 hz) aparecem com baixa contribuição para a variância total da série. Caracterizando-se assim o estágio 2 de sono.

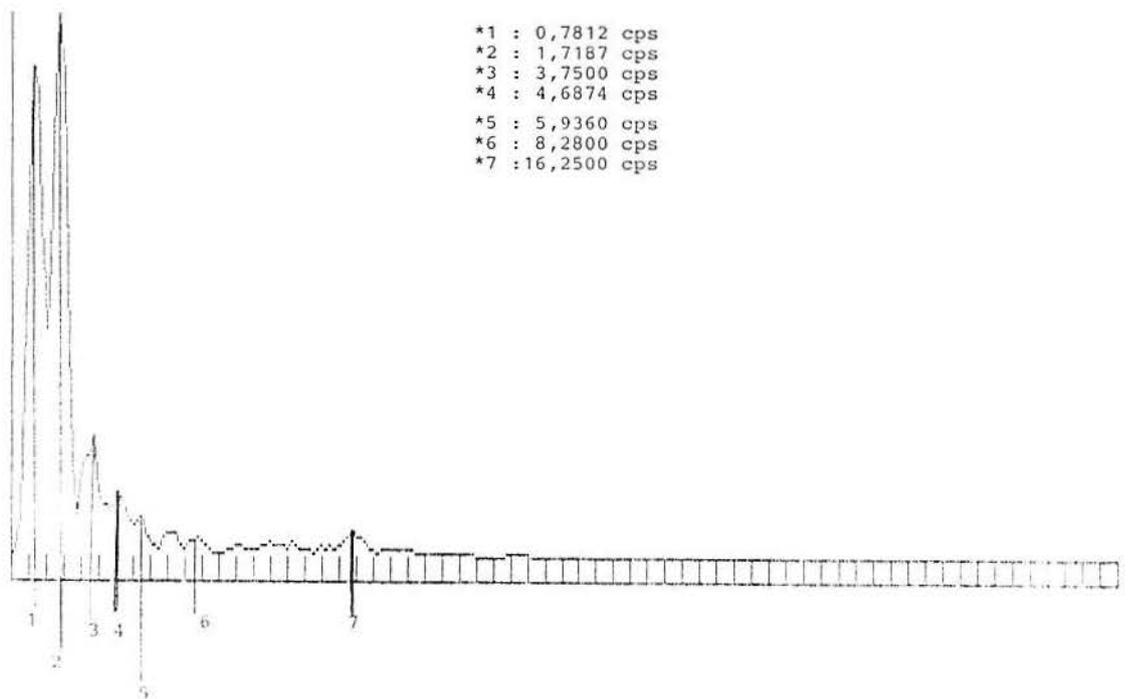


Figura 6.10 - Gráfico do espectro da Série Estágio 2 com complexo K.

6.4.2 - Análise do Estágio 2 com fuso amostrado

Ilustra-se este estágio através do gráfico abaixo, assinalando o fuso.

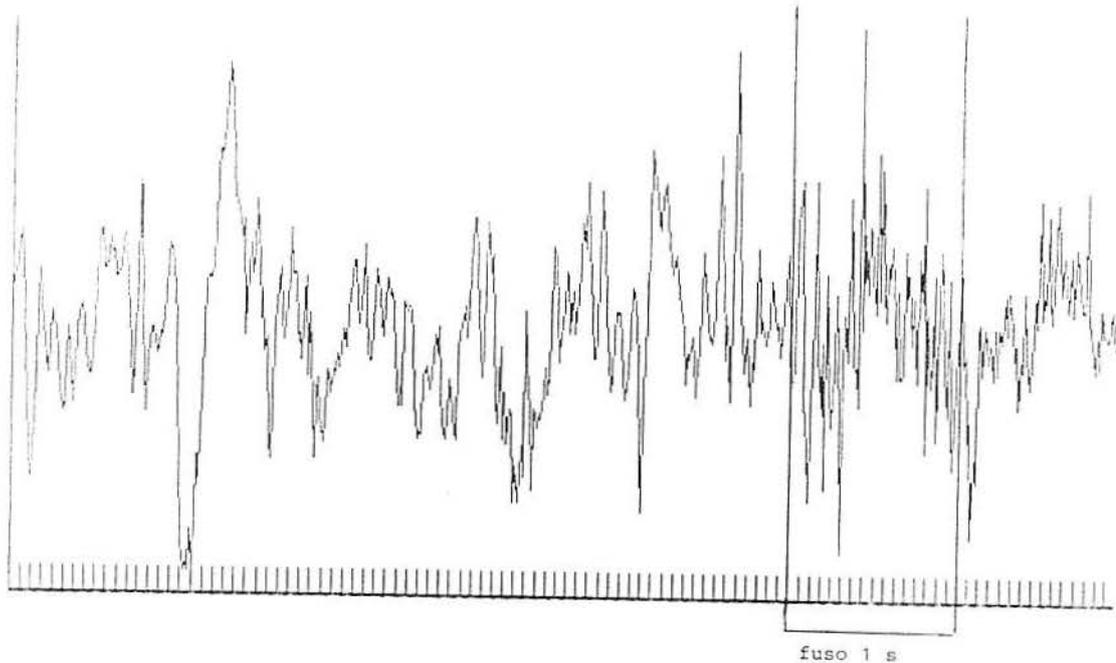


Figura 6.11 - Gráfico da Série Estágio 2 com fuso.

Realizando-se a análise espectral para esta série obteve-se freqüências mistas, sendo as freqüências de 1,25 e 2,5 as que possuem maior valor do poder do espectro e, portanto, contribuem mais para a variância total da série. Aparecendo a seguir as freqüências mistas entre elas 13,12 relativa ao fuso e 3,90 relativa as ondas delta. Como

observa-se na Figura 6.12.

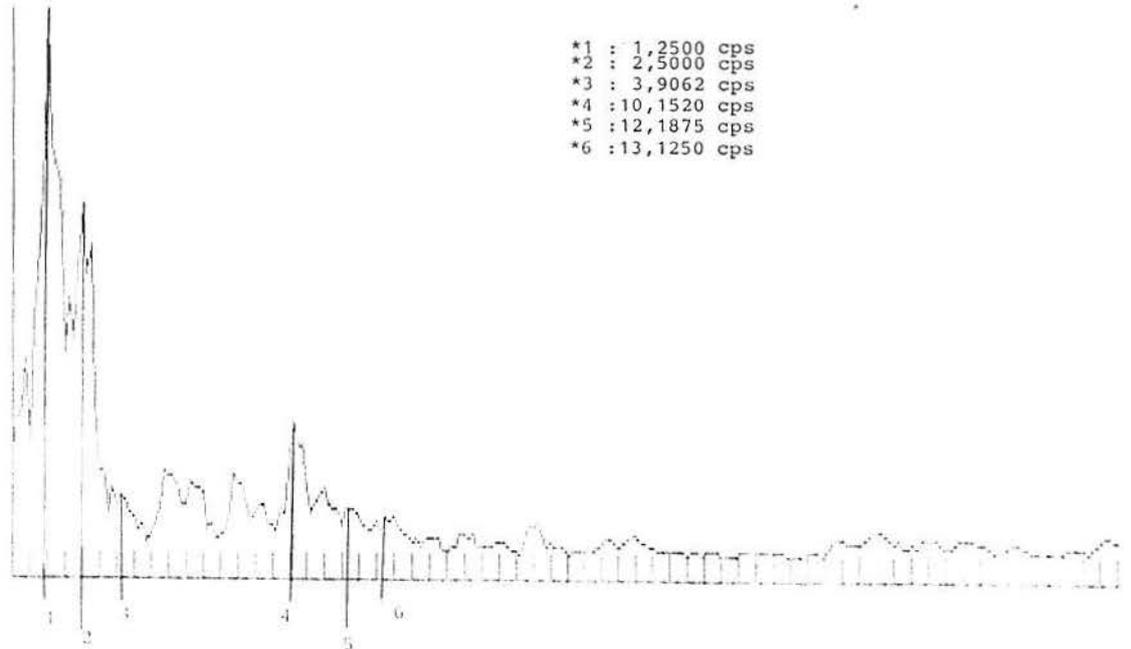


Figura 6.12 - Gráfico do espectro da Série Estágio 2 com fusos.

A função de autocorrelação é ilustrada abaixo.

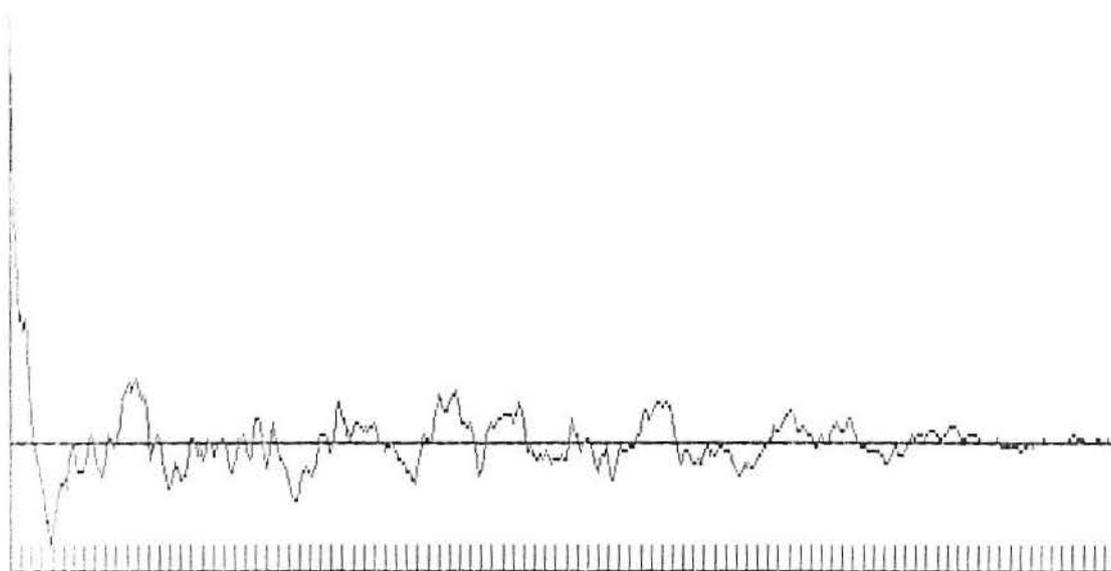


Figura 6.13 - Gráfico da função de autocorrelação da série.

6.5 - Estágio 3 / 4

Os estágios 3 e 4 estão compostos por mais de 20% das ondas delta de 1 a 2 hz. As ondas delta de alta voltagem (4 hz) também estão presentes. Entre os episódios de ondas delta a atividade é de frequência mista, podendo-se registrar fusos. Por falta de diferenças fisiológicas entre os estágios 3 e 4, chama-se estágio 3/4.

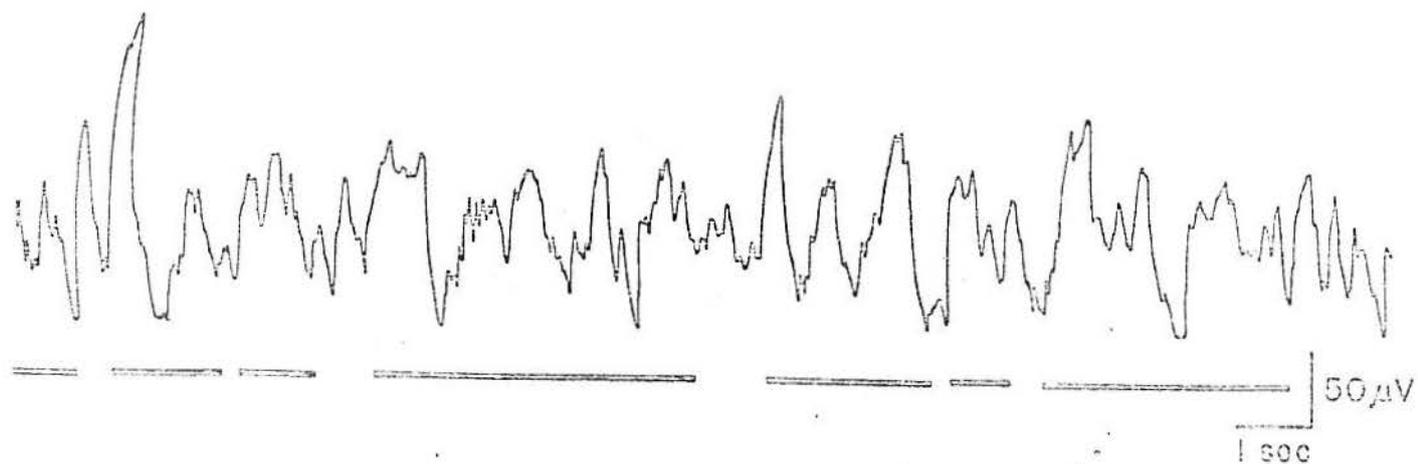


Figura 6.14 - Estágio 3.

6.5.1 - Análise do Estágio 3/4 Amostrado

A Figura 6.15 representa o gráfico desta série que é estacionária com:

* média = 100,06 s

* máximo = 144 s

* mínimo = 43 s

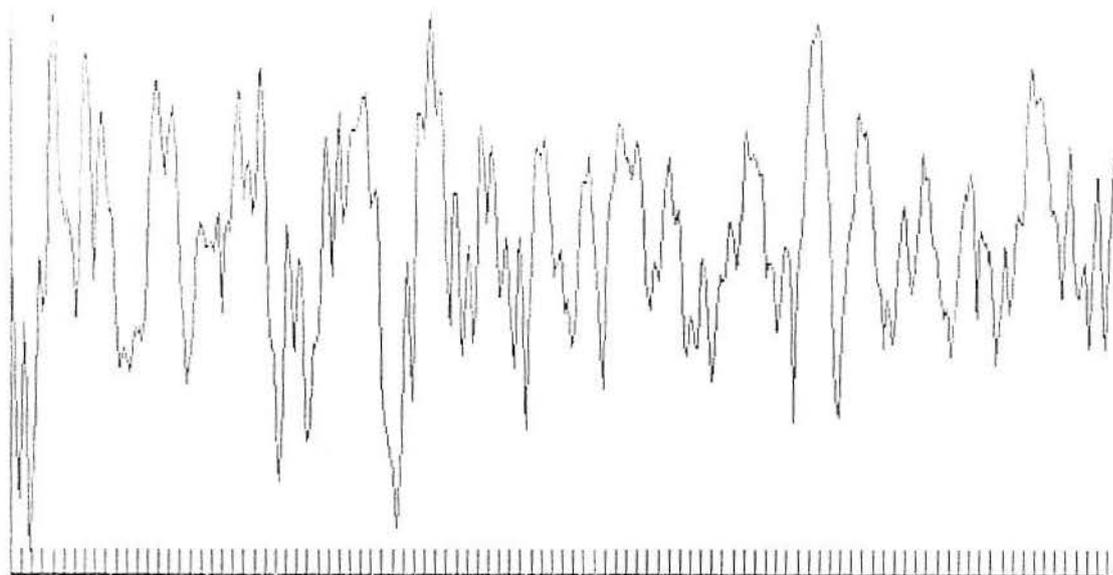


Figura 6.15 - Gráfico da Série Estágio 3/4 amostrado.

Realizando-se a análise espectral obteve-se que as frequências com maior valor do poder do espectro foram 1,875 cps e 3,280 cps, ou seja, frequências delta. A frequência de 12,96 cps apresentou um pico menos acentuado que indica presença de fuso.

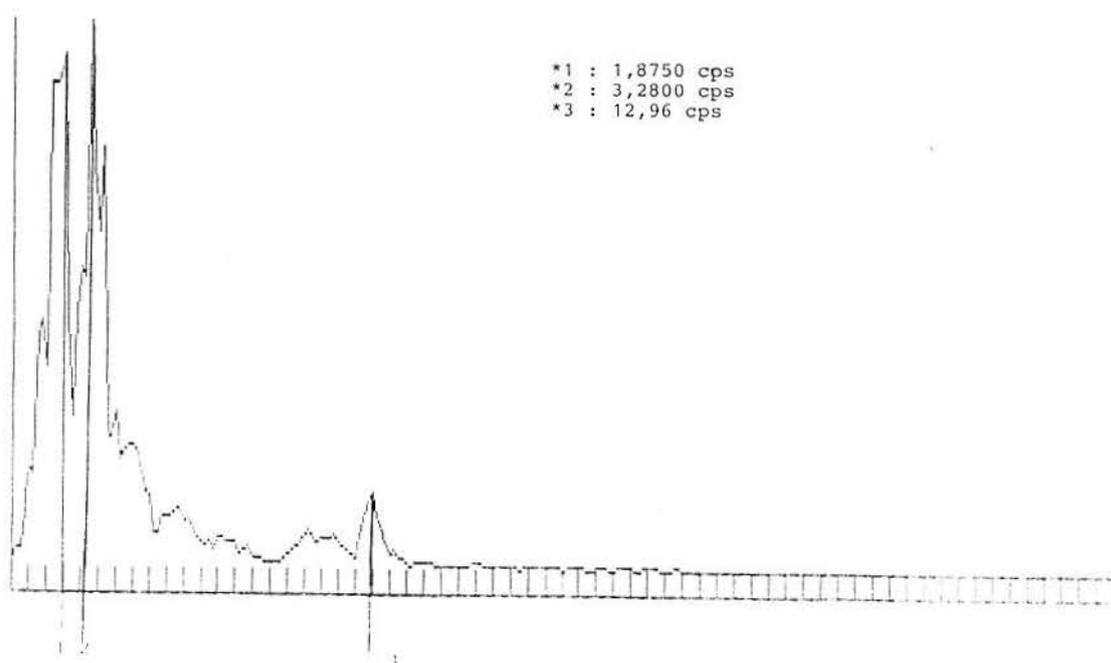


Figura 6.16 - Gráfico do espectro da Série Estágio 3/4 amostrado.

A função de autocorrelação é ilustrada abaixo

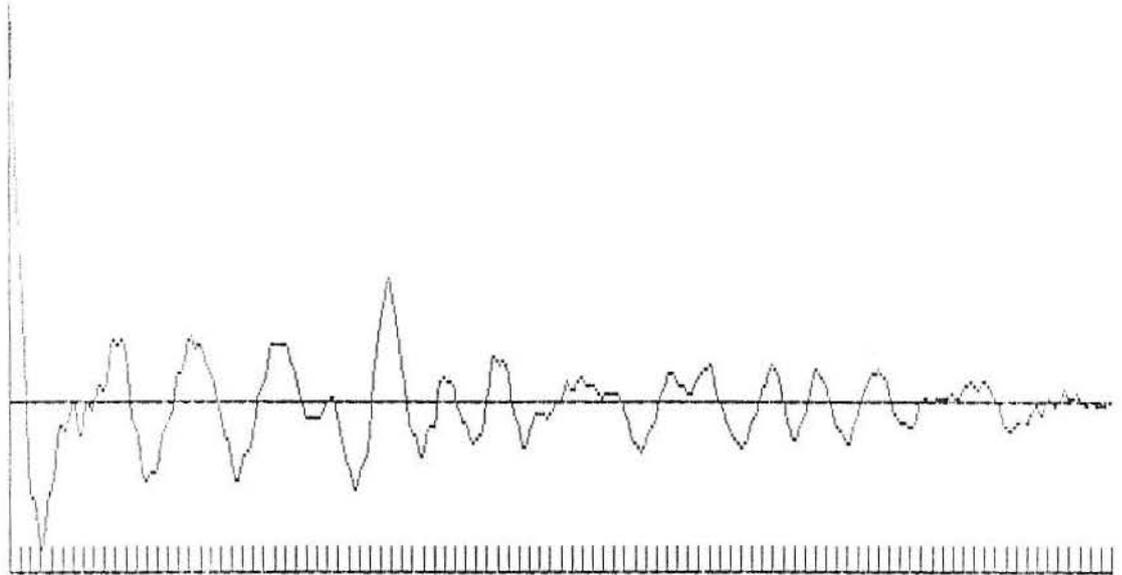


Figura 6.17 - Gráfico da função de autocorrelação da Série Estágio 3/4 amostrado.

CONCLUSÃO

O sono é de grande importância na vida do homem e os distúrbios do sono influenciam nas atividades humanas diárias provocando incômodo e atrapalhando o transcorrer normal das mesmas.

Ciente desta importância analisou-se dados do EEG de um paciente do Laboratório do Sono da Santa Casa de Misericórdia de Porto Alegre e identificou-se os diferentes estágios de sono, com base nas suas frequências características utilizando a análise espectral e a função de autocorrelação.

O espectro do ritmo alfa amostrado apresentou um pico acentuado em torno da frequência de 9,84 cps ressaltando a sua característica principal, isto é, frequências de 8 a 13 cps (ou hz).

O espectro da série estágio 1 amostrada evidenciou as frequências baixas, com a presença de frequências até 8 hz e pequena presença de ondas alfa de 8 a 13 hz.

A análise espectral de série estágio 2 com complexo K amostrado salientou a presença de frequências mistas, possuindo maior poder sobre as frequências até 1,7187 cps. As ondas delta até 4hz estão presentes, mas com menor poder e foi constatado a presença de fuso que não

era evidente visualmente.

Na série estágio 2 com fuso ficou evidente a presença de ondas mistas e a presença do fuso. As frequências baixas obtiveram maior poder e as ondas delta até 4 hz apareceram, mas com menor poder.

A análise do estágio 3/4 amostrado resultou em maior poder para as baixas frequências de 1,8750 cps (1 a 2 hz) e para as de 3,2800 cps que são ondas delta de alta voltagem. Constatou-se também a presença de fuso (12,96 hz) que não era evidente visualmente.

Portanto, a análise espectral salientou as características dos diferentes estágios permitindo assim uma melhor identificação dos mesmos.

Este é um estudo básico sobre o sono utilizando a metodologia de séries temporais e visando conhecimentos fundamentais para a realização de possíveis pesquisas futuras, tais que como o estudo da SASO. Uma continuação natural deste trabalho seria o estudo de modelos que representassem os diferentes estágios possibilitando a classificação de maneira mais concreta do que a visual. Como vem sendo realizado neste Estado.

SUGESTÕES PARA PROJETOS DE PESQUISAS FUTURAS

Para a continuidade deste trabalho pode-se sugerir:

- caracterização dos modelos para os diferentes estágios.

- análise de discriminação entre pacientes normais e com distúrbios da SASO.

- estudo do comportamento da SASO.

BIBLIOGRAFIA

- BERLUCCHI, G. Mechanismen von Schlafen und Wachen. In: Baust, W.(ed.) - Ermundung, Schlaf und Trawn Wissench. Verlags Struttgart, 1970, p.145 - 203.
- BLOOMFIELD, P. Fourier Analysis of Time Series: An Introduction. New York, John Wiley, 1976.
- BROCKWELL, Peter J. & DAVIS, Richard A. Time Series: Theory and Methods. New York, Springer Verlag, 1987.
- CHATFIELD, C. The Analysis of Time Series: An Introduction. 2.ed., London, Chapman and Hall, 1985.
- KNORST, Marli Maria. Quadro Clínico e Polissonográfico da Síndrome das Apnéias do Sono. Dissertação de pós-graduação em Medicina - Pneumologia. UFRGS, Porto Alegre, 1990.
- HAURI, Peter. The Sleep Disorders. Dartmouth Medical School, Hanover, New Hampshire.
- MORETTIN, Pedro Alberto. Séries Temporais. Minicurso apresentado no V Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional. SBMAC, 1982.

MORETTIN, P. A. & TOLOI, C. M. C. Modelos para Previsão de Séries Temporais. Instituto de Matemática Pura e Aplicada, Rio de Janeiro, 1981.

PRIESTLEY, M. B. Spectral Analysis and Time Series. New York, Academic Press, 1981, vols. 1 e 2.

RECHTSCHAFFEN, A. & KALIS, A. A Manual of Standardized Terminology, Techniques and Scoring System for Sleep States of Human Subjects. Washington D.C., National Institutes of Health Publications.

REIMÃO, Rubens. O que você deve saber sobre Distúrbios do Sono. São Paulo, Editora Saúde e Alegria & APM, 1992.

REIMÃO, Rubens. Sono: Aspectos Atuais. São Paulo, Livraria Atheneu Editora, 1990.

SHUMWAY, Robert H. Applied Statistical Time Series Analysis. 2.ed., New Jersey, 1988.

ANEXOS

Anexo 1

Termos Comumente Utilizados em Relação ao Sono

(Reimão, 1990, p.287-294)

* Cataplexia

Uma diminuição abrupta, dramática, no tônus muscular e perda dos reflexos profundos miotáticos levando à fraqueza muscular, paralisia ou colapso postural; geralmente, precipitada por expressões emocionais intensas - principalmente riso, susto ou exercício físico abrupto; um dos sintomas da tétrade narcoléptica. Durante a cataplexia, a respiração não está comprometida.

* Ciclo de sono NREM-REM

Sinônimo de ciclo do sono. Período durante o sono composto de um período de sono NREM e o período de sono REM subsequente; cada par sono NREM-sono REM é igual a um ciclo. Qualquer estágio NREM é o suficiente para formar a porção NREM de um ciclo. Um período de sono de 6,5 a 8,5 h consiste de quatro a seis ciclos.

* Complexo K

Onda pontiaguda, negativa, de alta voltagem no EEG a qual é seguida de componente positivo e lento. Complexos K ocorrem espontaneamente durante o sono NREM,

iniciando e definindo o estágio dois. Considera-se complexos K como respostas evocadas a estímulos internos ou externos .

* Demarcação de estágios do sono

Características poligráficas que distinguem os limites dos estágios de sono. Em algumas patologias e uso de drogas, as demarcações dos estágios de sono podem estar mal delineadas ou ausentes, tornando difícil a identificação de alguns estágios ou a distinção dos limites de duração dos estágios.

* Densidade REM

Intensidade REM. Uma função que expressa a frequência de movimentos oculares durante o estágio REM.

* Despertar

O retorno ao estágio de vigília de acordo com o traçado poligráfico, a partir de qualquer estágio NREM ou do sono REM, caracterizado por ondas alfa e beta, aumento na atividade tônica da EMG, movimentos oculares rápidos voluntários e piscamento dos olhos. Esta definição de despertar é válida apenas quando o traçado acompanha-se de reaparecimento da consciência vígil.

* Diário de sono

Relato escrito, diário, do padrão de sono e vigília de um indivíduo com informações, como a hora em que se deita, levanta-se, tempo na cama, período estimado de sono, número e duração das interrupções do sono, qualidade do sono, cochilos durante o dia, uso de medicações ou bebidas como cafeína, atividades durante a vigília e outros dados.

* Eficiência do sono

Índice de eficiência do sono. Proporção de sono no período que potencialmente seria preenchido por sono; proporção entre o tempo total de sono e o tempo na cama.

* Eletroencefalograma (EEG)

A monitorização dos potenciais elétricos cerebrais do couro cabeludo e as mudanças desses potenciais a cada momento. Junto com o EMG e o EOG, o EEG é uma das três variáveis básicas para classificar os estágios de sono e vigília. O traçado de sono humano utiliza eletrodos de superfície para verificar diferenças entre regiões do cérebro e um ponto neutro de referência, ou simplesmente entre regiões cerebrais. Utilizam-se para classificação do sono humano, os eletrodos C3 e C4 colocados de acordo com o Sistema Internacional 10-20.

* Eletromiograma (EMG)

A monitorização da atividade elétrica do sistema muscular no registro de sono é sinônimo de atividade muscular de repouso ou potencial muscular de repouso. O EMG do músculo submentoniano, junto do EEG e EOG são as três variáveis básicas usadas para classificar o sono e a vigília. O traçado de sono humano utiliza eletrodos de superfície para medir a atividade dos músculos submentonianos ou mentonianos. Esses músculos refletem as mudanças da atividade muscular de repouso. A atividade do EMG durante o sono REM é inibida tonicamente.

* Eletrooculograma (EOG)

A monitorização de mudanças de voltagem resultantes de mudanças na posição do globo ocular, junto com EEG e EMG, é uma das três variáveis básicas usadas para classificar estágios do sono e vigília. Traçado de sono em humanos utiliza eletrodos de superfície colocados próximos aos olhos para registrar movimentos dos globos oculares (incidência, direção e velocidade). Movimentos oculares rápidos no sono indicam um determinado estágio de sono (estágio REM).

* Estágio um de sono

Estágio um de sono NREM. Estágio de sono NREM que surge diretamente da vigília. Seu critério de definição consiste na atividade EEG de baixa voltagem, com alentecimento até frequência teta, mantendo atividade alfa menor que 50%. Ondas agudas do vértice ao EEG, movimentos oculares lentos; ausência de fusos de sono, complexos K ou movimentos oculares rápidos. Estágio um normalmente toma 4 a 5% do tempo total de sono.

* Estágio dois de sono

Estágio dois de sono NREM. Estágio de sono NREM caracterizado pelo surgimento de fusos de sono e complexos K tendo atividade de fundo de voltagem relativamente baixa e frequência mista ao EEG; ondas delta de alta voltagem podem tomar até 20% do traçado; geralmente, toma 45 a 55% do tempo total de sono.

* Estágio três de sono

Estágio três de sono NREM. Um estágio NREM definido por pelo menos 20% e não mais que 50% do período, consistindo de ondas de 4 Hz ou menos e mais de 75 μ V de amplitude (ondas delta de grande amplitude); um estágio "delta"; junto com o estágio quatro, ele constitui o sono "profundo" NREM; frequentemente está combinado com o

estágio quatro formando o estágio três/quatro NREM por falta de diferenças fisiológicas documentadas entre os dois; surge geralmente predominantemente no primeiro terço do período de sono; geralmente toma 4 a 6% do tempo total de sono.

* Estágio quatro de sono

Estágio quatro de sono NREM. Toda definição em relação ao estágio três é também aplicada ao estágio quatro com exceção de que as ondas lentas e de alta voltagem ao EEG tomam 50% ou mais do traçado; estágio quatro de sono NREM geralmente ocupa 15% do tempo total de sono. *Veja:* Estágio três de sono.

* Estágio delta de sono

Indicativo dos estágios de sono nos quais as ondas deltas do EEG são muito encontradas ou predominantes (estágios três e quatro). *Veja:* Sono de ondas lentas.

* Estágio REM

Estágio de sono encontrado em todos os mamíferos, incluindo o homem, no qual a atividade cerebral é intensa, o metabolismo cerebral está aumentado, e existem os sonhos. É também denominado "sono paradoxal" porque, ao mesmo tempo em que há intensa excitação do SNC e presença de movimentos

oculares rápidos espontâneos, a atividade muscular de repouso está suprimida. O EEG é de baixa voltagem, frequência rápida e com ausência de de ritmo alfa. Estágio REM geralmente toma 20 a 25% do tempo total de sono.

* Estágio de sono não-REM (NREM)

Compreende os estágios 1-4, os quais constituem áreas no espectro de intensidade fisiológica ou "profundidade" do sono NREM.

* Estrutura do sono

Semelhante a arquitetura do sono. Entretanto, a estrutura do sono, além de englobar os estágios do sono e as relações cíclicas, também compreende as qualidades do EEG e de outras medidas fisiológicas em cada estágio.

* Evento fásico

Eventos episódicos, abruptos, ocorrendo durante o sono, podendo ser musculares, autonômicos ou de SNC, característicos do sono REM (exemplo: movimentos oculares rápidos, abalos musculares); geralmente duram de milissegundos até 1 a 2 s.

* Fala durante o sono

Fala durante o sono pode ocorrer durante o sono REM, ou no decorrer de ativação transitória a partir do sono NREM. A consciência completa não é atingida e segue-se de amnésia para o evento.

* Fragmentação (em relação à arquitetura do sono)

Interrupção de qualquer estágio do sono devido ao aparecimento de outro estágio ou vigília, levando à ruptura dos ciclos NREM-REM; usado frequentemente para se referir à interrupção do sono REM por despertares parciais (ativação) ou atividade do estágio dois.

* Fuso do sono

Agregado de ondas de 12 a 14 Hz, com forma de fuso, de aparecimento episódico e com duração de 0,5 a 1,5 s; um dos fenômenos que identificam o EEG do estágio dois de sono; pode persistir nos estágios três e quatro; não é visto no sono REM.

* Higiene do sono

Condições e práticas para promover sono contínuo e eficaz, que incluem regularidade da hora de ir dormir e da hora de despertar; adequação do tempo que fica na cama em relação ao tempo necessário para manter o sono adequado

para cada indivíduo, ou seja, tempo total suficiente para evitar sonolência quando acordado; restrição de álcool e cafeína nos períodos antes da hora de adormecer; emprego de exercício, nutrição e fatores do meio ambiente que aumentem o sono repousante.

* Infradiano

Duração maior do que 24 h. Exemplo: ritmo infradiano do ciclo menstrual.

* Início do sono

Transição entre a vigília e o estado de sono, normalmente iniciando-se com estágio de sono NREM, estágio um. Caracteriza-se por alentecimento do EEG com redução e finalmente, desaparecimento da atividade alfa, presença de ondas agudas do vértice e movimentos lentos oculares. A consciência é perdida com o fragmentar da atividade alfa. *Veja:* Latência do sono; Estágio do sono.

* Insônia

Dificuldade para dormir. É um termo que causa confusão, pois é usado para qualquer tipo e severidade de perda de sono.

* Insônia condicionada

Forma de insônia crônica causada pelo desenvolvimento - durante uma experiência anterior de falta de sono - de uma associação negativa entre características do meio ambiente usual para sono e o dormir.

* Interrupção do sono

Rupturas na arquitetura do sono resultando em ativação do registro poligráfico ou em despertar. *Veja:* Fragmentação; Agitação.

* Intrusão alfa

Breve interposição de atividade alfa durante um estágio de sono.

* Latência do sono

Período de tempo desde a hora em que se deita para dormir até o começo do sono.

* Latência do sono REM

Período de tempo desde o início do sono até o primeiro aparecimento de estágio REM.

* Mioclonia

Contração muscular em forma de abalos abruptos.

Nas mioclonias relacionadas ao sono (também chamadas mioclonias noturnas), os abalos são primariamente dos grupos flexores nas extremidades inferiores e têm frequência característica de um abalo a cada 20 a 40 s.

* Movimentos periódicos do sono

Termo utilizado como sinônimo de mioclonias relacionadas ao sono. Mioclonias noturnas.

* Ondas delta

Atividade do EEG com frequência de menos de 4 Hz. Na avaliação de sono humano, o mínimo para classificar ondas delta é convencionalmente como 75 μ V de amplitude (pico a pico) e duração de 0,5 s (2 Hz).

* Ondas teta

Atividade do EEG na frequência de 4 a 8 Hz, máxima sobre o córtex temporal.

* Padrão de sono

Padrão sono-vigília de 24 h. Horário de um indivíduo ir se deitar ou levantar-se, bem como comportamento de cochilos; pode também incluir o tempo e duração das interrupções do sono. *Veja:* Sono-vigília, ciclo de 24 h; Ritmo circadiano; Diário de sono.

* Parassônia

Evento que ocorre durante o sono, ou induzido ou exacerbado pelo sono (exemplo: sonambulismo, asma, refluxo gastroesofágico).

* Período de sono NREM

Porção de sono NREM do ciclo de sono REM-NREM; este período consiste principalmente de estágios três e quatro de sono no início da noite e de estágio 2 de sono, no final. *Veja:* Estágios de sono.

* Período de sono REM

Porção ocupada pelo sono REM no ciclo de sono NREM-sono REM; no início da noite o período de sono REM é mais curto do que no final. *Veja:* Estágio de sono REM.

* Período total de sono

Período de tempo medido desde o início do sono até o despertar final. Além do tempo total de sono, ele compreende o tempo despendido em despertares e o tempo de movimentos, até o despertar final. *Veja:* Eficiência do sono.

* Pesadelo

Usado para caracterizar o sonho com ansiedade.

* Polissonografia

Registro contínuo e simultâneo de variáveis fisiológicas durante o sono, ou seja, EEG, EOG, EMG, ECG, fluxo aéreo respiratório, excursões respiratórias, movimentos dos membros e outras variáveis.

* Reversão sono-vigília

Mudança sono-vigília. Quando o sono é total ou parcialmente deslocado para uma ocasião que usualmente é tomada pela vigília, e a vigília é deslocada para o período habitual de sono.

* Ritmo alfa

Oscilações do EEG com frequência de 8 a 13 Hz em adultos, proeminente sobre o córtex occipital, indicativo de estado vígil no homem; presente na maior parte mas não em todos indivíduos normais, mais consistente e predominante durante a vigília relaxada, principalmente com redução dos estímulos visuais. A frequência alfa tem uma distribuição em cada indivíduo - o limite inferior é observado na sonolência e o limite superior no alerta. A faixa de distribuição também varia com a idade, é mais lenta em crianças e na idade avançada do que nos adultos jovens ou de meia-idade.

* Ritmo beta

Frequência EEG na faixa de 13 a 35 Hz; quando a frequência predominante é beta, geralmente acompanha-se de estado de alerta e de alta atividade tônica ao EMG.

* Ritmo circadiano

Uma flutuação inata, diária, das funções fisiológicas e comportamentais, incluindo vigília e sono; geralmente está relacionado ao ciclo diário de 24 h (dia-noite) mas, algumas vezes, pode ter periodicidade diferente (exemplo: 23 ou 25 h) quando os parâmetros luz-escuro e outros indicadores de tempo são retirados.

* Roncar

Ruído produzido principalmente pela inspiração durante o sono devido a vibração do palato mole e dos pilares da orofaringe. Muitos indivíduos que roncam têm obstrução incompleta das vias aéreas superiores e podem desenvolver, posteriormente, apnéia do sono tipo obstrutivo.

* Sesta

Cochilo habitual, ocorrendo geralmente à tarde, mais encontrada em determinadas culturas tropicais.

* Sono de ondas lentas

Sinônimo de estágios três e quatro de sono.

* Sonolência

Dificuldade em manter o estado vígil de tal forma que o indivíduo adormece caso não seja estimulado ativamente; não é a simples sensação de cansaço. *Veja:* Sonolência excessiva diurna.

* Sonolência excessiva diurna

O relato subjetivo de dificuldade em manter-se acordado, acompanhado por entrada rápida no sono quando o indivíduo está sedentário, pode ser medido quantitativamente pelo uso de escalas graduadas de sonolência subjetiva.

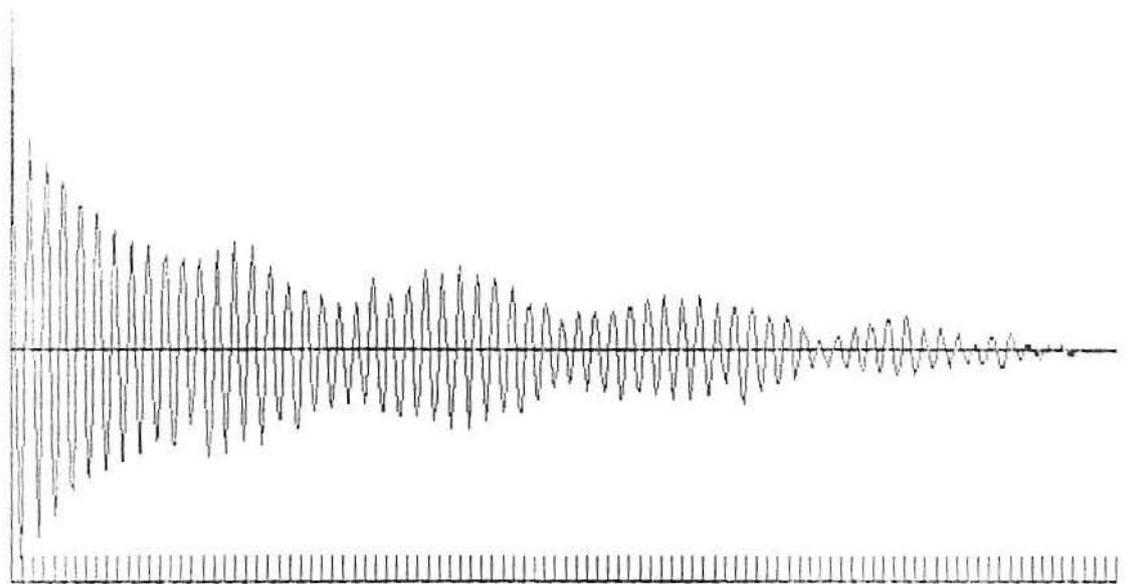
* Sono-vigília, ciclo de 24 h

Basicamente, as relações das fases de sono e vigília em relação ao tempo convencional do relógio, no ciclo de 24 h. *Veja:* Transição de fase; Ritmo circadiano.

* Tempo total de sono

Duração real de tempo de sono em um período total de sono; duração do tempo total de sono subtraindo-se o tempo de despertares e o tempo de movimentos. Tempo total

ANEXO 3 - Gráfico da Autocorrelação da Série
Ondas Alfa Amostrado "Lag" = 520



ANEXO 4 - Tabela de Valores do Poder do Espectro
da Série Estágio 1 Amostrado

Lawless of Freedom 8

Frequency	Power	
0	640.4987	
1.953125E-03		737.1431
3.90625E-03	746.4146	
5.859375E-03		2620.044
.0078125	5976.546	
7.765625E-03		12942.16
9.71875E-02		13161.02
1.1867188E-02		12357.26
.0015625	8748.13	
1.757813E-02		1842.91
1.953125E-02		2321.353
2.148188E-02		1593.303
.00234375	2032.181	
2.339063E-02		2197.506
2.734375E-02		1991.396
2.927688E-02		1500.61
.003125	1087.372	
3.120813E-02		960.04
3.315625E-02		775.7496
3.510938E-02		995.8846
.00390625	1437.429	
3.701563E-02		1278.526
3.896875E-02		966.1024
4.092188E-02		1788.742
.0046875	1393.113	
4.282813E-02		1279.023
4.478125E-02		1315.296
4.673438E-02		338.7765
.0046875	350.6707	
4.664063E-02		267.1412
4.859375E-02		384.701
4.854688E-02		770.9753
.00625	731.6046	
5.445813E-02		796.2984
5.640625E-02		699.6165
5.835938E-02		250.9171
.00703125	315.9328	
7.226563E-02		258.2367
7.421875E-02		296.63
7.617188E-02		302.3948
.0078125	357.1429	
8.007813E-02		394.076
8.203125E-02		501.0368
8.398438E-02		610.8781
.00859375	938.4731	
8.789062E-02		967.2501
8.984375E-02		823.8915

0,9375 cps

1,5625 cps

2,0312 cps

3,1250cps

3,5938 cps

3,7500 cps

4,0624 cps

5,1562 cps

7,0312 cps

Frequency	Power	
.09375	311.3957	
9.570312E-02		297.2234
9.765625E-02		478.459
9.960938E-02		553.8886
.1015625	575.4131	
.1035156	508.0358	
.1054688	664.0901	
.1074219	612.111	8,4375 cps
.109375	524.0198	
.1113281	553.2011	
.1132813	358.7816	
.1152344	310.8849	
.1171875	299.4724	
.1191406	273.417	
.1210938	124.6306	
.1230469	122.427	
.125	217.1041	
.1269531	204.312	
.1289063	155.2638	
.1308594	195.064	
.1328125	95.85296	
.1347656	99.50944	
.1367188	94.61101	
.1386719	31.06405	
.140625	43.17909	
.1425781	88.12929	
.1445313	103.7976	
.1464844	217.2206	
.1484375	217.2387	
.1503906	192.4373	
.1523438	178.1595	
.1542969	64.06511	
.15625	125.7257	
.1582031	130.3458	
.1601563	127.3673	
.1621094	163.9247	
.1640625	102.6008	
.1660156	114.555	
.1679688	115.5914	
.1699219	76.9545	
.171875	100.7509	
.1738281	57.74196	
.1757813	55.67569	
.1777344	73.69562	
.1796875	48.19409	
.1816406	83.08438	
.1835938	90.1602	
.1855469	75.91385	
.1875	70.29957	
.1894531	39.36319	
.1914063	45.69475	
.1933594	75.9875	
.1953125	122.289	
.1972656	117.1456	
.1992188	104.3433	
.2011719	73.37958	
.203125	22.53204	
.2050781	22.64081	
.2070313	30.35181	
.2089844	32.41482	
.2109375	25.10748	
.2128906	30.26766	

.2148438	31.37055
.2167969	33.47326
.21875	47.55167
.2207031	43.40776
.2226563	54.36759
.2246094	43.43773
.2265625	27.67907
.2285156	33.3996
.2304688	23.43164
.2324219	24.76937
.234375	22.33088
.2363281	15.83929
.2382813	10.14597
.2402344	11.45764
.2421875	17.4315
.2441406	17.44476
.2460938	15.78884
.2480469	16.94
.25	14.83582
.2519531	14.01561
.2539063	23.57976
.2558594	20.29925
.2578125	20.36166
.2597656	20.28438
.2617188	7.360502
.2636719	9.747855
.265625	13.24902
.2675781	12.75185
.2695313	13.88953
.2714844	11.10033
.2734375	5.654653
.2753906	7.89606
.2773438	7.630132
.2792969	24.97802
.28125	27.19296
.2832031	27.81556
.2851563	30.5559
.2871094	12.64327
.2890625	11.26491
.2910156	17.10991
.2929688	16.70545
.2949219	16.91402
.296875	17.441
.2988281	8.109022
.3007813	5.032355
.3027344	9.359763
.3046875	8.121861
.3066406	8.302175
.3085938	8.378693
.3105469	3.466301
.3125	2.175855
.3144531	3.640246
.3164063	3.391873
.3183594	12.44648
.3203125	13.64662
.3222656	12.03158
.3242188	12.97547
.3261719	4.984393
.328125	2.850617
.3300781	2.467326
.3320313	2.089387
.3339844	2.833419
.3359375	3.124014
.3378906	3.397097

Frequency

Power

.3398438	5.384183
.3417969	3.716042
.34375	4.954146
.3457031	4.644467
.3476563	2.605485
.3496094	4.099753
.3515625	2.416372
.3535156	2.373433
.3554688	2.265972
.3574219	.9884088
.359375	1.032073
.3613281	1.220405
.3632813	3.436027
.3652344	3.748743
.3671875	3.856524
.3691406	4.972053
.3710938	2.381168
.3730469	2.12054
.375	4.571472
.3769531	3.906818
.3789063	4.49017
.3808594	4.129701
.3828125	1.558205
.3847656	.8847424
.3867188	2.252759
.3886719	2.305512
.390625	2.31561
.3925781	3.735127
.3945313	1.964614
.3964844	2.208021
.3984375	2.358188
.4003906	1.178656
.4023438	1.110596
.4042969	.7497921
.40625	.6422971
.4082031	.3915363
.4101563	.3269165
.4121094	1.284309
.4140625	1.310551
.4160156	1.642633
.4179688	1.793614
.4199219	2.194323
.421875	2.673401
.4238282	2.514407
.4257813	2.394576
.4277344	1.013211
.4296875	1.338658
.4316407	1.310884
.4335938	1.408278
.4355469	1.422855
.4375	.498543
.4394532	.3799201
.4414063	.1183702
.4433594	.5694036
.4453125	.6510161
.4472657	1.564997
.4492188	2.254418
.4511719	2.217327

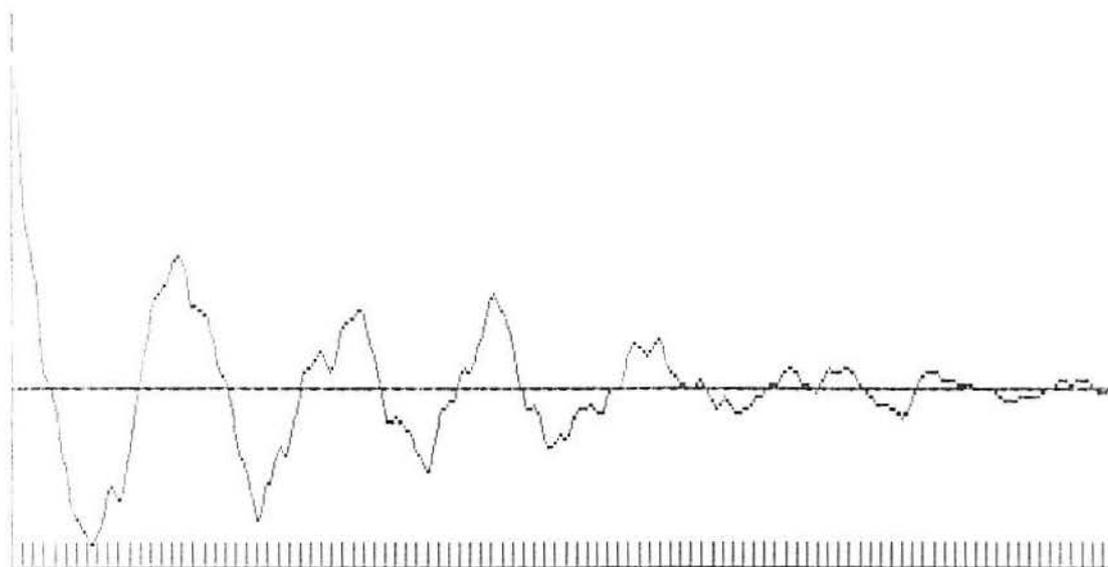
Frequency	Power
.453125	2.669392
.4550782	1.861628
.4570313	1.23503
.4589844	.7844118
.4609375	.4407974
.4628907	.4266916
.4648438	.7245111
.4667969	1.132997
.46875	1.240466
.4707032	1.49854
.4726563	1.781495
.4746094	1.48274
.4765625	1.568022
.4785157	1.615139
.4804688	1.169236
.4824219	1.107323
.484375	1.05789
.4863282	.8777467
.4882813	.7215449
.4902344	.6510885
.4921875	.6316003
.4941407	.4877913
.4960938	.4606311
.4980469	.5180564
.5	.5180525

ANEXO 5 - Tabela de Valores da Função de Autocorrelação da Série Estágio 1 Amostrado

Lag Autocovariance = 421.3497
Value

Lag	Autocovariance Value
1	421.3497
2	315.2623
3	209.1749
4	103.0875
5	-2.0000
6	-108.0875
7	-214.1749
8	-320.2623
9	-426.3497
10	-532.4371
11	-638.5245
12	-744.6119
13	-850.6993
14	-956.7867
15	-1062.8741
16	-1168.9615
17	-1275.0489
18	-1381.1363
19	-1487.2237
20	-1593.3111
21	-1699.3985
22	-1805.4859
23	-1911.5733
24	-2017.6607
25	-2123.7481
26	-2229.8355
27	-2335.9229
28	-2442.0103
29	-2548.0977
30	-2654.1851
31	-2760.2725
32	-2866.3599
33	-2972.4473
34	-3078.5347
35	-3184.6221
36	-3290.7095
37	-3396.7969
38	-3502.8843
39	-3608.9717
40	-3715.0591
41	-3821.1465
42	-3927.2339
43	-4033.3213
44	-4139.4087
45	-4245.4961
46	-4351.5835
47	-4457.6709
48	-4563.7583
49	-4669.8457
50	-4775.9331
51	-4882.0205
52	-4988.1079
53	-5094.1953
54	-5200.2827
55	-5306.3701
56	-5412.4575
57	-5518.5449
58	-5624.6323
59	-5730.7197
60	-5836.8071
61	-5942.8945
62	-6048.9819
63	-6155.0693
64	-6261.1567
65	-6367.2441
66	-6473.3315
67	-6579.4189
68	-6685.5063
69	-6791.5937
70	-6897.6811
71	-7003.7685
72	-7109.8559
73	-7215.9433
74	-7322.0307
75	-7428.1181
76	-7534.2055
77	-7640.2929
78	-7746.3803
79	-7852.4677
80	-7958.5551
81	-8064.6425
82	-8170.7299
83	-8276.8173
84	-8382.9047
85	-8488.9921
86	-8595.0795
87	-8701.1669
88	-8807.2543
89	-8913.3417
90	-9019.4291
91	-9125.5165
92	-9231.6039
93	-9337.6913
94	-9443.7787
95	-9549.8661
96	-9655.9535
97	-9762.0409
98	-9868.1283
99	-9974.2157
100	-10080.3031

ANEXO 6 - Gráfico da Função de Autocorrelação
da série Estágio 1 Amostrado



ANEXO 7 - Tabela de Valores do Poder do Espectro da Série

Estágio 2 com complexo K amostrado

Degrees of freedom 8

Frequency	Power	
0	183.7781	
1.953125E-03		288.2943
3.90625E-03	1429.771	
5.859375E-03		6598.268
.0078125	13194.47	
9.765625E-03		18150.9
1.171875E-02		17460.63
1.367188E-02		12416.03
.015625	8478.511	
1.757813E-02		10969.85
1.953125E-02		17343.97
2.148438E-02		20166.2
.0234375	17949.45	
2.539063E-02		10365.39
2.734375E-02		3619.882
2.929688E-02		1470.582
.03125	3100.073	
3.320313E-02		3635.46
3.515625E-02		3915.397
3.710938E-02		4460.303
.0390625	2336.922	
4.101563E-02		1875.987
4.296875E-02		1958.299
4.492188E-02		1654.403
.046875	2391.377	
4.882813E-02		2388.488
5.078125E-02		1980.205
5.273438E-02		1532.968
.0546875	1143.39	
5.664063E-02		1302.79
5.859375E-02		1444.265
6.054688E-02		839.8185
.0625	549.4451	
6.445313E-02		379.359
6.640625E-02		224.4334
6.835938E-02		784.2261
.0703125	898.5817	
7.226563E-02		871.5799
7.421875E-02		909.2446
7.617188E-02		381.7269
.078125	293.289	
8.007813E-02		539.9405
8.203125E-02		545.0181
8.398438E-02		714.1942
.0859375	621.9662	
8.789063E-02		362.0489
8.984375E-02		305.4532
9.179688E-02		146.0239
.09375	125.0388	
9.570312E-02		127.6005
9.765625E-02		269.8474
9.960938E-02		334.2265
.1015625	358.2454	
.1035156	360.6534	
.1054688	235.2967	
.1074219	208.233	

0,7812 cps

1,7187 cps

3,7500 cps

4,6874 cps

5,9360 cps

8,2800 cps

Frequency Power

.109375	258.7744	
.1113281	303.9762	
.1132813	449.1579	
.1152344	479.9951	
.1171875	509.9738	
.1191406	441.9518	
.1210938	441.6049	
.1230469	438.9886	
.125	317.5119	
.1269531	535.2999	
.1289063	428.1099	
.1308594	339.2341	
.1328125	338.878	
.1347656	234.1809	
.1367188	183.6139	
.1386719	339.5	
.140625	373.0958	
.1425781	263.8605	
.1445313	400.2343	
.1464844	238.6939	
.1484375	399.4411	
.1503906	583.9506	
.1523438	670.4335	
.1542969	986.4576	16,2500 cps
.15625	792.512	
.1582031	691.252	
.1601563	525.4298	
.1621094	204.1074	
.1640625	220.4853	
.1660156	128.0111	
.1679688	226.4044	
.1699219	217.8211	
.171875	249.8868	
.1738281	319.8392	
.1757813	251.6399	
.1777344	256.8438	
.1796875	255.7697	
.1816406	208.0515	
.1835938	169.8013	
.1855469	140.4941	
.1875	133.1438	
.1894531	123.6643	
.1914063	72.63718	
.1933594	79.54953	
.1953125	41.69592	
.1972656	75.09898	
.1992188	78.5775	
.2011719	113.2798	
.203125	177.3902	
.2050781	132.6296	
.2070313	127.1297	
.2089844	88.4254	
.2109375	20.28343	
.2128906	21.23418	
.2148438	18.13202	
.2167969	26.47734	
.21875	27.23977	
.2207031	30.22875	
.2226563	32.31678	
.2246094	38.74954	

Frequency	Power
.2265625	39.57741
.2285156	63.10301
.2304688	62.01511
.2324219	51.20958
.234375	51.5748
.2363281	22.74453
.2382813	21.95173
.2402344	16.86296
.2421875	15.3419
.2441406	12.82019
.2460938	11.38566
.2480469	29.62443
.25	30.90554
.2519531	31.0129
.2539063	31.16414
.2558594	12.54464
.2578125	11.99235
.2597656	11.30187
.2617188	16.02023
.2636719	27.62492
.265625	27.51993
.2675781	29.27267
.2695313	25.11464
.2714844	14.50773
.2734375	24.26821
.2753906	23.97547
.2773438	23.10438
.2792969	19.84055
.28125	8.33411
.2832031	8.650534
.2851563	6.81836
.2871094	6.16965
.2890625	14.63588
.2910156	10.20406
.2929688	13.87194
.2949219	13.48555
.296875	14.49806
.2988281	15.78883
.3007813	20.39945
.3027344	21.00449
.3046875	17.58737
.3066406	15.70475
.3085938	18.6493
.3105469	18.36137
.3125	17.25901
.3144531	20.80039
.3164063	15.37569
.3183594	20.57969
.3203125	16.49782
.3222656	13.43662
.3242188	21.67424
.3261719	16.81646
.328125	15.74423
.3300781	17.77788
.3320313	3.976784
.3339844	7.090427

Frequency	Power
.3359375	10.68833
.3378906	8.392388
.3398438	11.60586
.3417969	8.425778
.34375	6.628281
.3457031	6.700478
.3476563	4.980918
.3496094	7.900313
.3515625	6.215912
.3535156	8.316744
.3554688	7.135414
.3574219	6.431988
.359375	7.80669
.3613281	8.504704
.3632813	8.582452
.3652344	6.020762
.3671875	5.977215
.3691406	2.833669
.3710938	2.537691
.3730469	2.751717
.375	1.709125
.3769531	1.718555
.3789063	2.212278
.3808594	1.959996
.3828125	1.668452
.3847656	4.281609
.3867188	3.471458
.3886719	4.184658
.390625	4.1165
.3925781	2.589278
.3945313	2.914628
.3964844	3.329559
.3984375	3.61743
.4003906	2.7385
.4023438	2.602215
.4042969	1.760506
.40625	3.720641
.4082031	3.572238
.4101563	4.376965
.4121094	4.191189
.4140625	2.330308
.4160156	2.400535
.4179688	1.505228
.4199219	1.146926
.421875	.7940058
.4238282	1.054239
.4257813	1.184273
.4277344	1.107238
.4296875	1.867541
.4316407	3.700656
.4335938	3.532858
.4355469	3.471658
.4375	3.069021
.4394532	1.258848
.4414063	1.132556
.4433594	1.986705
.4453125	2.122037
.4472657	1.694944
.4492188	1.758117

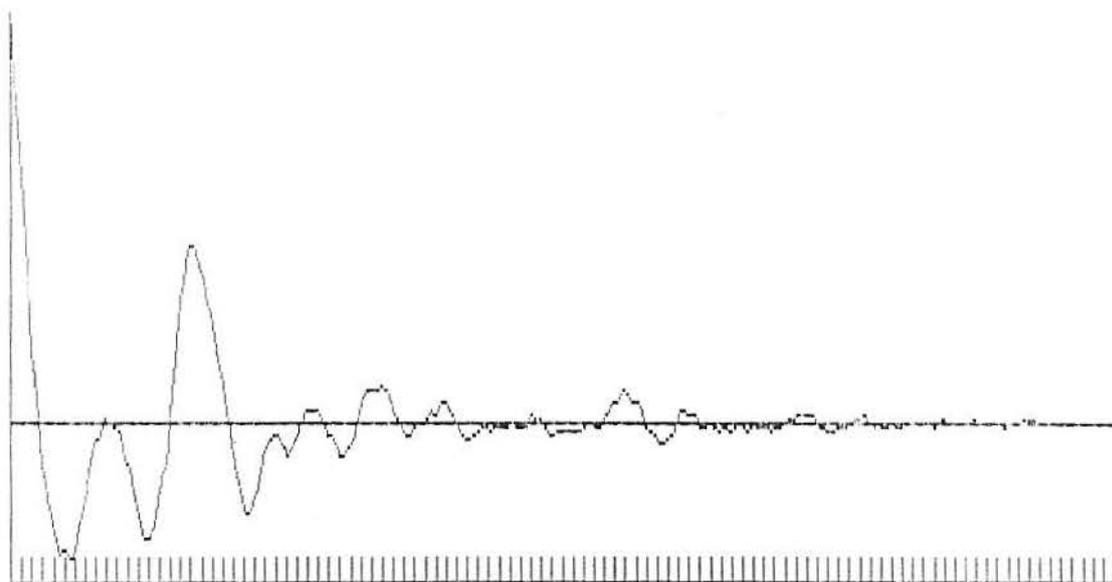
Frequency	Power
.4511719	1.855426
.453125	1.63052
.4550782	1.731837
.4570313	3.700756
.4589844	2.730475
.4609375	3.340721
.4628907	3.223364
.4648438	1.887264
.4667969	1.950751
.46875	1.041485
.4707032	1.533662
.4726563	.9104739
.4746094	1.285443
.4765625	1.413918
.4785157	1.663569
.4804688	1.848109
.4824219	1.791148
.484375	1.939848
.4863282	2.023394
.4882813	1.782931
.4902344	1.604573
.4921875	1.518281
.4941407	1.12133
.4960938	1.815111
.4980469	2.144885
.5	2.144884

ANEXO 8 - Tabela de Valores da Função de Autocorrelação da Série Estágio 2 com Complexo K Amostrado.

Tempo (s)	Amplitude (V)	Frequência (Hz)	Autocorrelação
0.00	0.00	0.00	1.0000
0.05	0.05	0.05	0.9999
0.10	0.10	0.10	0.9998
0.15	0.15	0.15	0.9997
0.20	0.20	0.20	0.9996
0.25	0.25	0.25	0.9995
0.30	0.30	0.30	0.9994
0.35	0.35	0.35	0.9993
0.40	0.40	0.40	0.9992
0.45	0.45	0.45	0.9991
0.50	0.50	0.50	0.9990
0.55	0.55	0.55	0.9989
0.60	0.60	0.60	0.9988
0.65	0.65	0.65	0.9987
0.70	0.70	0.70	0.9986
0.75	0.75	0.75	0.9985
0.80	0.80	0.80	0.9984
0.85	0.85	0.85	0.9983
0.90	0.90	0.90	0.9982
0.95	0.95	0.95	0.9981
1.00	1.00	1.00	0.9980
1.05	1.05	1.05	0.9979
1.10	1.10	1.10	0.9978
1.15	1.15	1.15	0.9977
1.20	1.20	1.20	0.9976
1.25	1.25	1.25	0.9975
1.30	1.30	1.30	0.9974
1.35	1.35	1.35	0.9973
1.40	1.40	1.40	0.9972
1.45	1.45	1.45	0.9971
1.50	1.50	1.50	0.9970
1.55	1.55	1.55	0.9969
1.60	1.60	1.60	0.9968
1.65	1.65	1.65	0.9967
1.70	1.70	1.70	0.9966
1.75	1.75	1.75	0.9965
1.80	1.80	1.80	0.9964
1.85	1.85	1.85	0.9963
1.90	1.90	1.90	0.9962
1.95	1.95	1.95	0.9961
2.00	2.00	2.00	0.9960
2.05	2.05	2.05	0.9959
2.10	2.10	2.10	0.9958
2.15	2.15	2.15	0.9957
2.20	2.20	2.20	0.9956
2.25	2.25	2.25	0.9955
2.30	2.30	2.30	0.9954
2.35	2.35	2.35	0.9953
2.40	2.40	2.40	0.9952
2.45	2.45	2.45	0.9951
2.50	2.50	2.50	0.9950
2.55	2.55	2.55	0.9949
2.60	2.60	2.60	0.9948
2.65	2.65	2.65	0.9947
2.70	2.70	2.70	0.9946
2.75	2.75	2.75	0.9945
2.80	2.80	2.80	0.9944
2.85	2.85	2.85	0.9943
2.90	2.90	2.90	0.9942
2.95	2.95	2.95	0.9941
3.00	3.00	3.00	0.9940
3.05	3.05	3.05	0.9939
3.10	3.10	3.10	0.9938
3.15	3.15	3.15	0.9937
3.20	3.20	3.20	0.9936
3.25	3.25	3.25	0.9935
3.30	3.30	3.30	0.9934
3.35	3.35	3.35	0.9933
3.40	3.40	3.40	0.9932
3.45	3.45	3.45	0.9931
3.50	3.50	3.50	0.9930
3.55	3.55	3.55	0.9929
3.60	3.60	3.60	0.9928
3.65	3.65	3.65	0.9927
3.70	3.70	3.70	0.9926
3.75	3.75	3.75	0.9925
3.80	3.80	3.80	0.9924
3.85	3.85	3.85	0.9923
3.90	3.90	3.90	0.9922
3.95	3.95	3.95	0.9921
4.00	4.00	4.00	0.9920
4.05	4.05	4.05	0.9919
4.10	4.10	4.10	0.9918
4.15	4.15	4.15	0.9917
4.20	4.20	4.20	0.9916
4.25	4.25	4.25	0.9915
4.30	4.30	4.30	0.9914
4.35	4.35	4.35	0.9913
4.40	4.40	4.40	0.9912
4.45	4.45	4.45	0.9911
4.50	4.50	4.50	0.9910
4.55	4.55	4.55	0.9909
4.60	4.60	4.60	0.9908
4.65	4.65	4.65	0.9907
4.70	4.70	4.70	0.9906
4.75	4.75	4.75	0.9905
4.80	4.80	4.80	0.9904
4.85	4.85	4.85	0.9903
4.90	4.90	4.90	0.9902
4.95	4.95	4.95	0.9901
5.00	5.00	5.00	0.9900

ANEXO 9 - Gráfico da Função de Autocorrelação da
Série Estágio 2 com Complexo K Amostrado

ACF ESTAGIO 2 COM COMPLEXO K
Max= 1 Min= -.3291099 Tick length = 5 pts
Hit return to continue
?



ANEXO 10 - Tabela de Valores do Poder do Espectro da Série
Estágio 2 com Fuso

Spectrum of arq54e.dat - fusos series
Degrees of freedom 8

Frequency	Power	
0	785.1672	
1.953125E-03		992.9542
3.90625E-03	1092.997	
5.859375E-03		1490.615
.0078125	841.2498	
9.765625E-03		1779.568
1.171875E-02		2328.121
1.367188E-02		2759.869
.015625	4180.894	
1.757813E-02		3127.569
1.953125E-02		2958.788
2.148438E-02		2816.731
.0234375	1540.503	
2.539063E-02		1940.418
2.734375E-02		1650.087
2.929688E-02		2186.661
.03125	2672.673	
3.320313E-02		2136.562
3.515625E-02		2344.962
3.710938E-02		1124.77
.0390625	641.7777	
4.101563E-02		656.0716
4.296875E-02		326.5127
4.492188E-02		506.4156
.046875	388.0786	
4.882813E-02		456.7727
5.078125E-02		407.2876
5.273438E-02		316.3267
.0546875	286.9728	
5.664063E-02		191.1016
5.859375E-02		234.7611
6.054688E-02		85.61968
.0625	165.4218	
6.445313E-02		236.7275
6.640625E-02		354.7902
6.835938E-02		641.414
.0703125	603.3959	
7.226563E-02		592.6354
7.421875E-02		493.8244
7.617188E-02		378.2752
.078125	376.0188	
8.007813E-02		580.3251
8.203125E-02		498.9826
8.398438E-02		491.9162
.0859375	465.0447	
8.789062E-02		198.1583

Frequency	Power	
8.984375E-02		254.5697
9.179688E-02		97.43082
.09375	164.5724	
9.570312E-02		170.7877
9.765625E-02		321.5268
9.960938E-02		621.3744
.1015625	530.038	
.1035156	520.773	
.1054688	357.8148	
.1074219	239.3225	
.109375	303.0405	
.1113281	379.243	
.1132813	388.7843	
.1152344	220.2102	
.1171875	216.1895	
.1191406	180.0471	
.1210938	338.1543	
.1230469	325.2365	
.125	744.919	
.1269531	1006.396	10,1520 cps
.1289063	805.0821	
.1308594	839.0446	
.1328125	491.3021	
.1347656	327.424	
.1367188	405.7976	
.1386719	429.7665	
.140625	492.6262	11,2500 cps
.1425781	369.7084	
.1445313	360.3375	
.1464844	357.2663	
.1484375	224.9035	
.1503906	341.5386	
.1523438	344.7855	12,1875 cps
.1542969	338.3374	
.15625	282.2729	
.1582031	233.3984	
.1601563	205.0101	
.1621094	187.1732	
.1640625	240.9995	13,125 cps
.1660156	204.8032	
.1679688	297.4221	
.1699219	266.1622	
.171875	274.5299	
.1738281	236.6372	
.1757813	158.9913	
.1777344	155.63	
.1796875	94.83739	
.1816406	111.3352	
.1835938	56.01851	
.1855469	125.1921	
.1875	120.6791	
.1894531	113.6416	
.1914063	112.5961	

Frequency	Power
.1933594	39.52536
.1953125	36.53346
.1972656	61.8253
.1992188	74.31897
.2011719	159.1865
.203125	167.8796
.2050781	136.493
.2070313	147.2988
.2089844	68.94723
.2109375	75.95139
.2128906	68.942
.2148438	57.70285
.2167969	94.63138
.21875	83.3386
.2207031	83.40746
.2226563	59.60912
.2246094	18.77361
.2265625	17.50358
.2285156	13.08776
.2304688	112.0327
.2324219	222.0742
.234375	235.4841
.2363281	260.7754
.2382813	173.3688
.2402344	63.56661
.2421875	79.80314
.2441406	60.54553
.2460938	54.58845
.2480469	48.32869
.25	16.57158
.2519531	28.84137
.2539063	29.30941
.2558594	40.53454
.2578125	40.94013
.2597656	44.20053
.2617188	40.97595
.2636719	68.13965
.265625	110.383
.2675781	125.5705
.2695313	121.1494
.2714844	90.88702
.2734375	51.07456
.2753906	86.35696
.2773438	114.2681
.2792969	145.0127
.28125	156.4155
.2832031	110.0829
.2851563	93.65389
.2871094	58.18795
.2890625	52.21091
.2910156	28.50201
.2929688	42.11634
.2949219	42.42365

Frequency	Power
.296875	47.07064
.2988281	44.82402
.3007813	20.76977
.3027344	27.84011
.3046875	12.55928
.3066406	19.25201
.3085938	19.2089
.3105469	12.29878
.3125	30.93903
.3144531	29.87365
.3164063	35.43191
.3183594	33.94737
.3203125	15.53419
.3222656	12.78598
.3242188	13.70665
.3261719	13.2476
.328125	21.20588
.3300781	25.22364
.3320313	19.67273
.3339844	21.53657
.3359375	31.11623
.3378906	26.00297
.3398438	36.16565
.3417969	46.17599
.34375	32.18762
.3457031	38.44037
.3476563	27.36769
.3496094	13.70982
.3515625	15.69453
.3535156	9.365351
.3554688	10.23818
.3574219	20.16468
.359375	20.70547
.3613281	19.85663
.3632813	19.75528
.3652344	14.77552
.3671875	17.09205
.3691406	66.24136
.3710938	111.1056
.3730469	117.133
.375	130.2311
.3769531	95.92319
.3789063	82.99921
.3808594	86.50901
.3828125	106.0102
.3847656	121.1142
.3867188	152.8292
.3886719	197.1519
.390625	203.4681
.3925781	175.9048
.3945313	154.5432
.3964844	113.2038
.3984375	87.12915
.4003906	114.2461
.4023438	74.95485
.4042969	65.05231
.40625	83.40625
.4082031	67.2518

Frequency	Power
.4101563	93.97017
.4121094	147.8535
.4140625	134.3943
.4160156	140.3213
.4179688	116.6381
.4199219	75.77958
.421875	56.46928
.4238282	59.73056
.4257813	110.3869
.4277344	118.9196
.4296875	137.2651
.4316407	132.6333
.4335938	111.9624
.4355469	103.033
.4375	96.99808
.4394532	83.49704
.4414063	63.01366
.4433594	47.73517
.4453125	54.66761
.4472657	60.11792
.4492188	74.49081
.4511719	87.22047
.453125	101.4035
.4550782	100.5785
.4570313	78.04208
.4589844	78.28391
.4609375	41.24959
.4628907	37.47434
.4648438	29.73311
.4667969	25.48911
.46875	32.94079
.4707032	34.87712
.4726563	44.59947
.4746094	39.17876
.4765625	54.71751
.4785157	59.65231
.4804688	50.03537
.4824219	68.76936
.484375	51.18704
.4863282	39.36074
.4882813	52.79959
.4902344	93.50734
.4921875	125.7446
.4941407	143.8581

ANEXO 11 - Tabela de Valores da Função de Autocorrelação
da Série Estágio 2 com Fuso

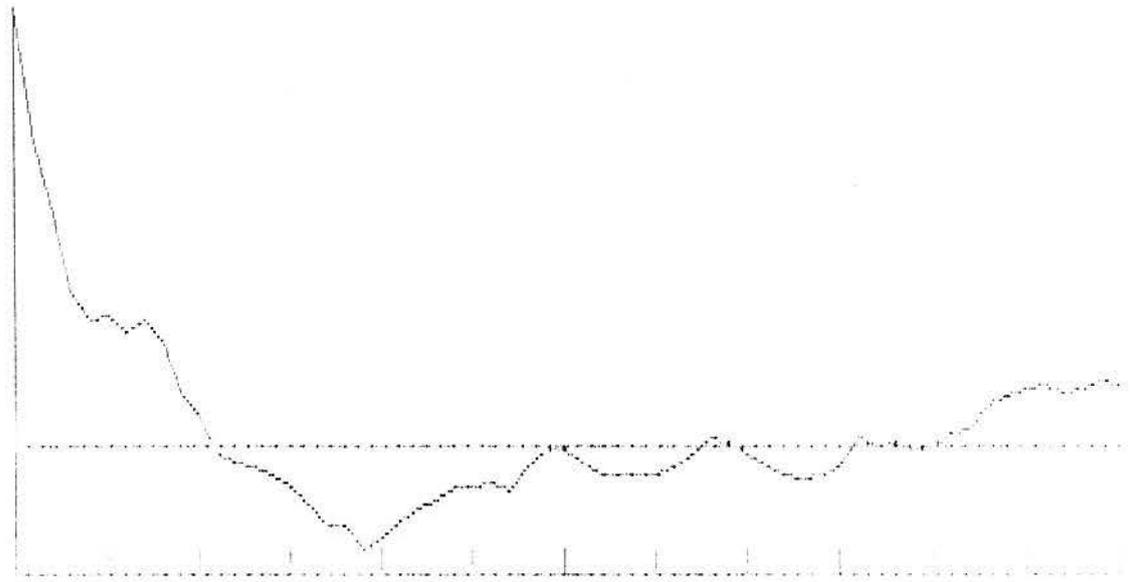
ACF - Estágio 2 - Fuso -
Zero Lag Autocovariance= 308.4059

Lag	Value
0	1
1	.6960944
2	.5403195
3	.3485604
4	.2793508
5	.2933011
6	.2578008
7	.2867682
8	.2331442
9	.1126914
10	6.174144E-02
11	-1.949388E-02
12	-8.873836E-02
13	-5.285929E-02
14	-6.530488E-02
15	-.1015145
16	-.1305549
17	-.1794955
18	-.1801317
19	-.2348076
20	-.2112589
21	-.1675681
22	-.1422286
23	-.1251481
24	-.1010609
25	-9.769787E-02
26	-8.688668E-02
27	-.1055754
28	-5.341919E-02
29	-.0159115
30	-1.351206E-02
31	-4.311103E-02
32	-6.644508E-02
33	-7.165913E-02
34	-7.246953E-02
35	-.0695127
36	-5.326711E-02
37	-2.053519E-02
38	1.600443E-02
39	3.848833E-03

Lag	Value
40	-2.723946E-02
41	-4.996652E-02
42	-7.197148E-02
43	-8.110406E-02
44	-6.978364E-02
45	-5.025549E-02
46	.0176599
47	-3.826828E-04
48	7.62262E-03
49	-1.408604E-02
50	-1.370593E-03
51	2.496763E-02
52	.0321312
53	8.805396E-02
54	.1097727
55	.1228117
56	.1312577
57	.1189409
58	.129839
59	.1416652
60	.1317039

ANEXO 12 - Gráfico da Função de Autocorrelação da Série
Estágio 2 com Fuso Amostrado

ACF estágio 2 - fuso -
Max= 1 Min= -.2348076 Tick length = 5 pts
Hit return to continue
? x



ANEXO 14 - Tabela de Valores da Função de Autocorrelação
da série Estágio 3/4 Amostrado.

Zero Lag Autocovariance = 318.9141

Lag	Autocovariance Value
0	318.9141
1	285.4237
2	251.9333
3	218.4429
4	184.9525
5	151.4621
6	117.9717
7	84.4813
8	50.9909
9	17.5005
10	-16.0101
11	-49.5197
12	-83.0293
13	-116.5389
14	-150.0485
15	-183.5581
16	-217.0677
17	-250.5773
18	-284.0869
19	-317.5965
20	-351.1061
21	-384.6157
22	-418.1253
23	-451.6349
24	-485.1445
25	-518.6541
26	-552.1637
27	-585.6733
28	-619.1829
29	-652.6925
30	-686.2021
31	-719.7117
32	-753.2213
33	-786.7309
34	-820.2405
35	-853.7501
36	-887.2597
37	-920.7693
38	-954.2789
39	-987.7885
40	-1021.2981
41	-1054.8077
42	-1088.3173
43	-1121.8269
44	-1155.3365
45	-1188.8461
46	-1222.3557
47	-1255.8653
48	-1289.3749
49	-1322.8845
50	-1356.3941
51	-1389.9037
52	-1423.4133
53	-1456.9229
54	-1490.4325
55	-1523.9421
56	-1557.4517
57	-1590.9613
58	-1624.4709
59	-1657.9805
60	-1691.4901
61	-1725.0000
62	-1758.5096
63	-1792.0192
64	-1825.5288
65	-1859.0384
66	-1892.5480
67	-1926.0576
68	-1959.5672
69	-1993.0768
70	-2026.5864
71	-2060.0960
72	-2093.6056
73	-2127.1152
74	-2160.6248
75	-2194.1344
76	-2227.6440
77	-2261.1536
78	-2294.6632
79	-2328.1728
80	-2361.6824
81	-2395.1920
82	-2428.7016
83	-2462.2112
84	-2495.7208
85	-2529.2304
86	-2562.7400
87	-2596.2496
88	-2629.7592
89	-2663.2688
90	-2696.7784
91	-2730.2880
92	-2763.7976
93	-2797.3072
94	-2830.8168
95	-2864.3264
96	-2897.8360
97	-2931.3456
98	-2964.8552
99	-2998.3648
100	-3031.8744