

**ENGENHARIA MÉDICA APLICADA – semestre 2/2020**

**Prof. Adenauer G. Casali**

**Semana 3 - Atividade Prática: Extração de Características**

**[Extração de Características:]** No material da semana 3, disponível no Moodle, você encontrará um arquivo do Matlab (“semana3\_eeg.mat”) contendo um registro de EEG (Canal Fp-Cz) obtido durante um exame de polissonografia. Os arquivos contêm 1179 trechos, de 30 segundos cada, armazenados na variável “SINAL” (trechos x tempo). Os trechos são amostrados a 100Hz. No mesmo arquivo você encontrará também um vetor “ESTAGIOS” (trechos x 1) contendo a classificação de cada trecho em estágios de sono (0 = vigília, 1 = estágio 1, 2 = estágio 2, 3 = estágio 3, 4 = estágio 4, 5 = REM).

a) Escreva uma função que recebe como input a variável SINAL e calcula as principais características, estatísticas e espectrais, vistas em aula, para cada um dos trechos do EEG (faça o script de modo que você possa usá-lo no futuro em outros dados). Você pode calcular as características que quiser neste script, mas tente ao menos incluir as seguintes 14 características: média, variância, mobilidade, complexidade estatística, frequência central do espectro, largura de banda do espectro, frequência de margem do espectro, e as potências espectrais normalizadas nas seguintes bandas: delta 1 (0.5 a 2.5Hz), delta 2 (2.5 a 4 Hz), teta 1 (4 a 6Hz), teta 2 (6 a 8Hz), alfa (8 a 12 Hz), beta (12 a 20 Hz) e gama (20 a 45Hz) **[A próxima página exhibe a definição destas características vistas em aula]**

b) Com seu script, gere as características nos sinais da polissonografia e inspecione os seus resultados. Em particular, observe os valores para os estágios correspondentes à vigília e ao sono não-REM de ondas lentas: plote histogramas das distribuições obtidas para características como a mobilidade e complexidade estatística, a potência nas bandas de baixa frequência, a frequência central e a frequência de margem nestas duas condições. O que você pode concluir a partir destes resultados? **[Resultados ilustrativos estão nas páginas finais deste documento]**

## CARACTERÍSTICAS ESTATÍSTICAS E ESPECTRAIS

Seja  $x = \{x_i\}$ , com  $i = 1 \dots N$ , um sinal ergódico, com frequência de amostragem  $f_a$  (Hz) e  $N$  correspondendo ao número total de amostras temporais. Denotamos por  $x' = \{x'_i\}$ ,  $i = 1 \dots N - 1$  a série construída pelas primeiras diferenças do sinal  $x'_i = x_{i+1} - x_i$ . Denotamos por  $x'' = \{x''_i\}$ ,  $i = 1 \dots N - 2$ , a série construída com as diferenças de segunda ordem:  $x''_i = x'_{i+1} - x'_i$ . Por fim, denotamos por  $P(f)$  a densidade espectral de potencia do sinal, sendo  $f$  a correspondente frequência em Hz,  $0 \leq f \leq f_a/2$ .

### 1) Estas são as principais características estatísticas vistas em aula:

#### 1.1) Média

$$\mu_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

#### 1.2) Média retificada

$$\mu_{0R} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x_i|$$

#### 1.3) Variância

$$\sigma_0^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \mu_0)^2$$

#### 1.4) Média das diferenças de primeira ordem

$$\mu_1 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} x'_i$$

#### 1.5) Variância das diferenças de primeira ordem

$$\sigma_1^2 = \frac{1}{N-2} \sum_{i=1}^{N-1} (x'_i - \mu_1)^2$$

#### 1.6) Média das diferenças de segunda ordem

$$\mu_2 = \frac{1}{N-2} \sum_{i=1}^{N-2} x''_i$$

#### 1.7) Variâncias das diferenças de segunda ordem

$$\sigma_2^2 = \frac{1}{N-3} \sum_{i=1}^{N-2} (x''_i - \mu_2)^2$$

#### 1.8) Mobilidade estatística

$$M = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_0^2}$$

#### 1.9) Complexidade estatística

$$C = \sqrt{\frac{\sigma_2^2}{\sigma_1^2} - \frac{\sigma_1^2}{\sigma_0^2}}$$

**2) Estas são as principais características espectrais vistas em aula:**

2.1) Potência normalizada por bandas de frequência

$$PER_{banda} = \frac{\sum_{f \in banda} P(f)}{\sum P(f)}$$

2.2) Frequência central

$$f_c = \frac{\sum f P(f)}{\sum P(f)}$$

2.3) Potência na frequência central

$$P(f_c)$$

2.4) Índice de largura de banda

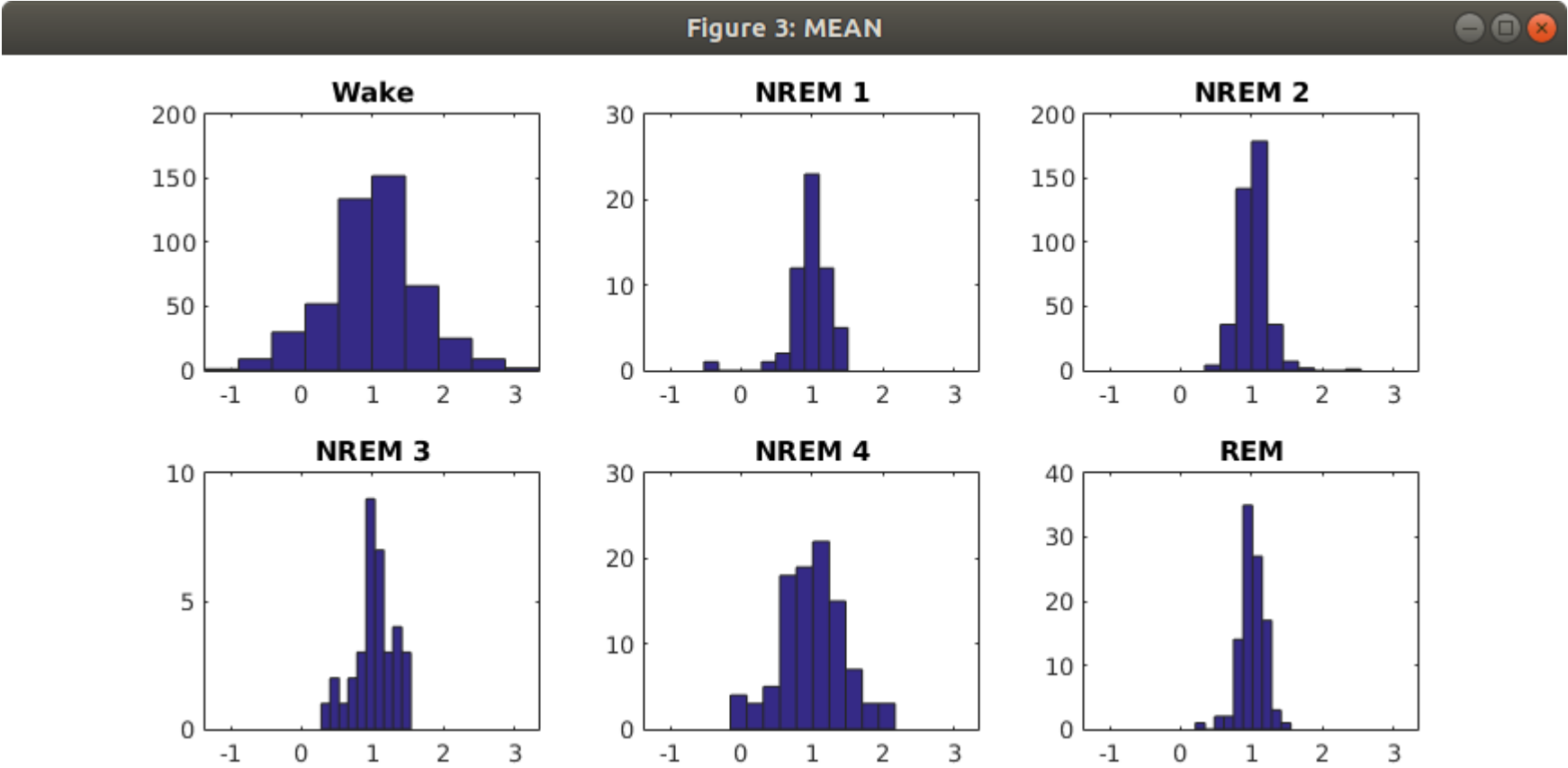
$$ILB = \sqrt{\frac{\sum f (f - f_c)^2 P(f)}{\sum P(f)}}$$

2.5) Frequência de Margem

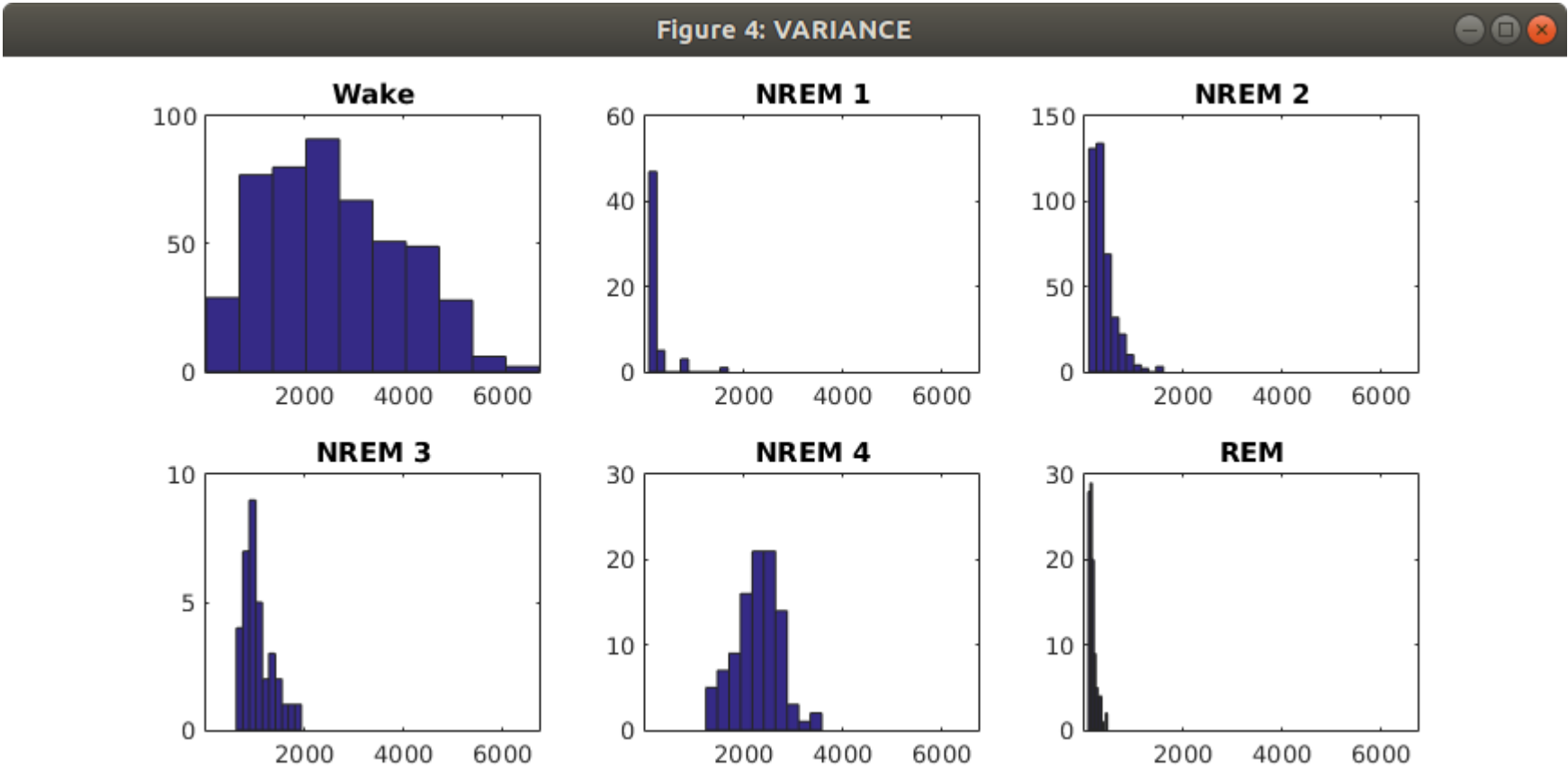
$$f_{\omega} = \underset{\omega}{\operatorname{argmin}} \left( \frac{\sum_{f=0}^{\omega} P(f)}{\sum P(f)} > 0.9 \right)$$

**ATENÇÃO:** Os resultados das próximas páginas são meramente ilustrativos.  
Eles podem variar ligeiramente dependendo do método espectral utilizado.

# Distribuições para a característica "Media"

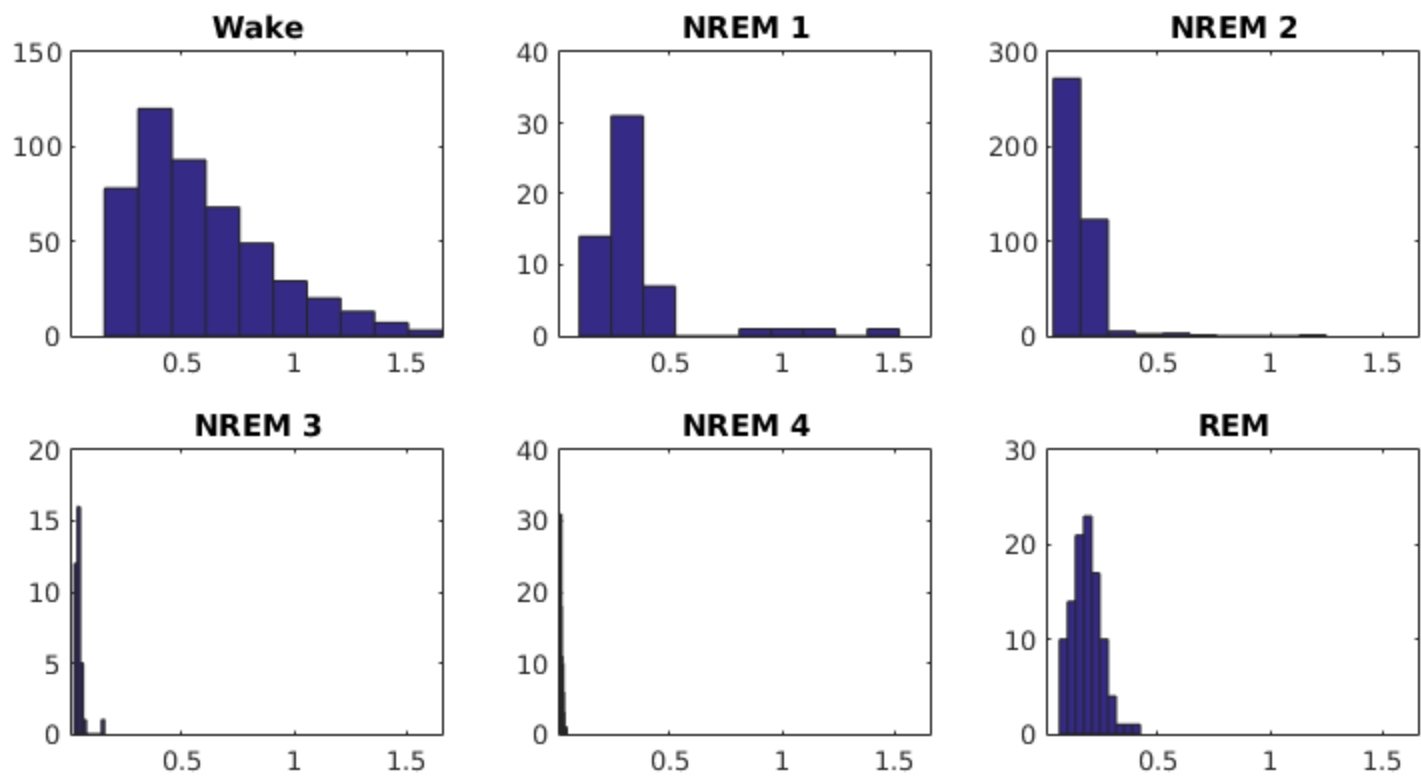


# Distribuições para a característica "Variância"



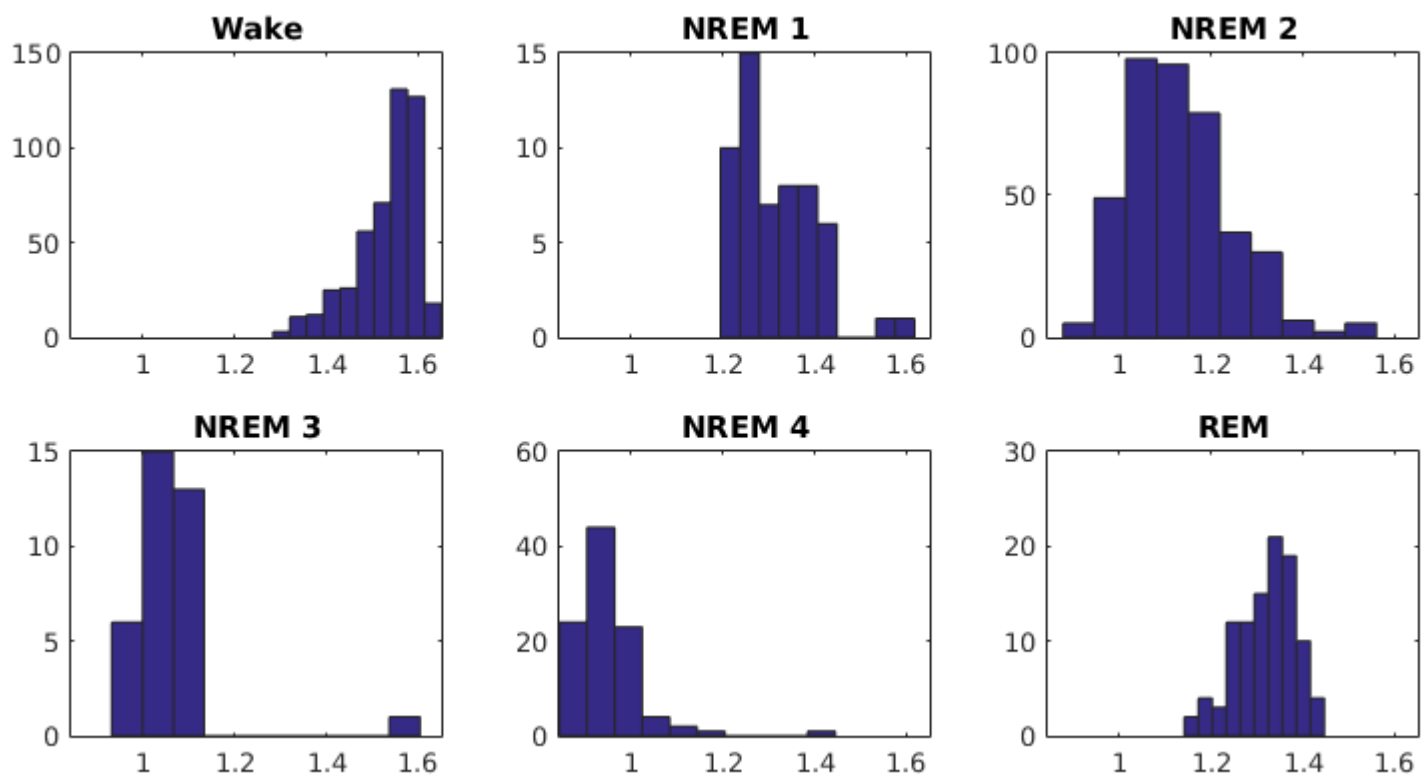
# Distribuições para a característica "Mobilidade"

Figure 1: MOBILITY



# Distribuições para a característica "Complexidade"

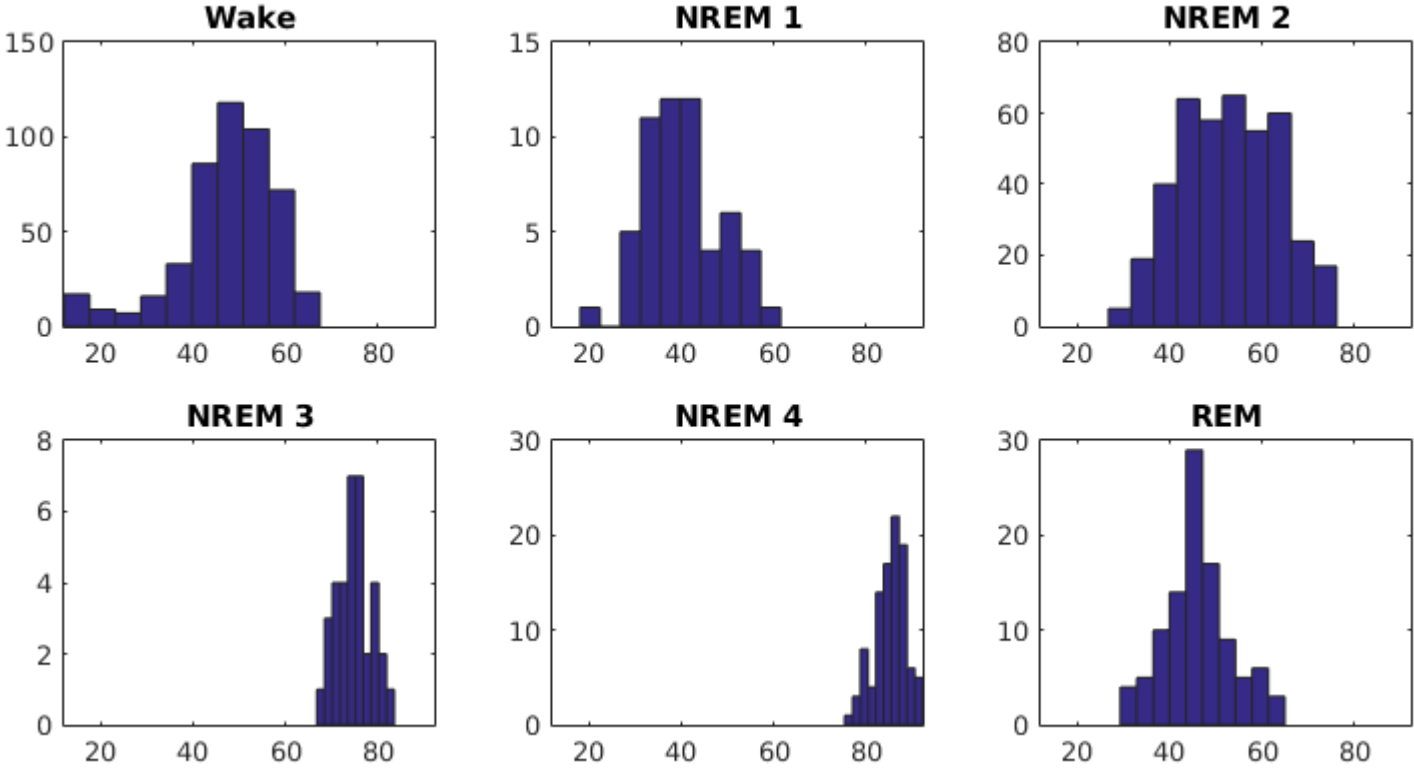
Figure 6: COMPLEXITY





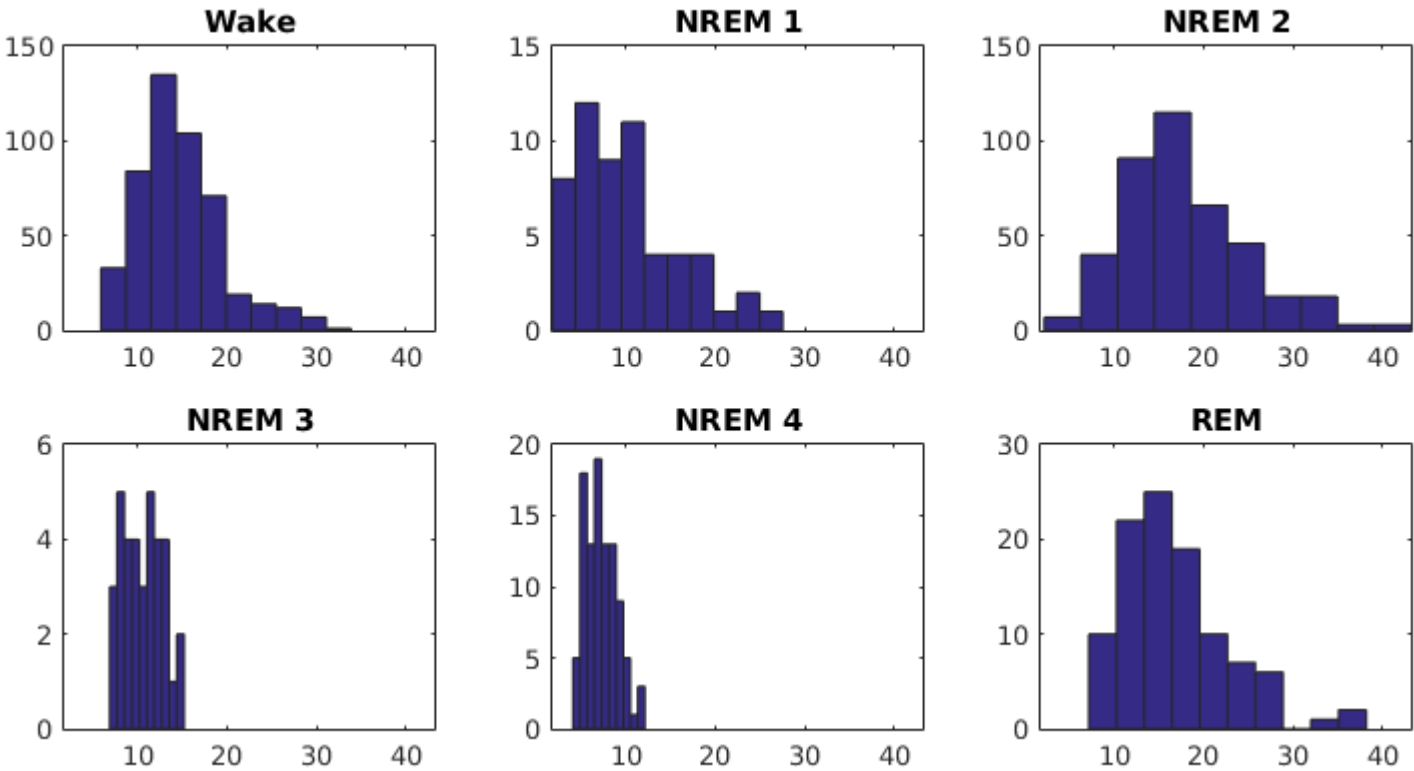
# Distribuições para a característica "Potência (%) banda Delta 1"

Figure 7: Power(%) Delta 1



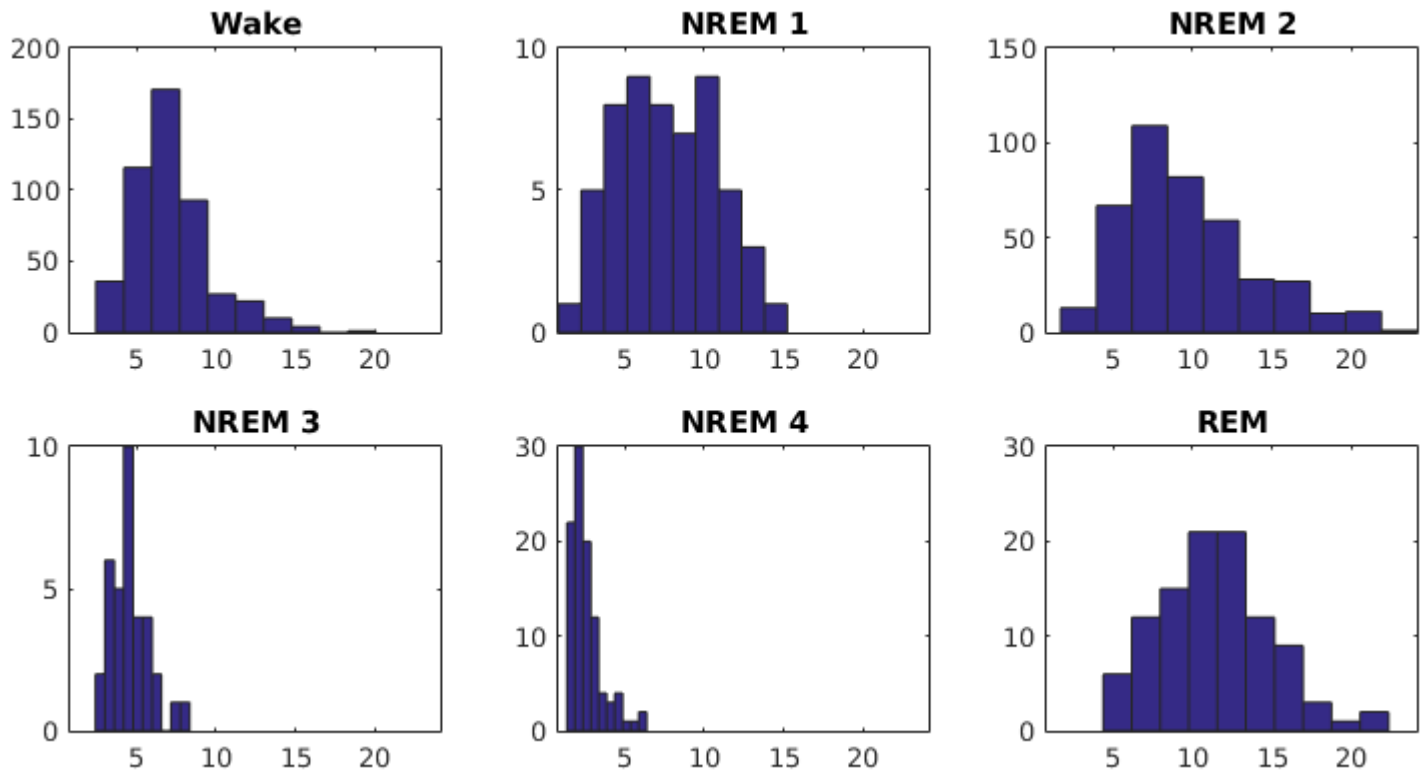
# Distribuições para a característica "Potência (%) banda Delta 2"

Figure 8: Power(%) Delta 2



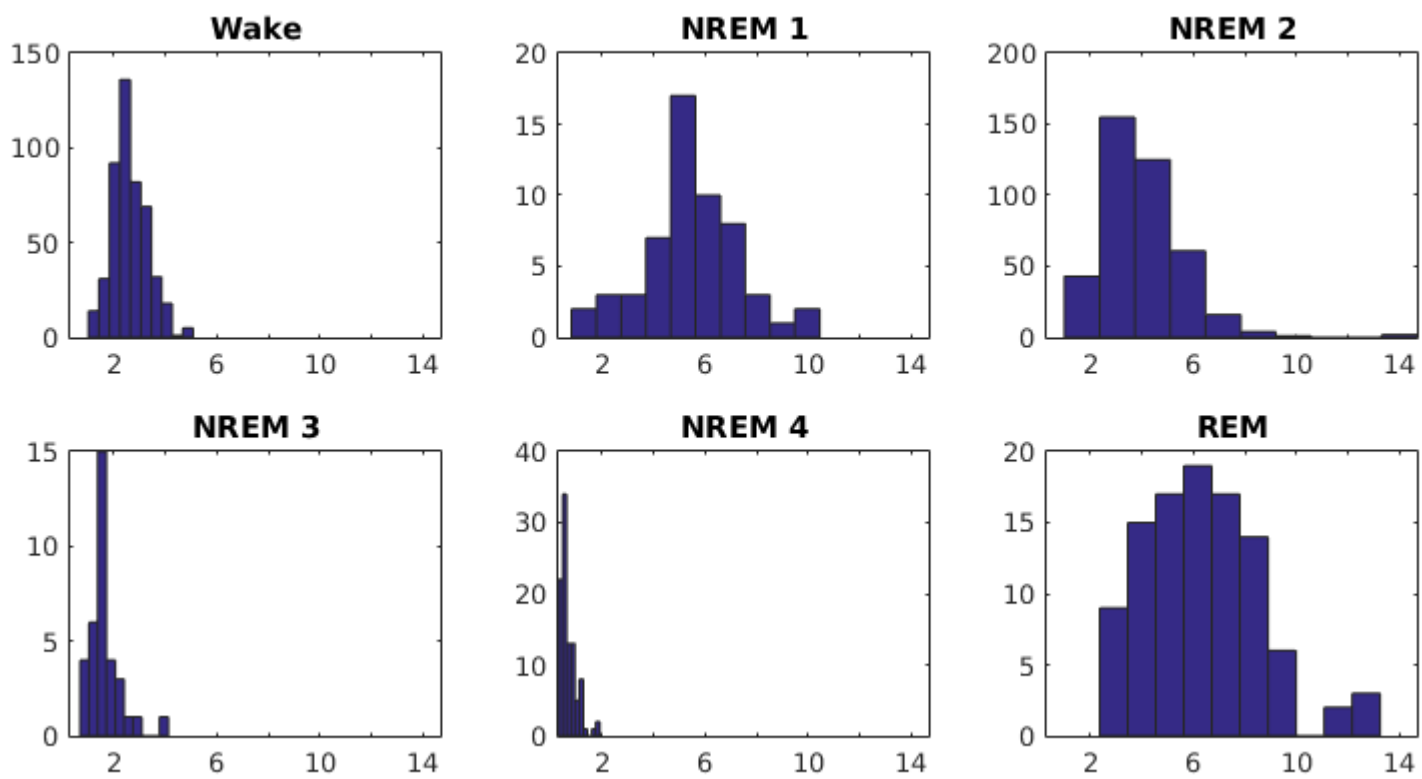
# Distribuições para a característica "Potência (%) banda Theta 1"

Figure 9: Power(%) Theta 1



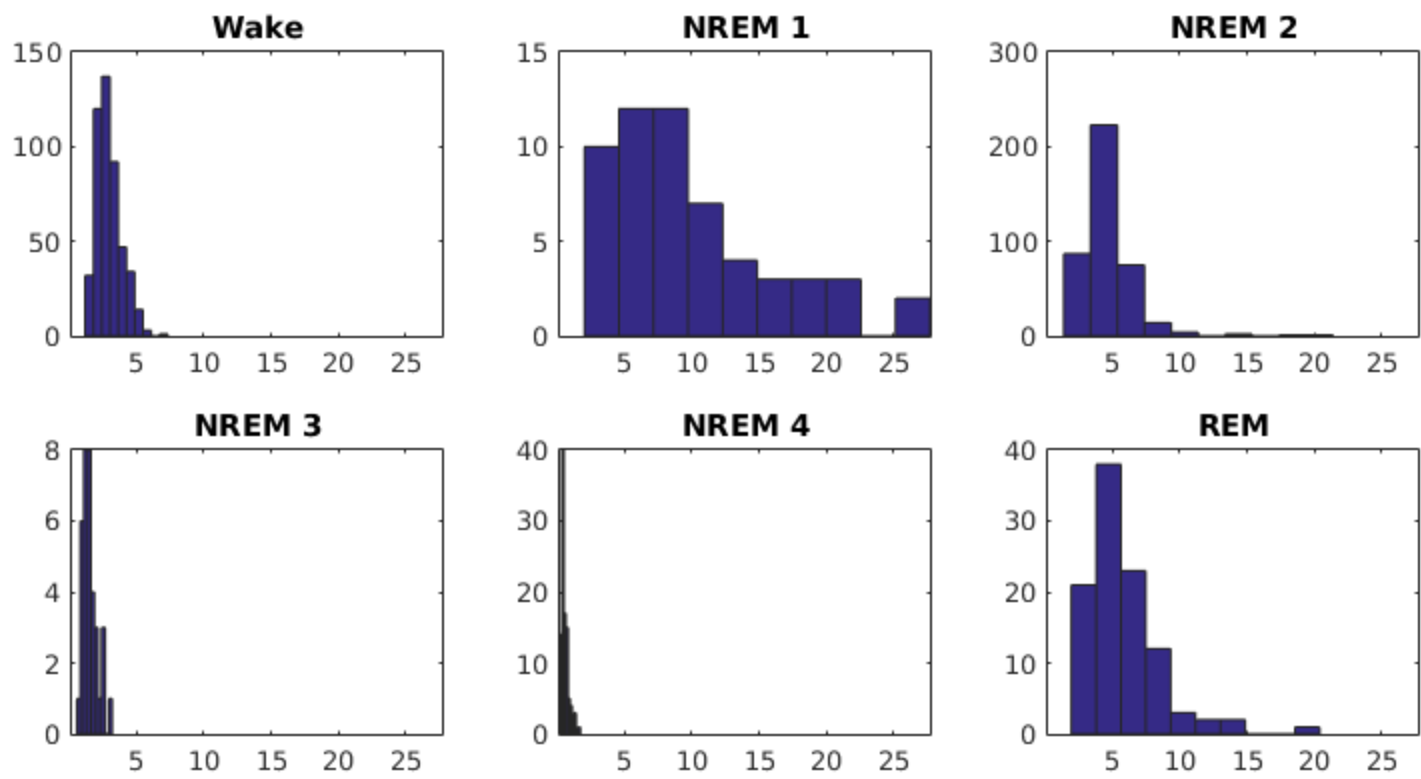
Distribuições para a característica "Potência (%) banda Theta 2"

Figure 10: Power(%) Theta 2



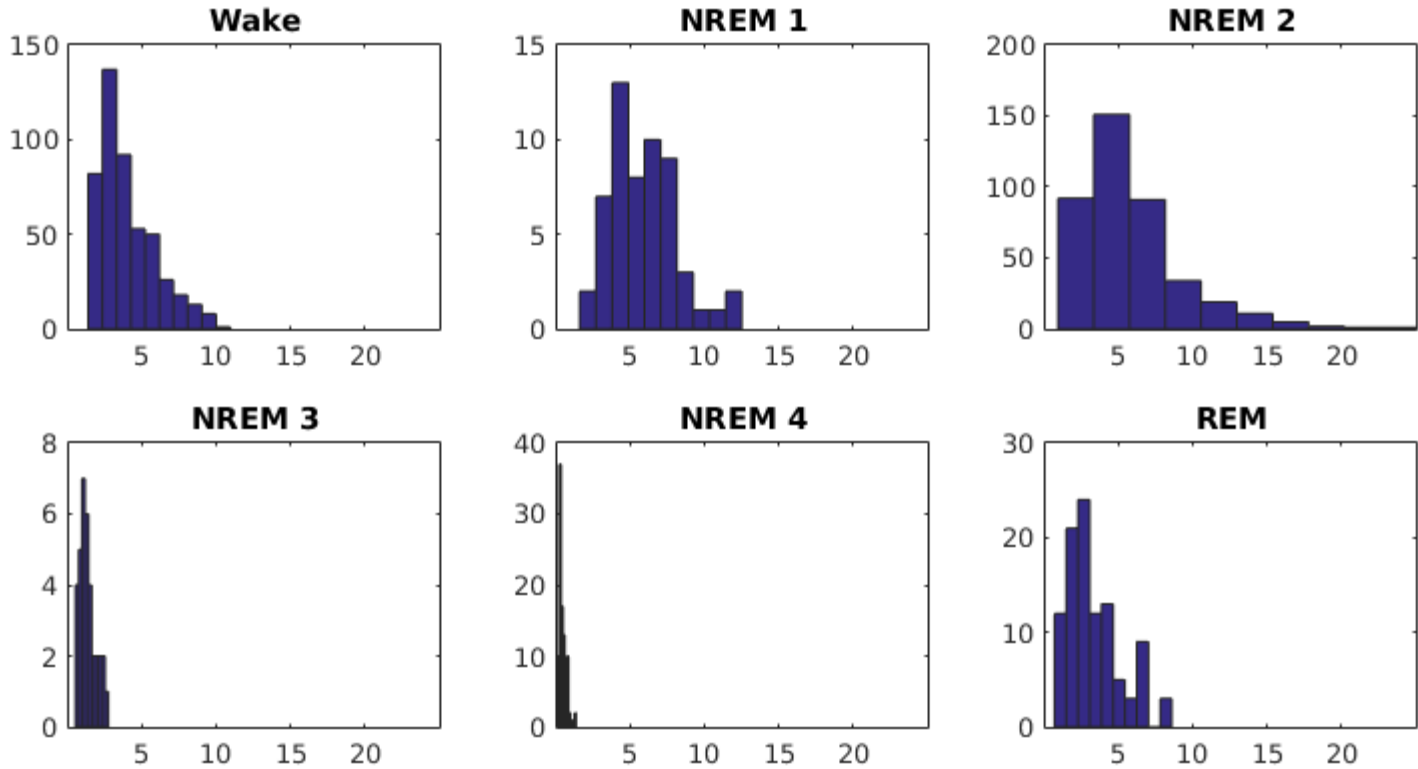
# Distribuições para a característica "Potência (%) banda Alpha"

Figure 11: Power(%) Alpha



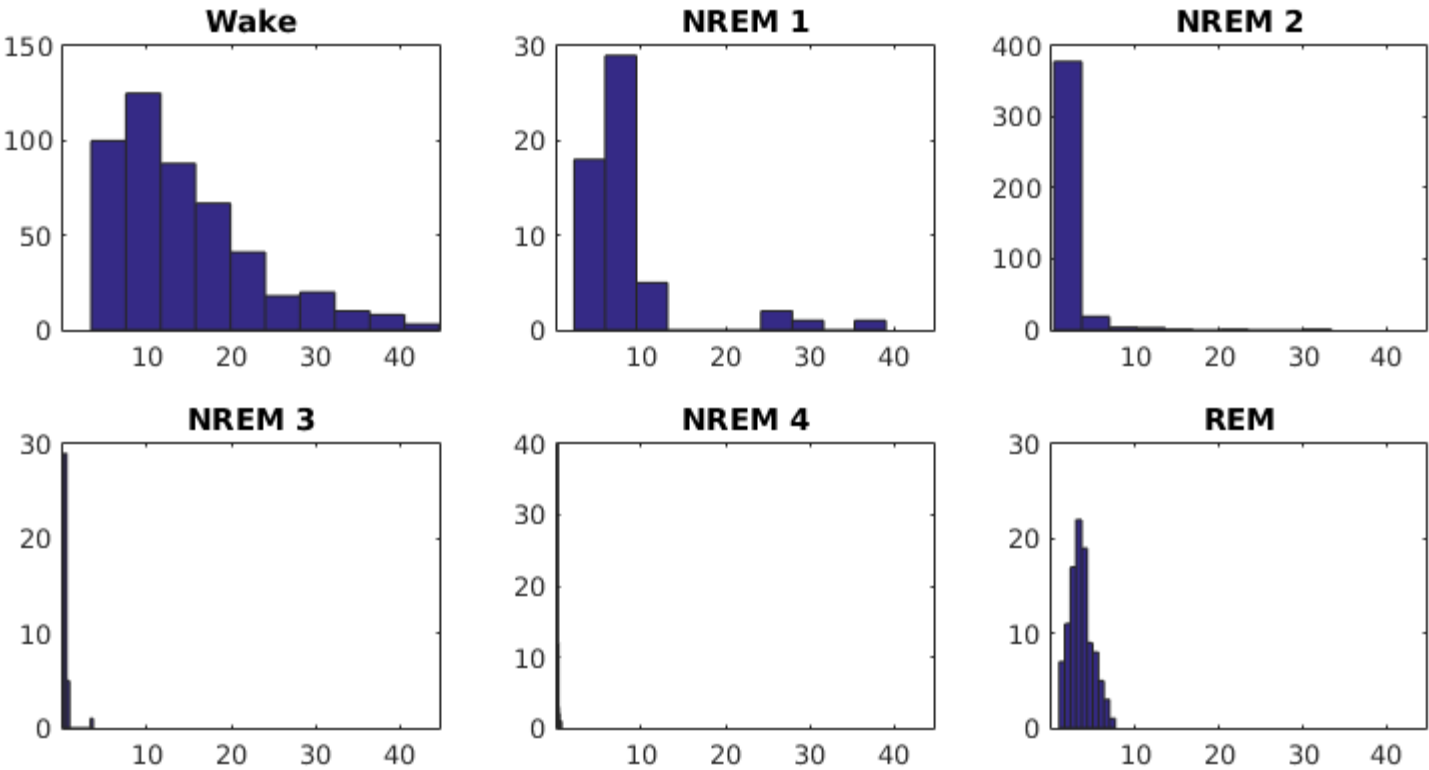
Distribuições para a característica "Potência (%) banda Beta"

Figure 12: Power(%) Beta



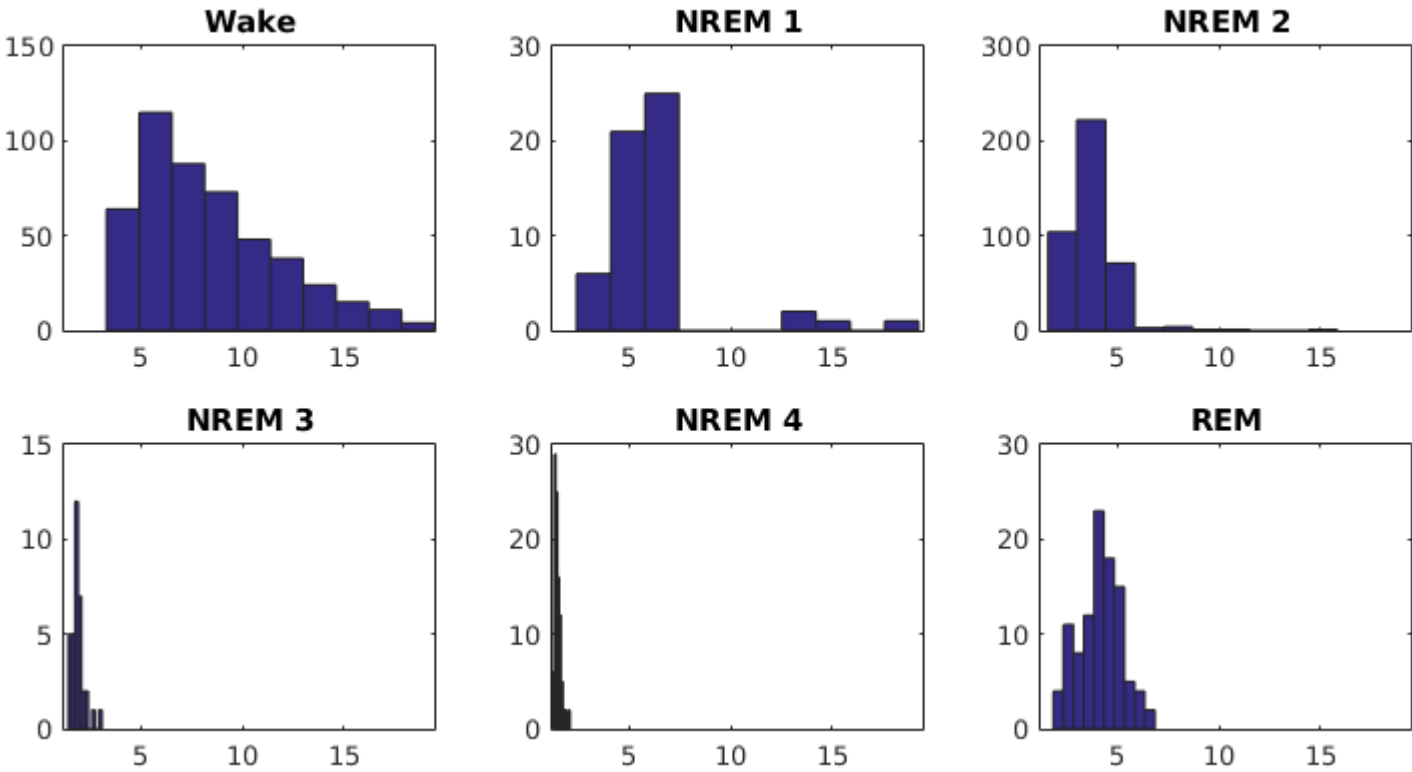
# Distribuições para a característica "Potência (%) banda Gamma"

Figure 13: Power(%) Gamma



# Distribuições para a característica "Frequência Central"

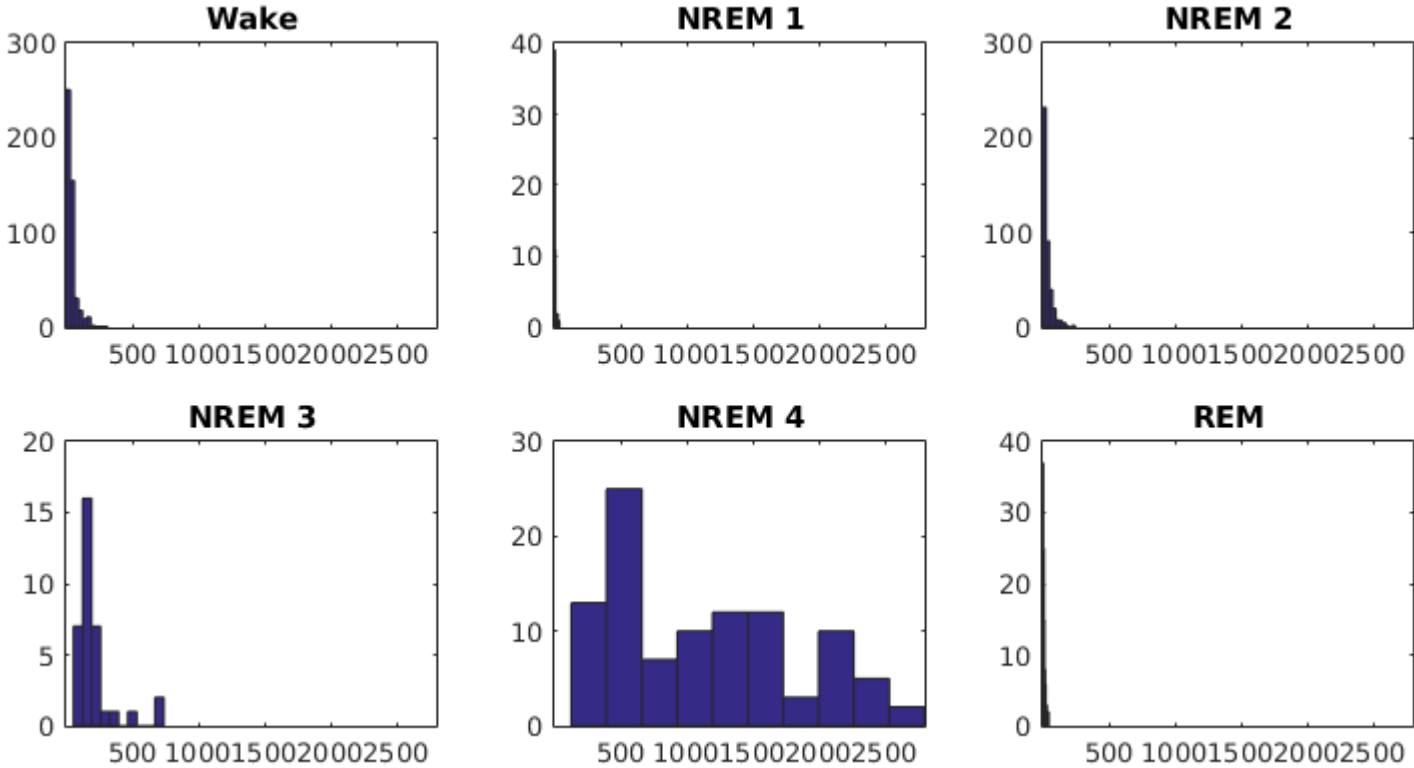
Figure 14: Central Frequency





# Distribuições para a característica "Potência na Frequência Central"

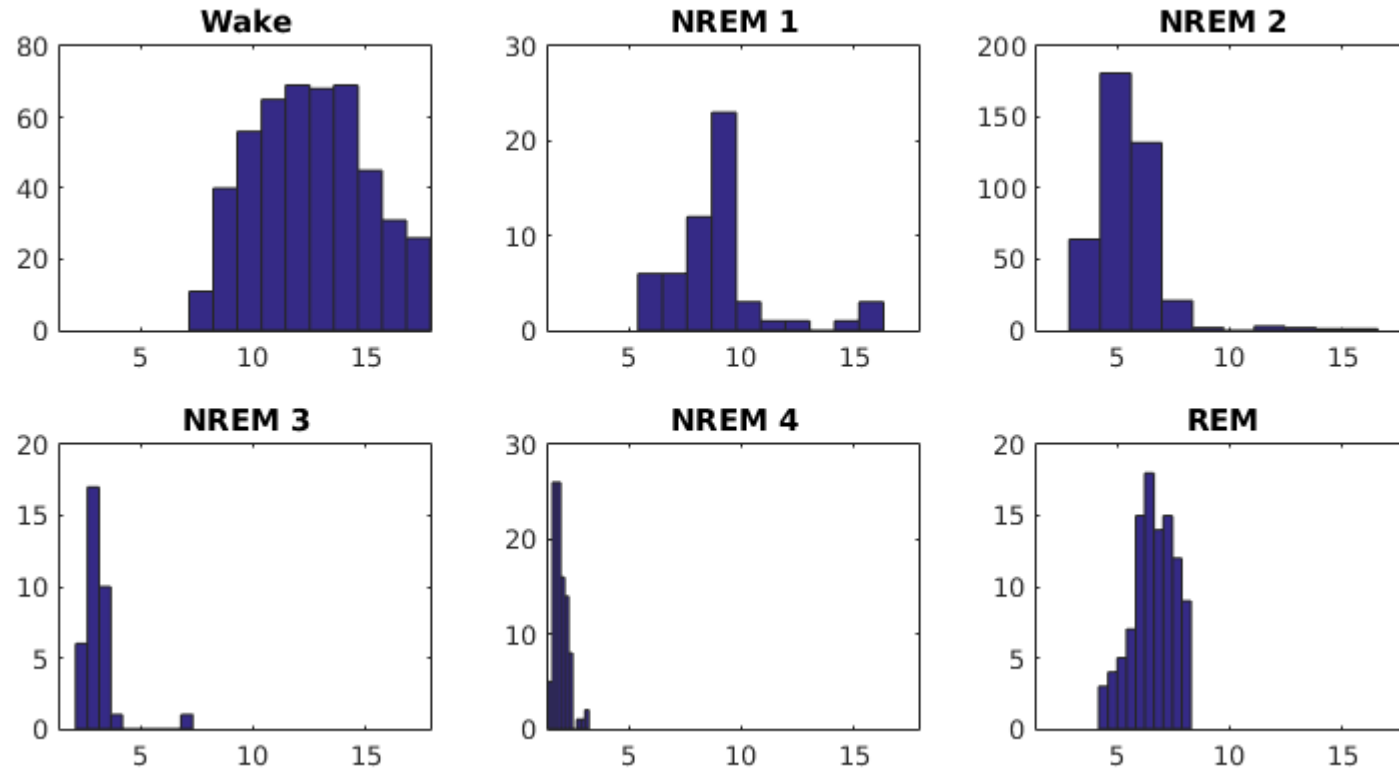
Figure 16: Central Frequency Power



## Distribuições para a característica "Largura de Banda"

$$\sqrt{\frac{\sum_f (f - f_c)^2 P(f)}{\sum P(f)}}$$

Figure 1: Bandwidth



# Distribuições para a característica "Frequência de Margem"

Figure 17: Spectral Edge Frequency

