

ECGLAB

Projeto de Iniciação Científica (PIBIC-CNPq) de João Luiz Azevedo de Carvalho (Eng. Elétrica), orientado pelos Profs. Adson Ferreira da Rocha (Eng. Elétrica) e Luiz Fernando Junqueira Jr. (Medicina). Universidade de Brasília, 2000-2001.

1. Sobre o ECGLAB

O ECGLAB é um software desenvolvido especialmente para a análise de sinais de variabilidade da frequência cardíaca. Ele deve ser usado como um toolbox para o MATLAB 5.3, da MathWorks, requerindo que as seguintes toolboxes estejam instaladas: Signal Processing, Image Processing, Splines, System Identification e Statistics. Seu vídeo deve estar configurado em resolução 1024x768. Assim, o ECGLAB está dividido em diversos módulos:

1. ECGFilt

- abre sinais de ECG gravados no padrão do ECGCapt (vide apêndice A);
- permite a visualização do ECG e a filtragem para remoção de ruído de 60Hz, ruído muscular (EMG) e oscilação da linha de base.

2. ECGLabRR

- faz a marcação automática das ondas R, permitindo correção manual;
- faz uma marcação prévia de supostos batimentos ectópicos. O usuário deve verificar essa marcação e corrigir eventuais erros;
- mede os intervalos R-R.

3. OutliersRR

- mostra graficamente a série de intervalos obtida a partir da marcação no módulo anterior;
- permite também importar séries de intervalos em arquivo texto (vide formato no capítulo 5) e salvá-los no padrão do ECGLAB para utilização da série em outros módulos.
- faz detecção automática dos outliers estatísticos;
- permite observar e marcar batimentos anormais que passaram despercebidos durante a marcação dos batimentos ectópicos no módulo anterior;
- permite selecionar apenas um trecho da série de intervalos.

4. TemporalRR

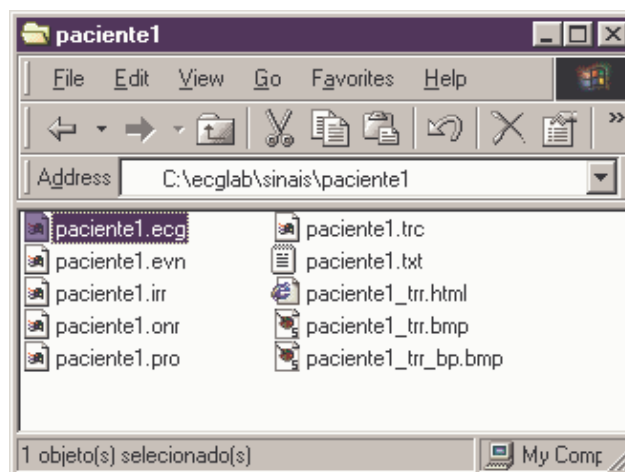
- apresenta o intervalograma em função do tempo e em função dos índices dos batimentos;
- apresenta índices estatísticos e temporais, incluindo r-MSSD, pNN50, e coeficiente de variação;
- determina se o sinal é estacionário;
- permite escrever um prontuário contendo informações sobre o paciente em questão.

5. EspectralRR

- faz a análise espectral do sinal R-R, através de diversos métodos;
- permite dividir o espectro de potência em 3 bandas, retornando a energia em cada banda e a razão baixas frequências/altas frequências;

- calcula o espectro de potência através da Transformada de Fourier, do modelo auto-regressivo ou do método de Lomb. Para os 2 primeiros, pode-se trabalhar com a série de intervalos normais, a série de intervalos corrigida ou com o sinal obtido através da interpolação por splines;
 - pode-se trabalhar com o período cardíaco instantâneo (HP) ou com a frequência cardíaca instantânea (HR);
 - é possível escolher dentre cinco tipos diferentes de janela, que atuam como filtros para o espectro de potência.
6. SequencialRR
- faz a análise da tendência seqüencial de variação dos intervalos R-R;
 - calcula a porcentagem de diferenças em cada quadrante e também de diferenças nulas.
7. PoincareRR
- apresenta o plot de Poincaré da série de intervalos;
 - calcula os desvios vertical e longitudinal em relação à reta de regressão ou à reta de identidade;
 - calcula a razão entre os desvios, a área da elipse formada por estes, e os coeficientes de regressão e correlação;
 - calcula a estatística das séries de intervalos nos percentis 10, 25, 50, 75 e 90.
8. ECGLabQT
- permite marcar as ondas Q e T no ECG;
 - é necessário que tenha sido feita previamente a marcação das ondas R no módulo ECGLabRR;
 - calcula os intervalos QT_o e QT_c;
 - a série de intervalos QT_c pode ser analisada da mesma forma que se analisou as séries de intervalos R-R, usando os módulos OutliersQT, TemporalQT, EspectralQT, SequencialQT e PoincareQT.

Os módulos de análise geram relatórios em formato HTML, sendo recomendado o uso do MS-Internet Explorer para impressão dos resultados. Os arquivos com os relatórios, bem como os gráficos gerados ficarão gravados no mesmo diretório onde se encontra o sinal analisado.

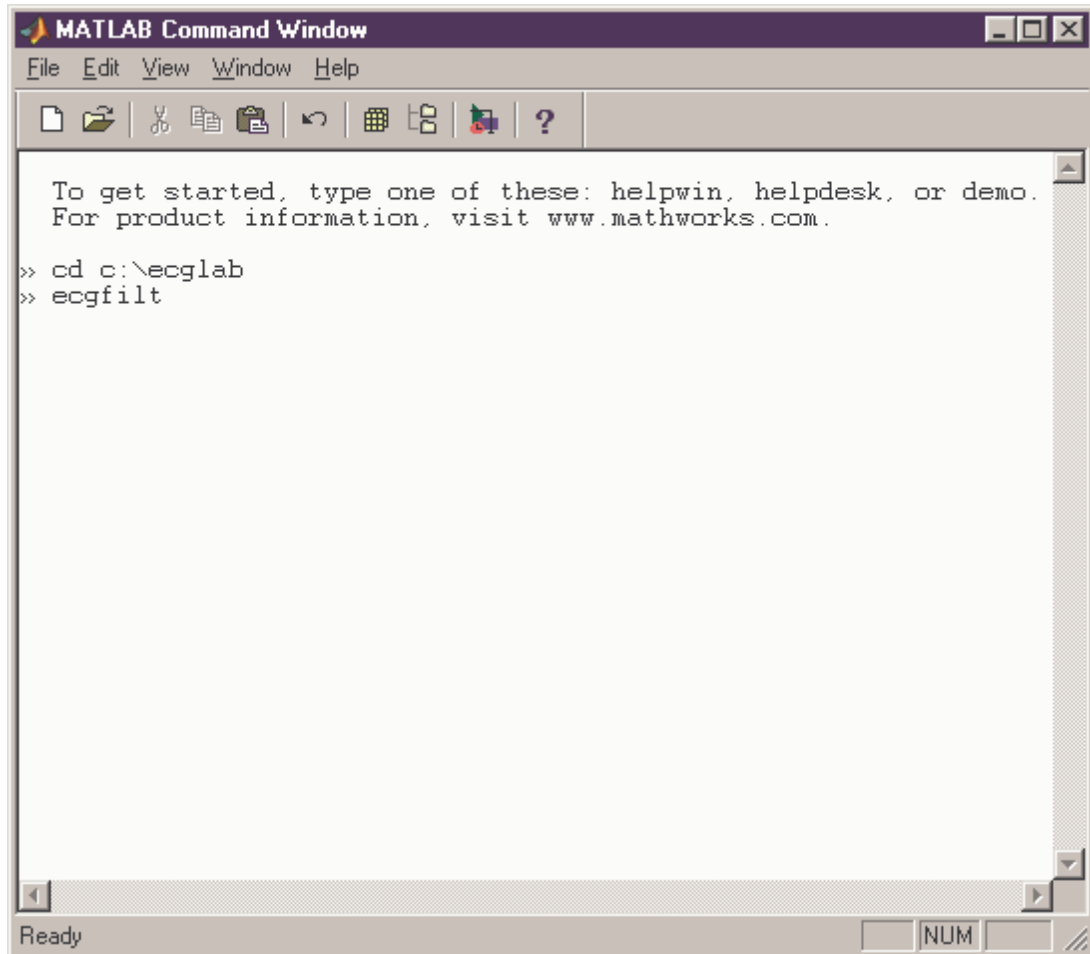


2. Instalando o ECGLAB

Para instalar o ECGLAB, crie um diretório chamado 'c:\ecg_lab' e copie os arquivos para dentro dele. Copie seus arquivos contendo sinais de ECG, séries de intervalos R-R e séries de intervalos Q-T para o diretório 'c:\ecg_lab\sinais'.

Para rodar o programa, abra o MATLAB 5.3 e digite: **cd c:\ecglab**

A seguir, digite o nome do módulo que se deseja usar. Recomenda-se seguir os passos descritos no capítulo 1. Cada módulo será descrito em detalhes nos capítulos a seguir.



The image shows a screenshot of the MATLAB Command Window. The title bar reads "MATLAB Command Window". The menu bar includes "File", "Edit", "View", "Window", and "Help". Below the menu bar is a toolbar with various icons. The main text area contains the following text:

```
To get started, type one of these: helpwin, helpdesk, or demo.  
For product information, visit www.mathworks.com.  
  
>> cd c:\ecglab  
>> ecgfilt
```

The status bar at the bottom left shows "Ready" and the bottom right shows a "NUM" button.

Dica: se quando está se observando um gráfico, e deseja-se remover a grade tracejada que ajuda a visualizar a escala, isso pode ser feito também nesta janela de comando. Para isso, basta digitar o comando “**grid off**”.

3. Módulo ECGFilt

Para iniciar o módulo ECGFilt, abra o MATLAB e digite:

```
cd c:\ecglab
ecgfilt
```

Para abrir um sinal de ECG, digite, no campo indicado, o caminho e nome do arquivo de ECG que se deseja abrir. Clique então no botão 'Abrir'. Se aparecer uma mensagem de erro, verifique se o diretório, o nome do arquivo e a extensão estão corretos e tente novamente.

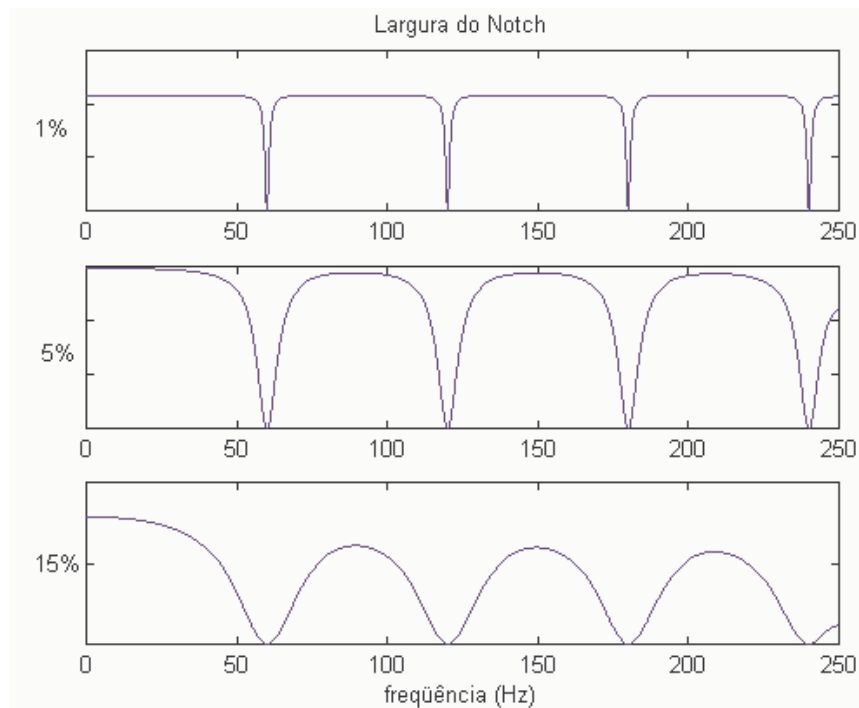
Nota: Quando o arquivo de ECG é aberto, o ECGLAB-RR grava um arquivo com extensão '.evn', contendo a posição no tempo dos eventos encontrados no ECG, usando formato ponto flutuante de 32 bits.



O objetivo neste módulo é, através de filtrações sucessivas, remover o ruído de 60 Hz da rede elétrica, o ruído muscular (EMG) e a oscilação da linha da base. Para isso três filtros diferentes podem ser usados.

O primeiro passo deve ser remover o ruído de 60 Hz da rede elétrica, presente infelizmente em quase todas as aquisições de ECG. Para isso será usado um filtro notch, que é um filtro que deixa passar as componentes de todas as frequências, menos a componente de 60 Hz e suas harmônicas (120 Hz, 180 Hz, 240 Hz, etc.). No campo largura do notch, o usuário pode determinar a faixa de rejeição na zona de 60 Hz. Com valores próximos de 1%, apenas as

componentes de exatamente 60 Hz são afetadas. Apesar de ser a solução ideal, isso pode não ser o suficiente para remover toda interferência da rede elétrica. Se for o caso, tente abrir novamente o ECG (botão “ABRIR”), aumentar a largura do notch e filtrar novamente. Se for usada uma largura muito grande, o filtro passa a rejeitar uma faixa muito grande de frequência, o que pode distorcer o sinal. Se isso acontecer, tente abrir novamente o ECG (botão “ABRIR”), diminuir a largura do notch e filtrar novamente. Quando se chegar a um bom resultado, salve o sinal obtido, clicando no botão “SALVAR”.



O passo seguinte é a remoção do ruído muscular, que tem componentes a partir de 20 Hz. Portanto, para eliminar esse ruído, deve-se aplicar um filtro passa-baixas com frequência de corte em torno de 35 Hz. Usando valores mais próximos a 20 Hz, começa-se a filtrar também parte do sinal de ECG, o que faz com que seu traçado fique distorcido. Filtrando em frequências mais altas, pode não se conseguir o resultado desejado. Se isso acontecer, tente abrir novamente o ECG (botão “ABRIR”), mudar a frequência de corte do filtro passa-baixas e filtrar novamente (botão “Filtrar EMG”). Quando se chegar a um bom resultado, salve o sinal obtido, clicando no botão “SALVAR”.

Uma vez removido o ruído, resta agora atenuar a oscilação da linha de base. Como essa oscilação é de baixa frequência, esse processo será feito com um filtro passa-altas com frequência de corte em torno de 0.1 Hz. Novamente, com valores muito pequenos pode não se conseguir o resultado desejado. Mas com valores grandes (próximos a 1 Hz), começa-se a distorcer o traçado do ECG. Se isso acontecer, tente abrir novamente o ECG (botão “ABRIR”), mudar a frequência de corte do filtro passa-altas e filtrar novamente (botão “Filtrar linha de base”). Quando se chegar a um bom resultado, salve o sinal obtido, clicando no botão “SALVAR”.

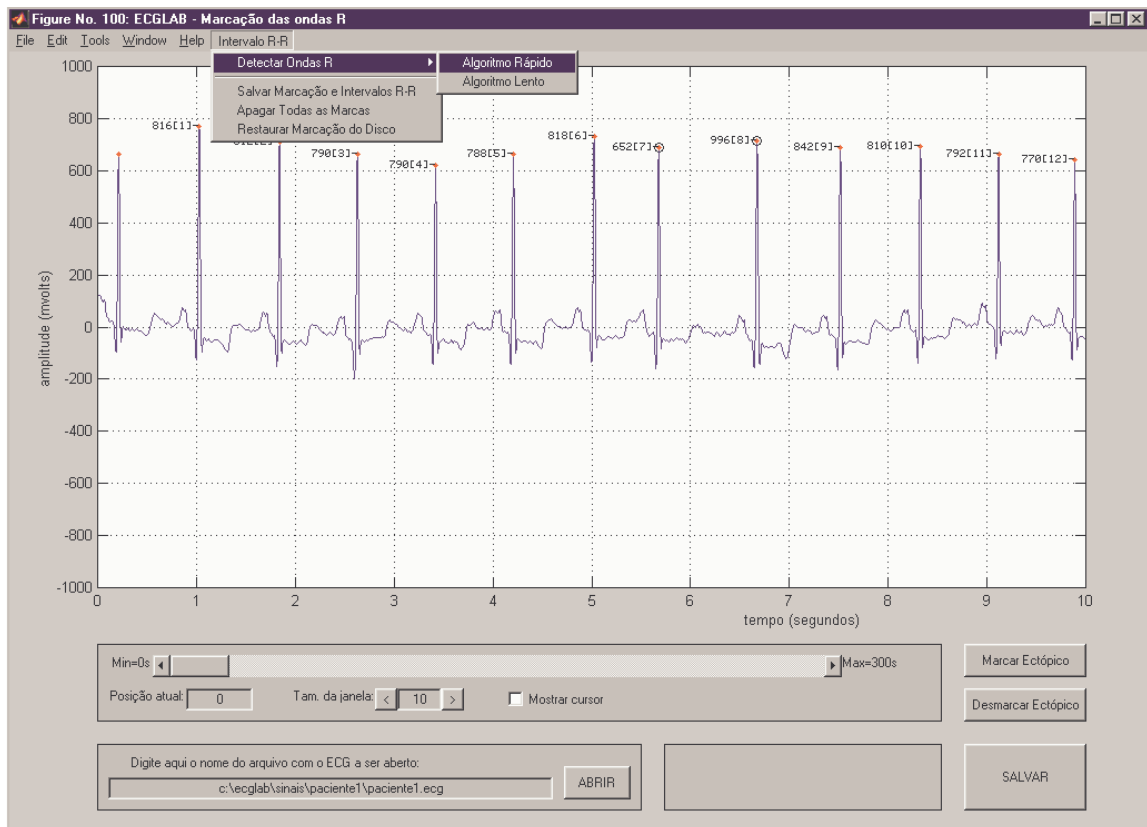
Nota: Os filtros passa-altas e passa-baixas são filtros Butterworth de 2ª ordem. O filtro notch é construído pela técnica de colocação de pólos e zeros. A fase zero nos três filtros é conseguida com a técnica de filtragem forward/reverse.

4. Módulo ECGLabRR

Para iniciar o módulo ECGLabRR, na tela de comando do MATLAB digite:

```
cd c:\ecglab  
ecglabRR
```

Para abrir um sinal de ECG, digite, no campo indicado, o caminho e nome do arquivo de ECG que se deseja abrir. Clique então no botão 'Abrir'. Se aparecer uma mensagem de erro, verifique se o diretório, o nome do arquivo e a extensão estão corretos e tente novamente.



Uma vez aberto um ECG, clique no menu “Intervalo R-R” e a seguir na opção “Detectar Ondas R”. Deve-se então escolher um dos dois algoritmos para a detecção. O algoritmo rápido é de fato bem mais eficiente em termos de velocidade, porém o algoritmo lento faz uma detecção consideravelmente melhor em sinais com bastante ruído. Sugere-se que se faça primeiro um teste com o algoritmo rápido. Se a marcação não for eficiente para o ECG em questão, teste então o algoritmo lento.

Escolhido o algoritmo, o ECGLAB iniciará a detecção automática do complexo QRS e, finalmente, das ondas R. Obs: Este processo é demorado, e não é possível utilizar o MATLAB enquanto a detecção não terminar. Qualquer operação realizada no MATLAB enquanto a detecção é realizada pode fazer com o que a função trave ou que a detecção seja feita de forma errada. Porém, é possível usar outros softwares, que não o MATLAB,

normalmente enquanto a detecção ocorre. Para interromper o processo, tecle CTRL-C e reinicie o ECGLabRR.

Quando a detecção acabar, aparecerá uma mensagem dizendo que a detecção foi concluída com sucesso e devem aparecer pequenos pontos vermelhos sobre as ondas R do ECG. Salve então a marcação com a opção “Salvar Marcação e Intervalos R-R” no menu “Intervalo R-R”.

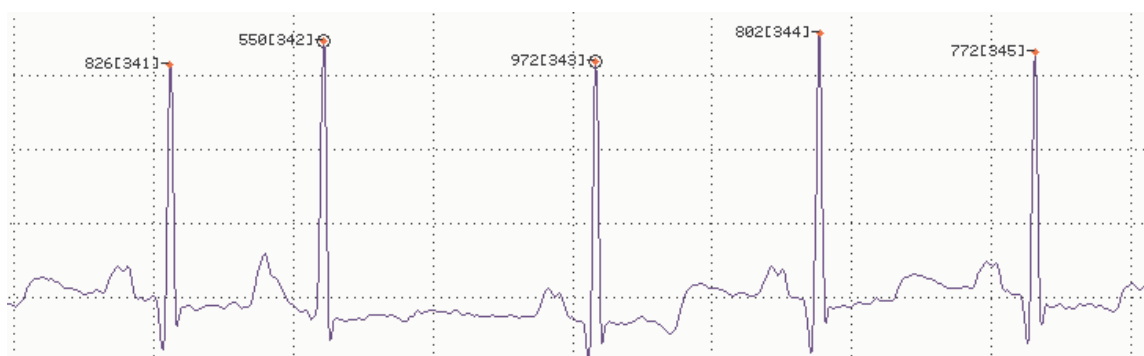
Para visualizar o valor de cada intervalo, mude o valor no campo “Tam. da janela” para 10 segundos ou menos. O número dentro dos colchetes corresponde ao índice do intervalo, e o número à esquerda dos colchetes corresponde à duração do intervalo R-R em milissegundos.

Em conjunto com a detecção das ondas R, o algoritmo faz uma análise estatística da série de intervalos, e marca os outliers como supostos batimentos ectópicos. Esses outliers aparecem marcados com um círculo preto ao redor do ponto vermelho. O usuário deve observar o ECG e verificar se houve erros nessa marcação.

Para conferir a marcação das ondas R e dos batimentos ectópicos, mude o tamanho da janela do ECG no campo “Tam. da janela”. Com valores grandes a verificação é mais rápida, uma vez que se vê um trecho maior do sinal na janela. Porém a precisão na verificação e na correção é menor.

Ao clicar sobre uma marcação já existente, esta é apagada. Clicando sobre uma região do ECG não marcada, o software marca esse ponto como uma onda R. Existe ainda a opção de usar o cursor (clique em “Mostrar Cursor”), mas este é muito lento, então só use se seu computador for rápido. A cada modificação na marcação, os intervalos são novamente calculados.

Com os botões “Marcar Ectópico” e “Desmarcar Ectópico” é possível corrigir a marcação prévia dos outliers estatísticos. Verificando-se que o outlier marcado não corresponde a um batimento ectópico, deve-se desmarcá-lo. Por outro lado, ao verificar que um batimento ectópico não está marcado, deve-se marcá-lo. O processo é simples: clique no botão de marcar (ou desmarcar) e leve o cursor até a onda R que se deseja marcar (ou desmarcar) como sendo (ou não) um batimento ectópico. Clicando nessa onda R (que já deve estar marcada com um ponto vermelho), o círculo preto correspondendo à marcação dos batimentos ectópicos deve aparecer (ou sumir) em volta da marcação da onda R (ponto vermelho).



Com os botões “<” e “>” o sinal desloca discretamente, janela por janela. Com a barra de rolagem, pode-se dirigir a um ponto mais distante do sinal. Para o mesmo fim, pode-se entrar com um valor em segundos, compreendido entre o “Min” e o “Max” indicados ao lado da barra de rolagem, no campo “Posição Atual”.

O procedimento recomendado para a conferir e corrigir a marcação das ondas R é o seguinte:

1. Configure o tamanho da janela para um valor grande, digamos 60 segundos.
2. Vá deslocando o sinal com o botão “>” e conferindo as marcações.
3. Quando um erro de marcação for encontrado, olhe no eixo do tempo em qual posição se encontra o erro, e entre com um valor próximo a este no campo “Posição Atual”.
4. De um ‘zoom’ no sinal, entrando com um valor pequeno no campo “Tam. da Janela”, digamos 1 ou 2 segundos.
5. Vá deslocando o sinal com os botões “<” e “>” até encontrar o ponto exato do erro de marcação.
6. Com o mouse, apague a marcação errada e marque novamente no lugar correto.
7. Configure o tamanho da janela de volta para o valor grande e repita o processo até o final do sinal.
8. Encontrando batimentos ectópicos não marcados ou círculos pretos em batimentos normais, deve ser corrigir a marcação dos batimentos ectópicos com os botões “Marcar Ectópico” ou “Desmarcar Ectópico”.
9. Salve novamente a marcação, clicando no botão ‘Salvar’.

No menu “Intervalo R-R” ainda existem outras opções relacionadas à marcação das ondas R:

- Apagar todas as marcas: apaga todas as marcações de onda R do sinal.
- Restaurar marcação R-R do disco: abre o arquivo de marcações de onda R do disco.

Quando se salva a marcação das ondas R, três arquivos são gerados:

- arquivo .onr: corresponde a marcação em si. As marcações são salvas em inteiros de 32 bits com sinal, correspondendo aos índices das ondas R no sinal de ECG em questão.
- arquivo .irr: contém os intervalos R-R e o eixo do tempo do intervalograma, bem como os índices dos batimentos ectópicos e dos batimentos ‘verdadeiros’, que deverão ser levados em considerações na análise futura. As 4 primeiras palavras de 16 bits, sem sinal, do arquivo, correspondem ao número de intervalos, amostras no tempo, índices verdadeiros e índices de batimento ectópicos, respectivamente. A seguir, são gravados os intervalos R-R como ‘uint16’, o eixo do tempo, como ‘float32’, os índices dos batimentos verdadeiros, como ‘uint16’, e os índices dos batimentos ectópicos, também como ‘uint16’, respectivamente.
- arquivo .txt: uma lista dos intervalos R-R em ASCII. Cada intervalo é dado em uma linha, em milisegundos.

Uma vez finalizada a marcação das ondas R, deve-se salvar a marcação, fechar o ECGLabRR, e seguir ao próximo módulo: OutliersRR. Para isso, digite o comando **outliersRR** na janela de comando do MatLab. Para maiores informações sobre esse módulo, leia o capítulo seguinte.

5. Módulo OutliersRR

Para iniciar o módulo OutliersRR, na tela de comando do MATLAB digite:

```
cd c:\ecglab
outliersRR
```

Para abrir um sinal R-R obtido através da marcação das ondas R no ECG com o módulo ECGLabRR, digite, no campo indicado, o caminho e nome do arquivo '.IRR' que se deseja abrir. Clique então no botão "Abrir IRR". Se aparecer uma mensagem de erro, verifique se o diretório, o nome do arquivo e a extensão estão corretos e tente novamente.

Para se importar uma série de intervalos R-R em arquivo texto (ASCII), o procedimento é o mesmo, mas deve se clicar no botão "Abrir ASCII". O arquivo texto com sinal R-R deve ser digitado de forma que **cada intervalo fique em uma linha, e sem pular linhas**, nem no começo, nem no meio, nem no fim do arquivo. Exemplos de sinal R-R em arquivo ASCII (texto) aceitos pelo ECGLab:

814	1340,	Q: Qualified QRS	A: Atrial Ectopic
788	1360,	V: Ventricular Ectopic	Z: Artifact
790	1290,	Start time:11:05	
788	1330, ESV	First beat time:11:20:00.304	
762	1400,	End header	
	1330,	Q818	
	1290,	Q897	
		Z901	
		Z886	

Os objetivos neste módulo são:

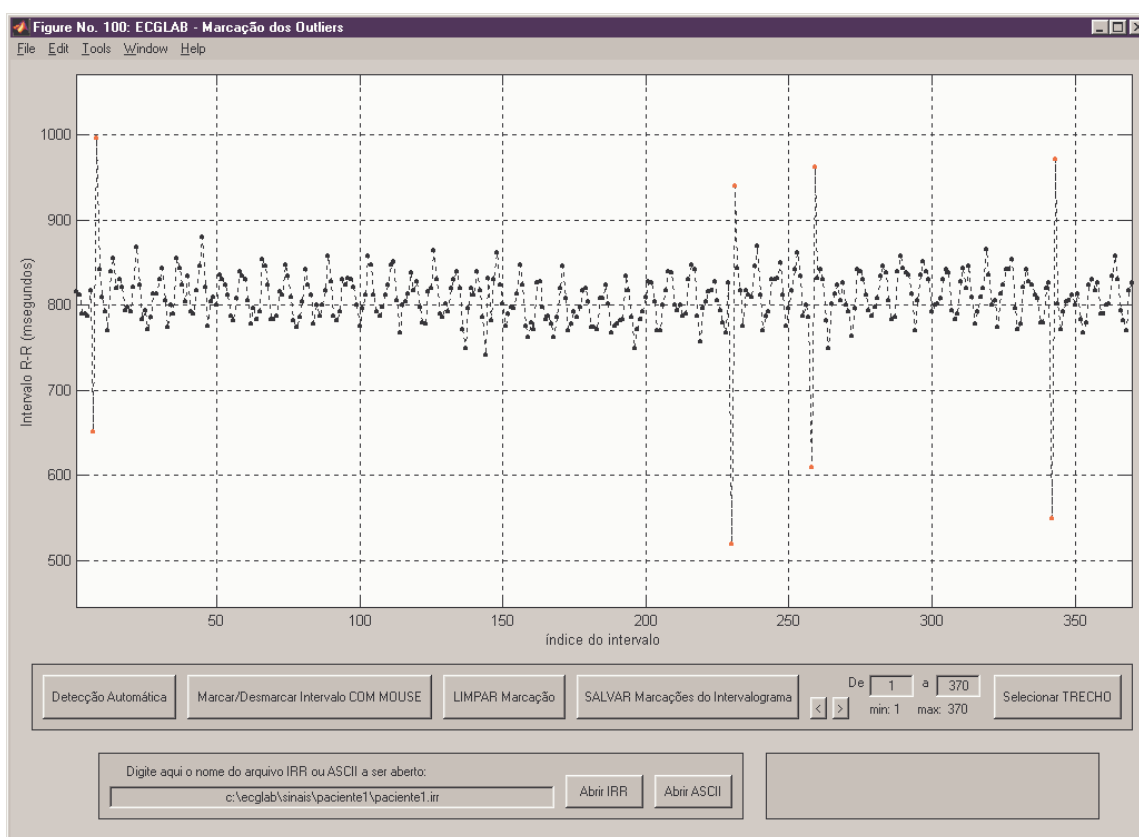
- visualizar graficamente a série de intervalos obtida a partir da marcação no módulo anterior;
- importar séries de intervalos em arquivo texto e salvá-los no padrão do ECGLAB para utilização da série em outros módulos.
- observar e marcar batimentos anormais que passaram despercebidos durante a marcação dos batimentos ectópicos no módulo anterior;
- selecionar apenas um trecho da série de intervalos, se for desejado.

Ao abrir a série de intervalos, o intervalograma aparece na tela. Os pontos pretos correspondem aos batimentos classificados previamente como normais. Os pontos vermelhos correspondem a batimentos classificados previamente como batimentos ectópicos. Caso se observe algum erro nessa marcação (batimento ectópico classificado como normal, ou batimento normal marcado como sendo ectópico), pode-se corrigir a marcação clicando no botão "Marcar/Desmarcar Intervalo COM MOUSE". Basta então levar o cursor ao intervalo que se deseja marcar ou desmarcar. Para desmarcar todos os intervalos marcados como batimentos ectópicos (classificar todos como batimentos normais), clique no botão "LIMPAR Marcação". Para salvar a marcação, clique em "SALVAR Marcações do Intervalograma". Ao se fazer isso, os batimentos ectópicos devem aparecer como pontos vermelhos, fora do traçado do sinal R-R (em azul).

O sistema conta ainda com uma "Detecção Automática". Esse algoritmo primeiramente desfaz as marcações feitas previamente. A seguir, ele marca como sendo

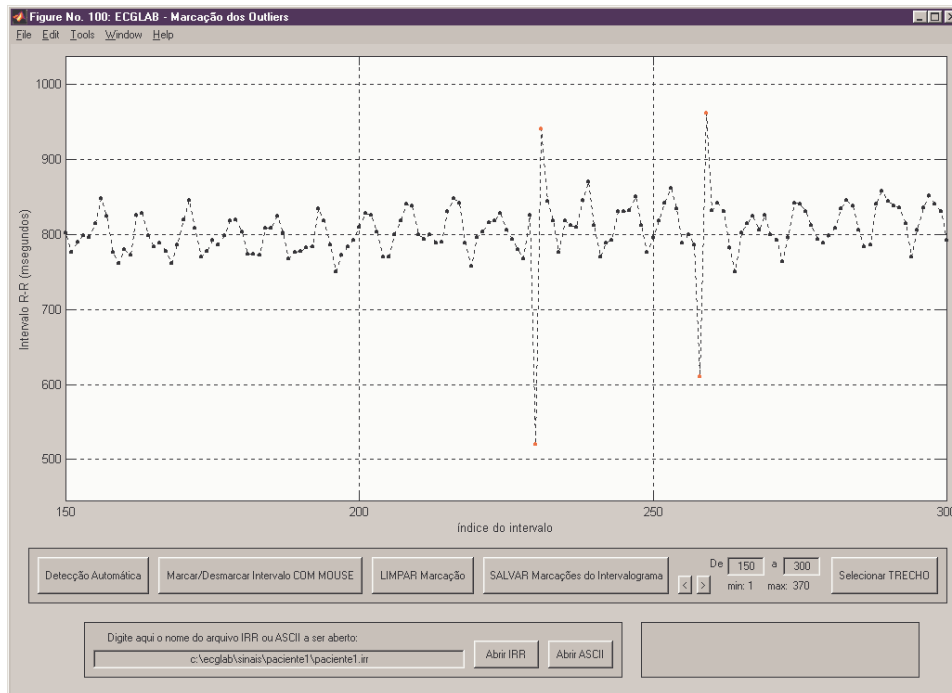
batimentos ectópicos aqueles intervalos cujos valores são considerados outliers estatísticos da série de intervalos em questão.

ATENÇÃO: Ao se marcar, no gráfico do intervalograma, um intervalo como sendo batimento ectópico, seja manualmente (com o mouse), seja automaticamente (com a detecção de outliers), deve-se verificar **no traçado do ECG** se o intervalo marcado de fato corresponde a um batimento ectópico. Para isso, salve a marcação e anote os índices de cada intervalo marcado. A seguir, feche o OutliersRR e volte ao módulo ECGLabRR. Verifique, no traçado do ECG, se os batimentos marcados com o círculo preto ao redor do ponto vermelho são mesmo batimentos ectópicos. Caso contrário, desmarque o batimento (botão “Desmarcar Ectópico”) e salve novamente a marcação das ondas R. Para localizar mais facilmente os intervalos marcados, procure pelos índices dos batimentos que foram anotados (como sugerido).

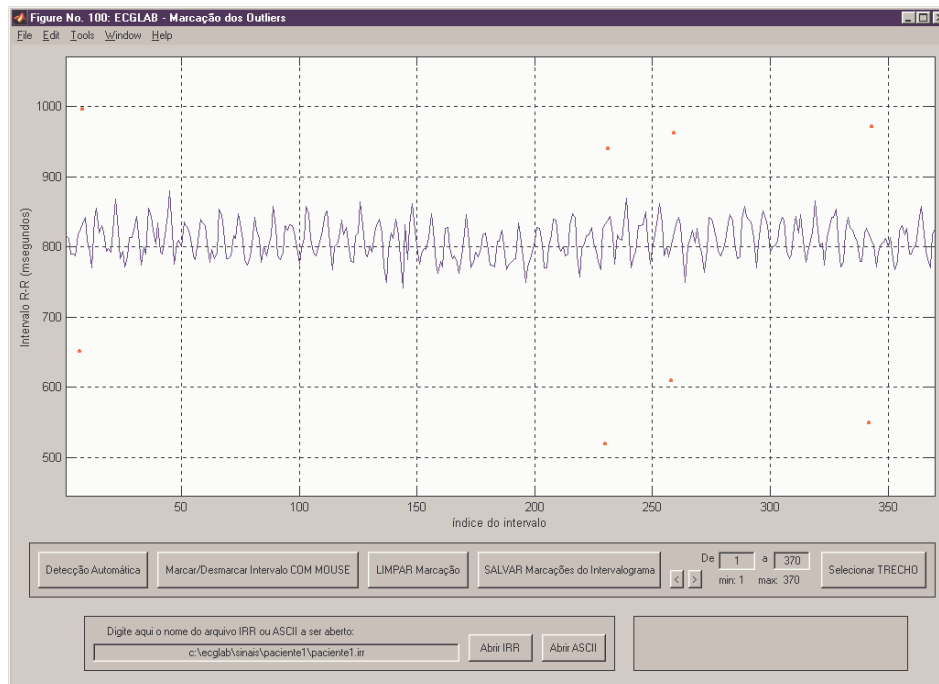


Para facilitar a visualização de uma série grande de intervalos, use o campo “De _ a _” e as setas de deslocamento. Se foi definida uma janela contendo, por exemplo, 100 intervalos, ao se pressionar as setas de deslocamento, a janela será deslocada em 100 intervalos.

Caso se deseje utilizar para a análise da variabilidade da frequência cardíaca apenas um trecho da série de intervalos, proceda da seguinte maneira: indique e visualize o trecho usando o campo “De _ a _”. A seguir, clique no botão “Selecionar TRECHO”. Se o resultado obtido foi o desejado, salve a marcação. Caso contrário, você pode obter novamente a série original clicando no botão “Abrir IRR” ou “Abrir ASCII”. Mas atenção: uma vez descartado um trecho de sinal, e tendo sido salva essa marcação, a série original só poderá ser obtida novamente ao se salvar novamente a marcação das ondas R no módulo ECGLabRR.



ATENÇÃO: as marcações e seleções feitas aqui são salvas em formato IRR, mesmo que o arquivo com a série original seja um arquivo texto. Por tanto, use este módulo para importar e validar uma série de intervalos em arquivo texto. A partir daí, **passe a trabalhar com a série em formato IRR nos outros módulos**. Dessa forma se poupa tempo, além de se garantir que a série analisada não contém batimentos ectópicos.



6. Módulo TemporalRR

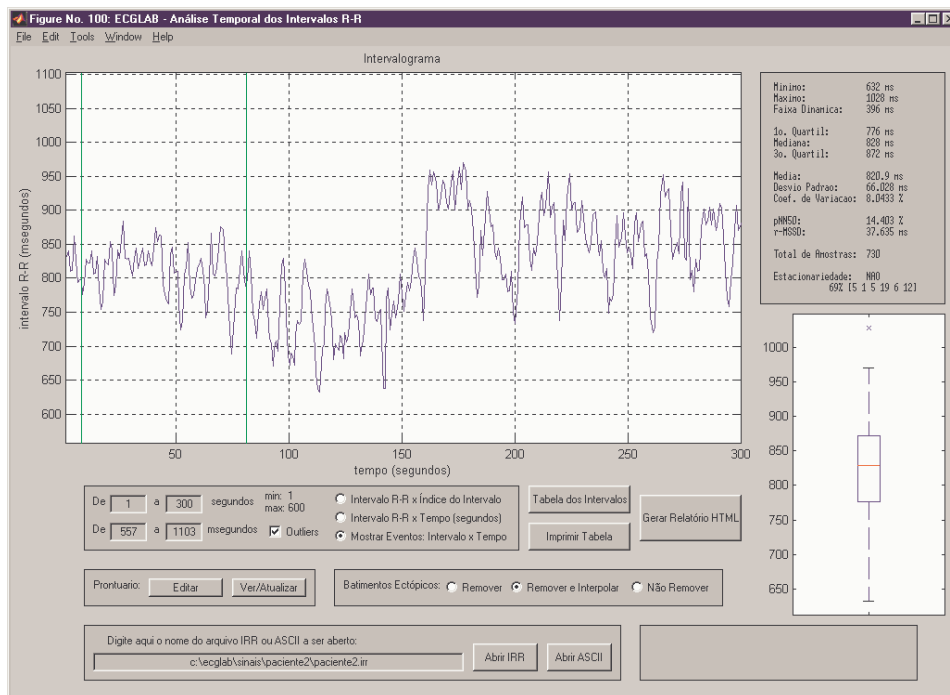
Para iniciar o módulo TemporalRR, na tela de comando do MATLAB digite:

```
cd c:\ecglab
temporalRR
```

Para abrir um sinal no formato IRR, digite, no campo indicado, o caminho e nome do arquivo '.IRR' que se deseja abrir. Clique então no botão "Abrir IRR". Se aparecer uma mensagem de erro, verifique se o diretório, o nome do arquivo e a extensão estão corretos e tente novamente.

Aqui se pode também importar uma série de intervalos R-R em arquivo texto (ASCII), sendo o procedimento o mesmo que no capítulo 5. Porém é reforçada a sugestão de que não se importe sinais em arquivo texto direto dos módulos de análise. Ao invés disso, procure fazer a importação no módulo OutliersRR. Uma vez analisada e validada a série de intervalos, salve a marcação naquele módulo e, neste módulo, utilize a opção "Abrir IRR", uma vez que a marcação feita no módulo OutliersRR é salva também em formato IRR. Dessa forma se poupa tempo, além de se garantir que a série analisada não contém batimentos ectópicos.

Ao se abrir um sinal, obtém-se automaticamente um gráfico da série de intervalos R-R. Os eventos marcados durante a aquisição do ECG (com o programa ECGCapt) aparecem como uma linha vertical verde indicando o instante de ocorrência do evento. O programa apresenta ainda um desenho esquemático da estatística da série de intervalos, no qual os 'x' indicam outliers estatísticos, a linha vermelha indica a mediana e as linhas azuis indicam o 1º e o 3º quartil da série. Desmarcando a opção "Outliers" nos controles, os outliers não serão mostrados como 'x', sendo assim apresentados no desenho esquemático como sendo intervalos normais na série.



Ainda nos controles, o usuário tem a opção de ajustar a escala do gráfico, nos campos “De _ a _”. Note que os valores mínimo e máximo para o eixo x são apresentados. É possível ainda escolher entre 3 formas de se apresentar o gráfico: intervalos em função do índice do batimento, intervalos em função do tempo, e intervalos em função do tempo, mas mostrando os eventos marcados na aquisição com linhas verdes verticais.

O usuário pode escolher entre três versões diferentes da série de intervalos: a série original, contendo inclusive os batimentos que foram marcados como sendo ectópicos; a série original mas removendo os batimentos ectópicos; uma série corrigida, substituindo os batimentos ectópicos removidos por intervalos com valores calculados por meio de interpolação. Isso pode ser feito no campo “Batimentos Ectópicos”, escolhendo-se uma das três opções: “Não Remover”, “Remover” ou “Remover e Interpolar”.

Além dos gráficos, os seguintes índices temporais são calculados:

- total de intervalos, intervalo mínimo, intervalo máximo e faixa dinâmica de excursão;
- 1º quartil, mediana, 3º quartil, média, desvio padrão e coeficiente de variação (desvio/média);
- pNN50 e r-MSSD
- avaliação da estacionariedade

O pNN50 é um índice que diz a porcentagem das diferenças entre intervalos normais consecutivos que excedem 50 ms. O r-MSSD, ou *root mean square of standard deviation*, é uma medida da variação da duração de intervalos R-R de batimentos consecutivos. Pode ser descrita pela equação a seguir.

$$rMSSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N-1} (X_{i+1} - X_i)^2}{(N-1)}}$$

A avaliação da estacionariedade, além de dizer se o sinal é estacionário ou não, retorna números apresentados da seguinte forma – X% [a b c d e f]. Para o cálculo, a série é dividida em três segmentos de tamanhos iguais, assim, compara-se a média e o desvio padrão de cada um desses segmentos. Dessa forma:

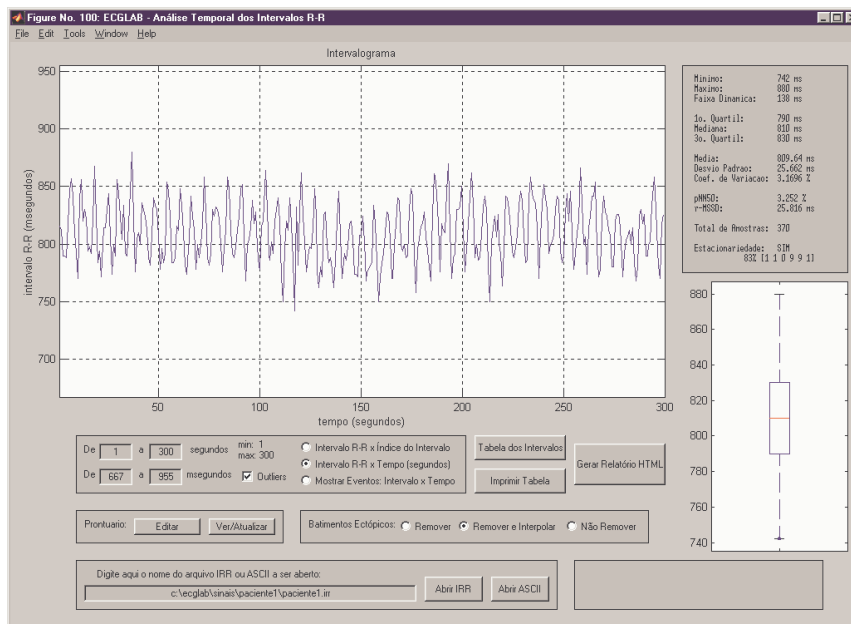
- a = 100.(média do 1º segmento – média do 2º segmento)/(média das 2 médias)
- b = 100.(média do 2º segmento – média do 3º segmento)/(média das 2 médias)
- c = 100.(média do 1º segmento – média do 3º segmento)/(média das 2 médias)
- d = 100.(desvio do 1º segmento – desvio do 3º segmento)/(média dos 2 desvios)
- e = 100.(desvio do 1º segmento – desvio do 3º segmento)/(média dos 2 desvios)
- f = 100.(desvio do 1º segmento – desvio do 3º segmento)/(média dos 2 desvios)
- X é uma avaliação do grau de estacionariedade da série, e é obtido com base nesses seis índices. Quanto maior a porcentagem, mais estacionária é a série.

Neste módulo é possível ainda editar ou visualizar o prontuário do paciente. Para editar, clique no botão “Editar”. Uma janela do Wordpad deve se abrir, mostrando um formato de prontuário padrão. Preencha o prontuário e, quando acabar, salve o arquivo texto. A seguir clique no botão “Ver/Atualizar” e confira se os dados digitados foram apresentados corretamente. Esses dados constarão no relatório em HTML que será gerado com os dados desta análise. O mesmo prontuário também será usado pelos demais módulos nas análises

seguintes.

Para gerar esse relatório, basta apertar o botão “Gerar Relatório HTML”. Esse documento apresentará os dados do prontuário, e todos os gráficos e índices obtidos neste módulo. O relatório deve ser aberto automaticamente assim que o TemporalRR acabar de gerá-lo (o processo demora). Recomenda-se que o MS-Internet Explorer seja o browser padrão. No sistema operacional testado (Windows 98), o ECGLab consegue abrir automaticamente o relatório. Mas se isto não acontecer, você ainda pode abrir o relatório manualmente. O arquivo HTML estará gravado no mesmo diretório onde se localiza o arquivo com os intervalos RR que foi aberto. As figuras com os gráficos também estarão neste mesmo diretório, bem como um arquivo .BAT para abrir o Internet Explorer. O nome do arquivo HTML com o relatório será ‘xxxxx_trr.html’, onde xxxxx é o nome do arquivo com os intervalos.

No mais, este módulo ainda apresenta duas opções. Com o botão “Tabela dos Intervalos”, o usuário verá uma tabela com os intervalos RR presentes no gráfico. Nesta tabela, os intervalos estão dispostos em linhas. Com o botão “Imprimir Tabela”, o ECGLabRR abre esta tabela no Wordpad em forma de arquivo texto, permitindo a impressão. Note que o relatório HTML gerado já contém a tabela de intervalos R-R, bem como os instantes de cada batimento. Nesse relatório, quando um batimento foi obtido por meio de interpolação devido à remoção de um batimento ectópico, o instante deste batimento será mostrado com ‘0’.



Nota: O TemporalRR grava um arquivo com extensão ‘.trr’, contendo as informações sobre a análise temporal do sinal em questão. O arquivo ‘.trr’ segue o seguinte padrão:

Os 4 primeiros bytes correspondem a uma string de 4 caracteres que determina a abscissa do intervalograma. Pode ser: ‘time’, ‘beat’ ou ‘evnt’. O byte seguinte é um caractere que determina qual a unidade usada no eixo do tempo. Pode ser: ‘s’ (segundos) ou ‘i’ (intervalos). Seguem 4 inteiros de 32 bits, correspondendo respectivamente as variáveis eixoX1, eixoX2, mínimoX, limiteX que ajudarão na demarcação do gráfico do intervalograma. Para a mesma finalidade, seguem dois inteiros de 16 bits, eixoY1 e eixoY2 respectivamente.

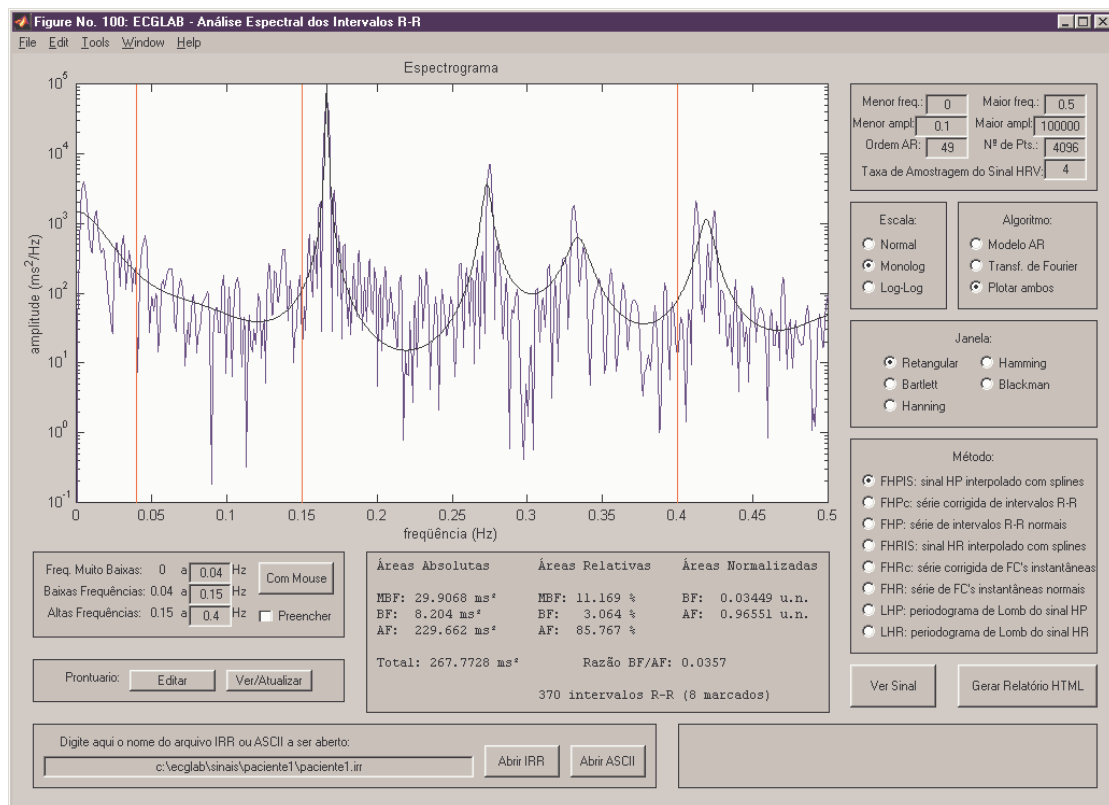
7. Módulo EspectralRR

Para iniciar o módulo EspectralRR, na tela de comando do MATLAB digite:

```
cd c:\ecglab
espectralRR
```

Para abrir um sinal no formato IRR, digite, no campo indicado, o caminho e nome do arquivo '.IRR' que se deseja abrir. Clique então no botão "Abrir IRR". Se aparecer uma mensagem de erro, verifique se o diretório, o nome do arquivo e a extensão estão corretos e tente novamente.

Aqui se pode também importar uma série de intervalos R-R em arquivo texto (ASCII), sendo o procedimento o mesmo que no capítulo 5. Porém é reforçada a sugestão de que não se importe sinais em arquivo texto direto dos módulos de análise. Ao invés disso, procure fazer a importação no módulo OutliersRR. Uma vez analisada e validada a série de intervalos, salve a marcação naquele módulo e, neste módulo, utilize a opção "Abrir IRR", uma vez que a marcação feita no módulo OutliersRR é salva também em formato IRR. Dessa forma se poupa tempo, além de se garantir que a série analisada não contém batimentos ectópicos.



Uma vez aberto o sinal, um gráfico do espectrograma aparecerá. Existe então uma série de controles para ajudá-lo a visualizá-lo. O primeiro ajuste que deve ser feito é limitar o eixo das frequências, entrando nos campos "Menor Freq." e "Maior Freq." os valores de frequência de início e de final do gráfico. Essa delimitação, bem como a delimitação das amplitudes ("Menor ampl" e "Maior ampl") não influencia em nada o cálculo das áreas de cada banda.

Cabe aqui dar uma dica sobre a regulação das amplitudes, especialmente quando está se observando o logaritmo do espectro de potência. Ao invés de se entrar um número como 0.0045 por exemplo, pode se entrar com o número em notação científica ($4,5 \cdot 10^{-3}$). Para isso digite, no caso, 4.5e-3 ou 45e-4. Para números com 0,01 (10^{-2}), pode se usar 1e-2 por exemplo.

Continuando, é possível escolher o número de pontos do espectrograma. A Transformada de Fourier é mais sensível a modificações nessa opção, uma vez que para um número maior de pontos, tem-se mais resolução, mas por outro lado o espectro fica mais irregular. São usados sempre valores em potência de dois. Quando está se trabalhando com o modelo Autoregressivo, aparece também a opção “Ordem AR”. Quanto maior este número, mais próximo do espectro de densidade de potência real o modelo fica. A maior ordem que o EspectralRR aceita é 150, mas este parâmetro pode ser facilmente alterado no código fonte da função. Quando está se trabalhando com métodos onde o sinal R-R é amostrado uniformemente por meio de interpolação, pode-se determinar essa nova taxa de amostragem. De acordo com o critério de Nyquist, o espectro de potência só pode ser visualizado até a metade da frequência de amostragem, e uma frequência de amostragem muito baixa pode causar ‘aliasing’, ou seja, superposição espectral. Por isso, recomenda-se trabalhar com valores entre 1 e 4 Hz.

A escala dos eixos do gráfico pode ser facilmente mudada, podendo-se escolher entre um gráfico log-log, monolog ou normal. Esta escolha não influencia em nada o cálculo das áreas de cada banda, devendo ser utilizada somente para melhorar a visualização. Pode ser útil digitar o comando “grid off” na janela de comando quando se usa escala logarítmica.

O EspectralRR permite visualizar o espectro de densidade de potência do sinal R-R de três formas: através do Modelo Autoregressivo, através da Transformada Rápida de Fourier ou os dois gráficos sobrepostos. O método de Lomb também está disponível, mas será discutido mais adiante. A escolha do algoritmo é feita facilmente no controle “Algoritmo”, mas a escolha do algoritmo interfere diretamente nos valores da área de cada banda. Portanto, note que quando se pede para visualizar ambos os gráficos, o modelo auto-regressivo é utilizado no cálculo das bandas. Neste caso, é necessário escolher uma ordem adequada para o modelo AR de forma que o espectrograma se aproxime do espectro de densidade de potência real.

A outra opção para o cálculo do espectrograma é o tipo de janelamento utilizado. O espectro de densidade de potência é calculado para sinais infinitos ou periódicos. Como o sinal R-R não é periódico, e não dispomos de um segmento infinito do sinal, deve-se considerar que estamos trabalhando com um apenas um trecho de um sinal que na prática é infinito ou do tamanho do tempo de vida do paciente. Quando isso acontece, e obviamente esta é a realidade de todo sistema de processamento digital de sinais, diz-se que está trabalhando com uma janela do sinal infinito. Porém, esse janelamento, que nada mais é que um truncamento ou segmentação do sinal, distorce o espectro de densidade de potência. Para que não houvesse distorção, teríamos que trabalhar com uma janela retangular infinita. Isso não é possível, pois temos apenas um trecho de sinal, mas variando a forma da janela, varia-se a intensidade e o efeito dessa distorção. A janela retangular é a janela básica de qualquer sistema. Com essa janela, o sinal será representando por uma série finita, correspondendo a um trecho do sinal, que é infinito. As demais janelas fazem com que, no cálculo do espectro de potência, se dêem pesos maiores àqueles elementos da série que se encontram mais no centro desta. Os elementos das extremidades, por sua vez, recebem pesos menores, tentando minimizar o efeito do truncamento. A forma da janela determina como os pesos serão distribuídos. Com a janela retangular, todos os elementos recebem peso 1. Com a janela triangular (Bartlett), o elemento do centro recebe o valor 1, e esse valor vai decrescendo linearmente à medida que se aproxima das extremidades. Com as janelas de Hanning, Hamming e Blackman, o decréscimo não é

linear, mas segue uma equação que tem como constante de decrescimento uma função trigonométrica. O efeito prático da escolha da janela, é uma versão diferente do espectro de potência. Experimentando diferentes janelas, pode-se escolher aquela mais adequada para o sinal em questão.

Além disso, existem diversos métodos para se tratar a distorção na estimação do espectro de potência, que pode ser causada por problemas com o da amostragem não uniforme, característico nos sinais de variabilidade da frequência cardíaca, bem como a presença de batimentos ectópicos e a resposta não linear do coração aos estímulos do sistema nervoso.

A forma mais utilizada de se corrigir o problema da amostragem é interpolar o sinal com splines e reamostrá-lo a uma taxa constante. Pode-se também assumir que o sinal foi amostrado a uma taxa uniforme e usar a própria série de intervalos para o cálculo do espectro, o que gerará uma certa distorção. Em relação aos batimentos ectópicos, nesse caso eles podem ser substituídos por valores mais razoáveis ou simplesmente removidos, o que causa uma distorção ainda maior no espectro.

Uma outra solução que dispensa a interpolação é o periodograma de Lomb. O problema é que com este método a amplitude do espectro de potência será dada em valores normalizadas, além de não ser possível utilizar o modelo AR nem a transformada de Fourier com esse método. Além disso, o método de Lomb é relativamente mais lento que os demais métodos, por isso seu uso não é recomendado. Vale acrescentar que com as splines ou o com Lomb, os batimentos ectópicos serão removidos sem causar maiores distorções no espectro.

Ainda, um outro fator a se considerar é a resposta não linear do coração aos estímulos do sistema nervoso. Como está se usando o período cardíaco para avaliar a atuação do sistema nervoso, a não linearidade do sistema gera distorção. Essa distorção pode ser reduzida utilizando a série $1/RR$, ou seja, à série das frequências cardíacas instantâneas correspondentes a cada intervalo RR em função do tempo. Nesse caso a energia será dada em $b.p.m.^2$ ao invés de ms^2 .

Todas essas opções estão disponíveis no campo “Método”, e são elas:

- FHPIS: a série de intervalos RR (sinal HP) é interpolada com splines e reamostrada a taxa uniforme para o cálculo do espectro usando modelo auto-regressivo ou transformada de Fourier.
- FHPc: não há interpolação do sinal HP, mas os intervalos RR marcados como batimentos ectópicos são substituídos por valores que causarão menos distorção.
- FHP: os batimentos ectópicos são simplesmente removidos da série, o que pode gerar certa distorção.
- FHRIS: o mesmo que o FHPIS, mas usa-se a frequência cardíaca ao invés do período cardíaco.
- FHRc: o mesmo que o FHPc, mas usa-se a frequência cardíaca ao invés do período cardíaco.
- FHR: o mesmo que o FHP, mas usa-se a frequência cardíaca ao invés do período cardíaco.
- LHP: usa-se o método de Lomb para se calcular o espectro do sinal HP. Note que este método é lento e que as amplitudes serão normalizadas.
- LHR: o mesmo que o LHP, mas usa-se a frequência cardíaca ao invés do período cardíaco.

Existem duas formas de se delimitar as bandas, ou seja, as faixas de frequência, da análise espectral: digitando ou clicando com o mouse. Para entrar com os valores digitando, procure os campos que dizem “Freq. Muito Baixas”, “Baixas Freq” e “Altas Freq” e entre com

o valor desejado para cada uma das bandas. Para delimitar com o mouse, clique no botão “Com Mouse”, e a seguir clique três vezes com o cursor sobre o gráfico. Cada clique marcará uma banda, nesta ordem: Freqüências Muito Baixas, Baixas Freqüências, Altas Freqüências. Marcando a opção “Preencher”, cada banda de energia aparecerá “pintada” de uma cor diferente.

A medida que se altera cada uma das opções descritas neste capítulo, deverá ser notada uma diferença não só no gráfico, mas também nos índices espectrais apresentados. São eles: áreas absolutas de cada banda; área absoluta total nas três bandas; áreas relativas de cada banda, em porcentagem do total das três bandas; áreas normalizadas das bandas de baixa freqüência (BF) e alta freqüência (AF), em porcentagem do total nessas duas bandas; razão BF/AF; total de intervalos RR e número de batimentos marcados como ectópicos.

Neste módulo é possível ainda editar ou visualizar o prontuário do paciente. Para editar, clique no botão “Editar”. Uma janela do Wordpad deve se abrir, mostrando um formato de prontuário padrão. Preencha o prontuário e, quando acabar, salve o arquivo texto. A seguir clique no botão “Ver/Atualizar” e confira se os dados digitados foram apresentados corretamente. Esses dados constarão no relatório em HTML que será gerado com os dados desta análise. O mesmo prontuário também será usado pelos demais módulos nas análises seguintes.

Para gerar esse relatório, basta apertar o botão “Gerar Relatório HTML”. Esse documento apresentará os dados do prontuário, o espectrograma e os índices obtidos neste módulo. O relatório deve ser aberto automaticamente assim que o EspectralRR acabar de gerá-lo (o processo demora). Recomenda-se que o MS-Internet Explorer seja o browser padrão. No sistema operacional testado (Windows 98), o ECGLab consegue abrir automaticamente o relatório. Mas se isto não acontecer, você ainda pode abrir o relatório manualmente. O arquivo HTML estará gravado no mesmo diretório onde se localiza o arquivo com os intervalos RR que foi aberto. A figura com o gráfico também estará neste mesmo diretório, bem como um arquivo .BAT para abrir o Internet Explorer. O nome do arquivo HTML com o relatório será ‘xxxxx_frr.html’, onde xxxxx é o nome do arquivo com os intervalos.

No mais, este módulo ainda apresenta a opção “Ver Sinal”, que mostra um gráfico do sinal R-R com os batimentos ectópicos removidos.

Nota: Quando um arquivo de sinal R-R é aberto, o EspectralRR grava um arquivo com extensão ‘frr’, contendo as informações sobre a análise espectral do sinal em questão. O arquivo ‘frr’ segue o seguinte padrão:

Os seis primeiros dados são números de 16 bits sem sinal, correspondendo as freqüências de cada banda (VLF,LF,HF), a mínima e a máxima freqüência plotada e a taxa de amostragem do sinal R-R, respectivamente. Como esses valores não são inteiros, antes de serem gravados eles são multiplicados por 1000. Os próximos dois números também são de 16 bits sem sinal, correspondendo à ordem do modelo autoregressivo e ao número de pontos do espectro de potência, respectivamente. Seguem dois números em ponto flutuante de 32 bits correspondendo à mínima e máxima amplitude plotada. Seguem três letras, correspondendo ao algoritmo: ‘mar’ (modelo AR), ‘fft’ (transformada de Fourier) ou ‘amb’ (ambos). Os cinco próximos caracteres correspondem ao método utilizado, a serem descritos mais adiante. As três próximas letras correspondem à janela utilizada: ‘ret’ (retangular), ‘han’ (Hanning), ‘ham’ (Hamming), ‘bla’ (Blackman) ou ‘bar’ (Bartlett). O último caractere corresponde à escala utilizada no gráfico: ‘n’ (normal), ‘m’ (monolog), ‘l’ (log-log).

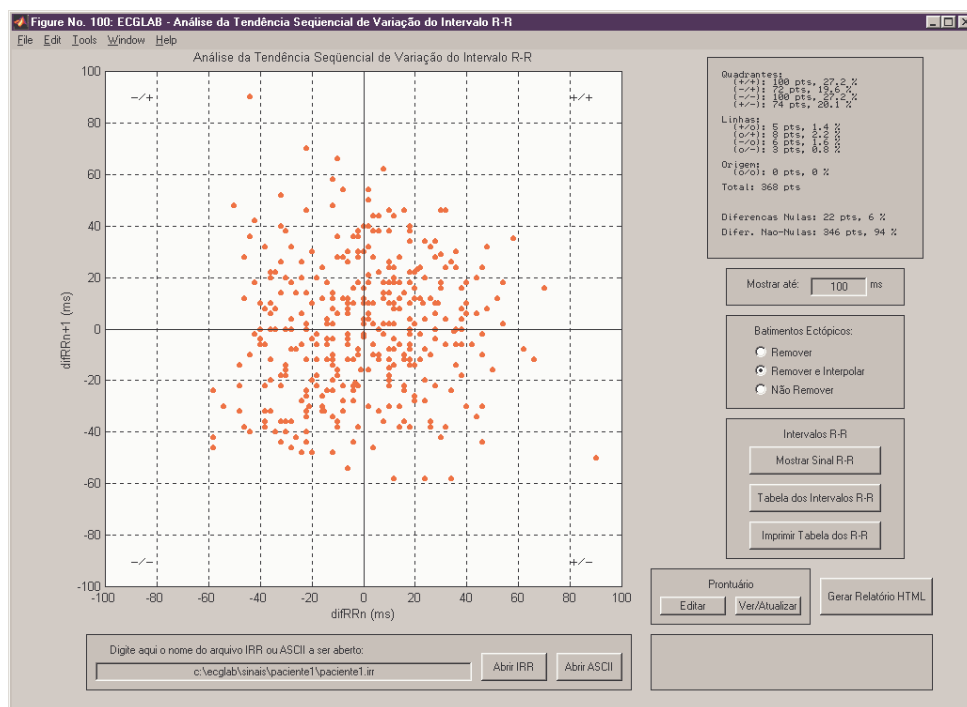
8. Módulo SequencialRR

Para iniciar o módulo SequencialRR, na tela de comando do MATLAB digite:

```
cd c:\ecglab
sequencialRR
```

Para abrir um sinal no formato IRR, digite, no campo indicado, o caminho e nome do arquivo '.IRR' que se deseja abrir. Clique então no botão "Abrir IRR". Se aparecer uma mensagem de erro, verifique se o diretório, o nome do arquivo e a extensão estão corretos e tente novamente.

Aqui se pode também importar uma série de intervalos R-R em arquivo texto (ASCII), sendo o procedimento o mesmo que no capítulo 5. Porém é reforçada a sugestão de que não se importe sinais em arquivo texto direto dos módulos de análise. Ao invés disso, procure fazer a importação no módulo OutliersRR. Uma vez analisada e validada a série de intervalos, salve a marcação naquele módulo e, neste módulo, utilize a opção "Abrir IRR", uma vez que a marcação feita no módulo OutliersRR é salva também em formato IRR. Dessa forma se poupa tempo, além de se garantir que a série analisada não contém batimentos ectópicos.



Uma vez aberto o sinal, é apresentado um gráfico do tipo $\Delta RR_n \times \Delta RR_{n+1}$ (onde ΔRR_n é a diferença entre dois intervalos RR subsequentes e ΔRR_{n+1} é a próxima diferença, ou seja cada ponto no gráfico é gerado a partir das diferenças entre 3 intervalos RR consecutivos). Para mudar a escala do gráfico, basta editar o campo "Mostrar até X ms".

O usuário pode escolher entre três versões diferentes da série de intervalos: a série original, contendo inclusive os batimentos que foram marcados como sendo ectópicos; a série

original mas removendo os batimentos ectópicos; uma série corrigida, substituindo os batimentos ectópicos removidos por intervalos com valores calculados por meio de interpolação. Isso pode ser feito no campo “Batimentos Ectópicos”, escolhendo-se uma das três opções: “Não Remover”, “Remover” ou “Remover e Interpolar”.

Com isso, obtém-se os seguintes índices: número de pontos em cada quadrante e porcentagens; número de pontos em cada linha de divisão de quadrantes e porcentagens; número de pontos na origem e porcentagem; total de pontos; total de diferenças nulas e porcentagens; total de diferenças não nulas e porcentagem. Os pontos classificados como diferenças nulas são aqueles que caem sobre as linhas divisórias de quadrante ou sobre a origem do gráfico, ou seja pontos que possuem ao menos uma das coordenadas igual a zero, indicando que não houve diferença entre intervalos consecutivos. Por sua vez, os pontos classificados como diferenças não-nulas são aqueles que estão dentro de um dos quatro quadrantes.

Com base nesses índices, é possível determinar qual ramo do sistema nervoso está atuando com mais intensidade, uma vez que pontos no quadrante $+/+$ indicam diminuição do ritmo cardíaco (intervalos mais longos) e pontos no quadrante $-/-$ indicam aumento na frequência cardíaca (intervalos mais curtos), ou seja, atuação parassimpática e simpática, respectivamente.

Neste módulo é possível ainda editar ou visualizar o prontuário do paciente. Para editar, clique no botão “Editar”. Uma janela do Wordpad deve se abrir, mostrando um formato de prontuário padrão. Preencha o prontuário e, quando acabar, salve o arquivo texto. A seguir clique no botão “Ver/Atualizar” e confira se os dados digitados foram apresentados corretamente. Esses dados constarão no relatório em HTML que será gerado com os dados desta análise. O mesmo prontuário também será usado pelos demais módulos nas análises seguintes.

Para gerar o relatório, basta apertar o botão “Gerar Relatório HTML”. Esse documento apresentará os dados do prontuário e o gráfico e os índices obtidos neste módulo. O relatório deve ser aberto automaticamente assim que o SequencialRR acabar de gerá-lo (o processo demora). Recomenda-se que o MS-Internet Explorer seja o browser padrão. No sistema operacional testado (Windows 98), o ECGLab consegue abrir automaticamente o relatório. Mas se isto não acontecer, você ainda pode abrir o relatório manualmente. O arquivo HTML estará gravado no mesmo diretório onde se localiza o arquivo com os intervalos RR que foi aberto. A figura com o gráfico também estará neste mesmo diretório, bem como um arquivo .BAT para abrir o Internet Explorer. O nome do arquivo HTML com o relatório será ‘xxxxx_sr.html’, onde xxxxx é o nome do arquivo com os intervalos.

No mais, este módulo ainda apresenta a opção “Mostrar Sinal R-R”, que mostra um gráfico da série de intervalos R-R que está sendo utilizada na análise, além do botão “Tabela dos Intervalos RR”, que apresenta uma tabela com os valores dos intervalos RR dessa série (os valores são dispostos em linhas). Com o botão “Imprimir Tabela dos R-R”, o SequencialRR abre esta tabela no Wordpad em forma de arquivo texto, permitindo a impressão.

Nota: Quando um arquivo de sinal R-R é aberto, o SequencialRR grava um arquivo com extensão ‘.src’, contendo as informações sobre a análise da tendência sequencial de variação do intervalo RR. O arquivo ‘.src’ contém um inteiro de 16 bits com o número correspondendo a escala do gráfico, como determinado no campo “Mostrar até X ms”.

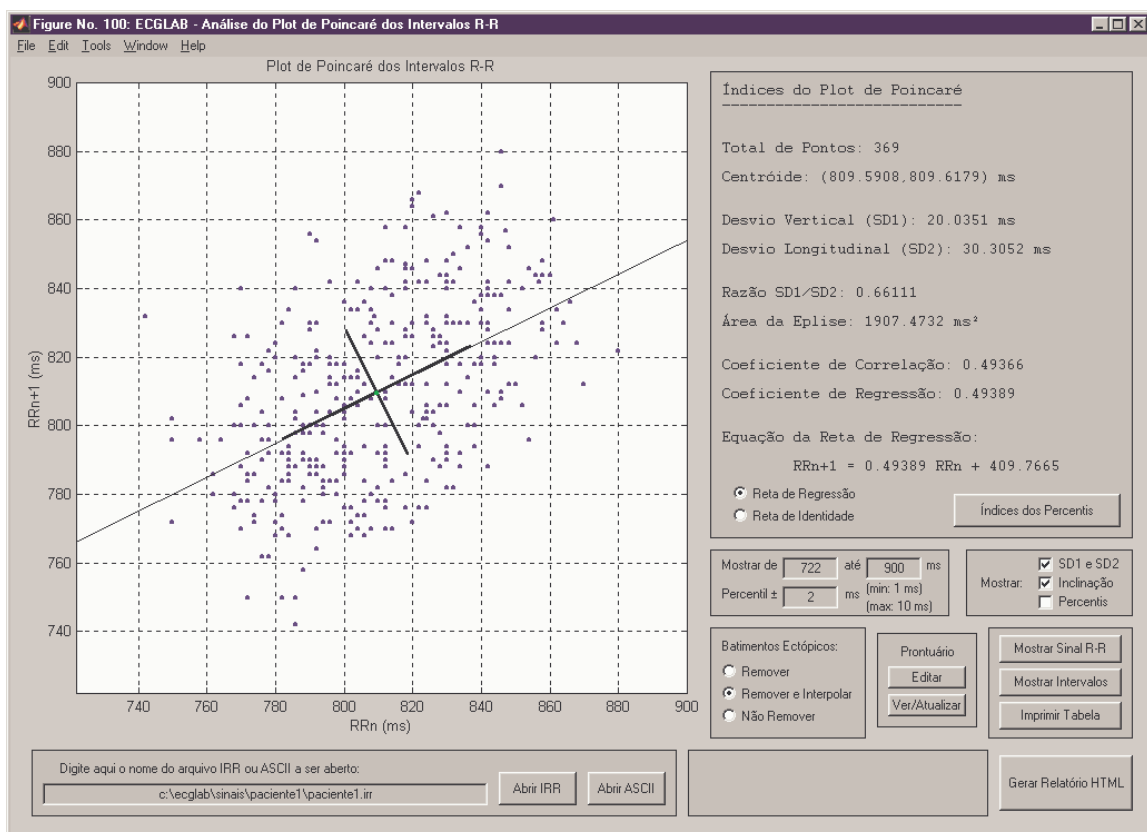
9. Módulo PoincareRR

Para iniciar o módulo PoincareRR, na tela de comando do MATLAB digite:

```
cd c:\ecglab
poincareRR
```

Para abrir um sinal no formato IRR, digite, no campo indicado, o caminho e nome do arquivo '.IRR' que se deseja abrir. Clique então no botão "Abrir IRR". Se aparecer uma mensagem de erro, verifique se o diretório, o nome do arquivo e a extensão estão corretos e tente novamente.

Aqui se pode também importar uma série de intervalos R-R em arquivo texto (ASCII), sendo o procedimento o mesmo que no capítulo 5. Porém é reforçada a sugestão de que não se importe sinais em arquivo texto direto dos módulos de análise. Ao invés disso, procure fazer a importação no módulo OutliersRR. Uma vez analisada e validada a série de intervalos, salve a marcação naquele módulo e, neste módulo, utilize a opção "Abrir IRR", uma vez que a marcação feita no módulo OutliersRR é salva também em formato IRR. Dessa forma se poupa tempo, além de se garantir que a série analisada não contém batimentos ectópicos.



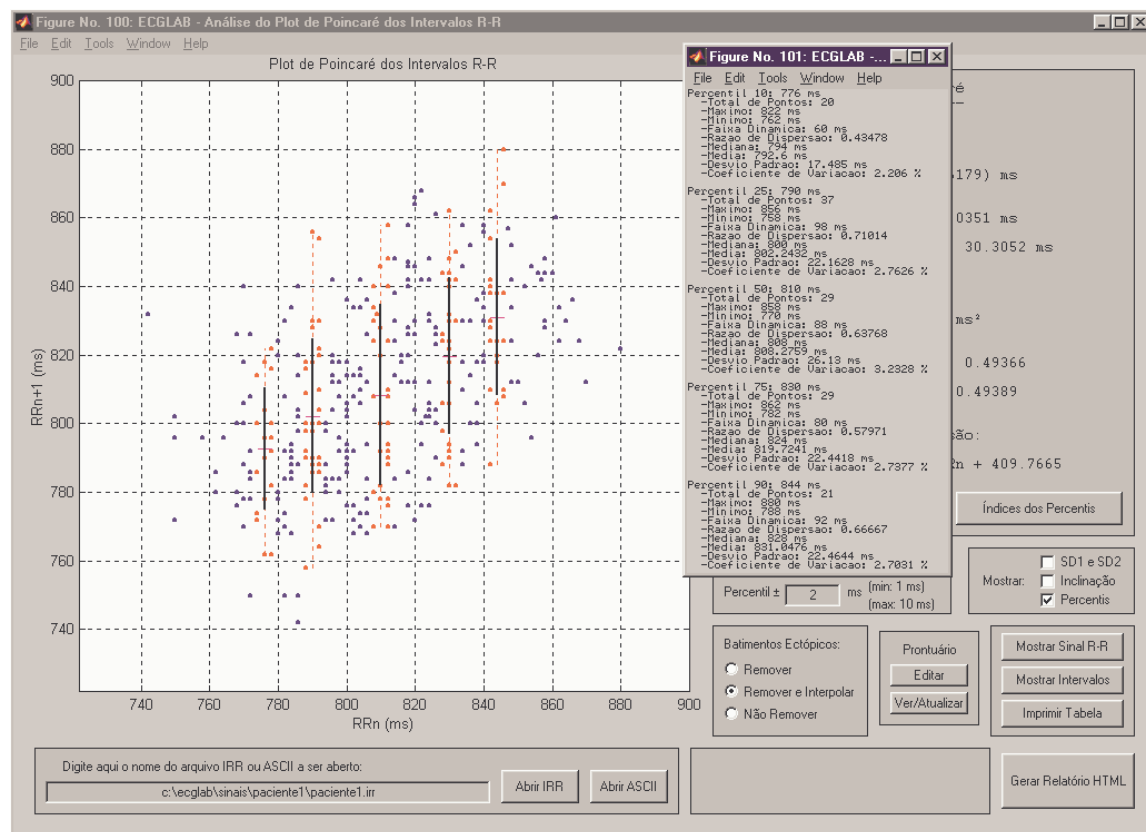
Uma vez aberto o sinal, é apresentado o plot de Poincaré, ou seja, um gráfico do tipo $RR_n \times RR_{n+1}$ (cada intervalo RR por seu consecutivo). Para mudar a escala do gráfico, basta editar o campo "Mostrar de X até X ms". No campo "Mostrar" o usuário pode

escolher entre visualizar ou não os desvios SD1 e SD2, a reta de inclinação escolhida (regressão ou identidade) e as séries de pontos em cada percentil, com suas respectivas médias e desvios.

A escolha entre a reta de regressão e a reta de identidade pode ser feita no quadro com os índices. Essa escolha influencia diretamente alguns dos índices obtidos, uma vez que os desvios SD2 e SD1 são calculados com base nessa reta de inclinação e em sua perpendicular, respectivamente.

O usuário pode escolher entre três versões diferentes da série de intervalos: a série original, contendo inclusive os batimentos que foram marcados como sendo ectópicos; a série original mas removendo os batimentos ectópicos; uma série corrigida, substituindo os batimentos ectópicos removidos por intervalos com valores calculados por meio de interpolação. Isso pode ser feito no campo “Batimentos Ectópicos”, escolhendo-se uma das três opções: “Não Remover”, “Remover” ou “Remover e Interpolarm”.

Com isso, obtém-se os seguintes índices: total de pontos no gráfico, coordenadas da centróide (ponto médio), desvio vertical (SD1) e longitudinal (SD2), razão SD1/SD2, área da elipse formada pelos desvios SD1 e SD2, coeficiente de correlação da série, coeficiente de regressão e equação da reta de regressão.



Clicando no botão “Índices dos Percentis”, é apresentada uma tabela com a estatística da série de pontos em cada percentil (os percentis apresentados são os seguintes: 10, 25, 50, 75 e 90). Para a série em cada percentil são apresentados os seguintes índices: valor daquele percentil; total de pontos naquele percentil; valores máximo e mínimo da série naquele percentil, faixa dinâmica e razão de dispersão correspondentes; mediana; média, desvio padrão

e coeficiente de variação. A razão de dispersão é a razão entre a faixa dinâmica dos pontos naquele percentil e a faixa dinâmica total da série de intervalos RR.

É possível aumentar ou diminuir o número de pontos em cada percentil mudando o valor no campo “Percentil \pm X ms”. Esse valor é a faixa de abrangência do percentil e determina até que valores os pontos serão considerados como tendo o valor do percentil. Por exemplo, se um percentil é 800 ms, e a faixa de abrangência é de 800 ± 2 ms, então pontos com valores 798 ms, 800 ms e 802 ms serão considerados como tendo valor igual ao do percentil. Porém, pontos com valores menores que 798 ms ou maiores que 802 ms não serão incluídos na série daquele percentil. Portanto, quanto maior a faixa de abrangência do percentil, maior será o número de pontos na série daquele percentil, fornecendo uma estatística um pouco mais consistente.

Neste módulo é possível ainda editar ou visualizar o prontuário do paciente. Para editar, clique no botão “Editar”. Uma janela do Wordpad deve se abrir, mostrando um formato de prontuário padrão. Preencha o prontuário e, quando acabar, salve o arquivo texto. A seguir clique no botão “Ver/Atualizar” e confira se os dados digitados foram apresentados corretamente. Esses dados constarão no relatório em HTML que será gerado com os dados desta análise. O mesmo prontuário também será usado pelos demais módulos nas análises seguintes.

Para gerar o relatório, basta apertar o botão “Gerar Relatório HTML”. Esse documento apresentará os dados do prontuário e o gráfico e os índices obtidos neste módulo. O relatório deve ser aberto automaticamente assim que o PoincareRR acabar de gerá-lo (o processo demora). Recomenda-se que o MS-Internet Explorer seja o browser padrão. No sistema operacional testado (Windows 98), o ECGLab consegue abrir automaticamente o relatório. Mas se isto não acontecer, você ainda pode abrir o relatório manualmente. O arquivo HTML estará gravado no mesmo diretório onde se localiza o arquivo com os intervalos RR que foi aberto. A figura com o gráfico também estará neste mesmo diretório, bem como um arquivo .BAT para abrir o Internet Explorer. O nome do arquivo HTML com o relatório será ‘xxxxx_prr.html’, onde xxxxx é o nome do arquivo com os intervalos.

No mais, este módulo ainda apresenta a opção “Mostrar Sinal R-R”, que mostra um gráfico da série de intervalos R-R que está sendo utilizada na análise, além do botão “Mostrar Intervalos”, que apresenta uma tabela com os valores dos intervalos RR dessa série (os valores são dispostos em linhas). Com o botão “Imprimir Tabela”, o PoincareRR abre esta tabela no Wordpad em forma de arquivo texto, permitindo a impressão.

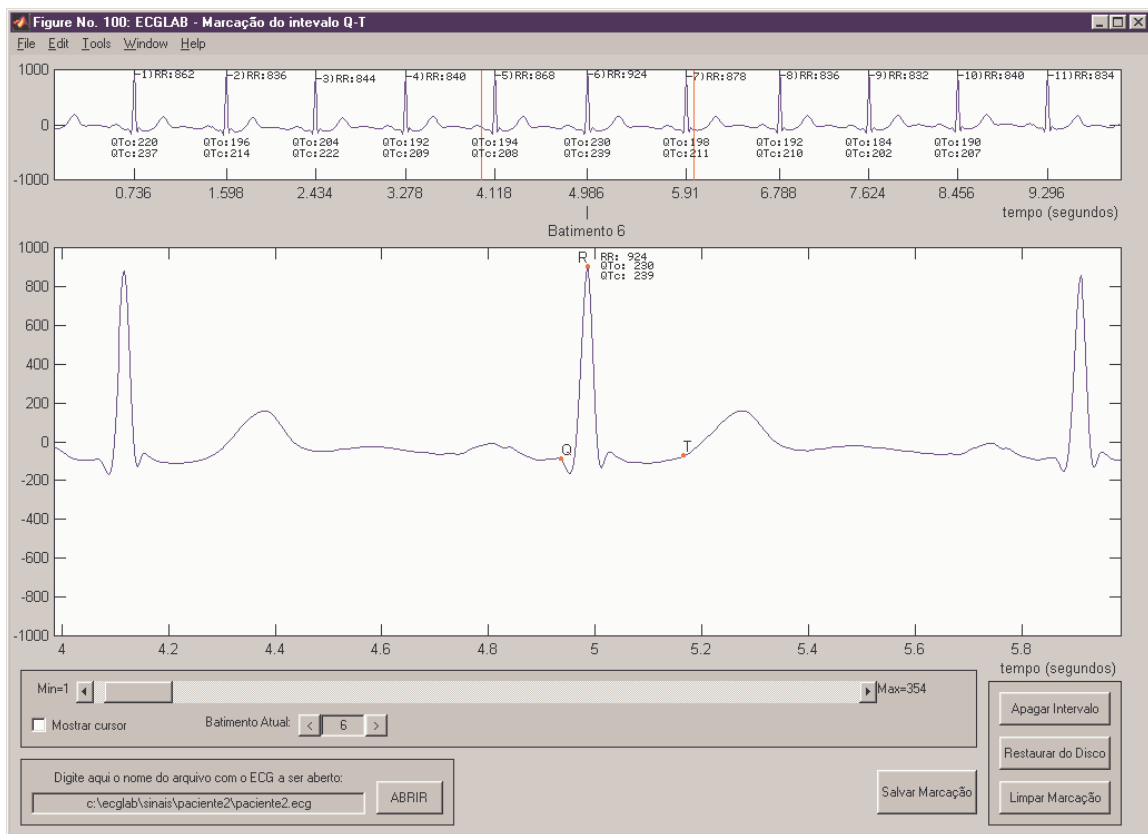
Nota: Quando um arquivo de sinal R-R é aberto, o PoincareRR grava um arquivo com extensão ‘.pr’, contendo as informações sobre a análise do plot de Poincaré. O arquivo ‘.pr’ contém dois inteiros de 16 bits indicando os limites do gráfico e um número em ponto flutuante de 32 bits indicando a faixa de abrangência dos percentis.

9. Módulo ECGLabQT

Para iniciar o módulo PoincareRR, na tela de comando do MATLAB digite:

```
cd c:\ecglab
ecglabQT
```

Para abrir um sinal de ECG, digite, no campo indicado, o caminho e nome do arquivo de ECG que se deseja abrir. Clique então no botão 'Abrir'. Se aparecer uma mensagem de erro, verifique se o diretório, o nome do arquivo e a extensão estão corretos e tente novamente. Se aparecer uma mensagem dizendo "Antes faça a marcação dos intervalos R-R!", então o arquivo a ser aberto foi encontrado, mas não foram encontradas as informações sobre a marcação das ondas R. O ECGLabQT utiliza essa informação para localizar cada batimento e para corrigir o intervalo QT observado. Por isso, é preciso rodar o ECGLabRR antes de utilizar o ECGLabQT.



Uma vez aberto um ECG, serão apresentadas duas telas. A de cima, mostra um trecho mais longo de ECG e os números na abscissa indicam os instantes das ondas R. O valor de cada intervalo RR também é mostrado. O batimento centralizado dentro nas barras verticais vermelhas é apresentado de forma ampliada no gráfico maior, logo abaixo. O usuário pode deslocar entre batimentos usando as setas no campo "Batimento Atual" ou usando a barra de rolagem logo abaixo dos gráficos. Também é possível pular direto para um batimento em específico, entrando com o número desse batimento no campo "Batimento Atual".

Uma vez centralizado no batimento para o qual se deseja medir o intervalo QT, deve se proceder da seguinte forma:

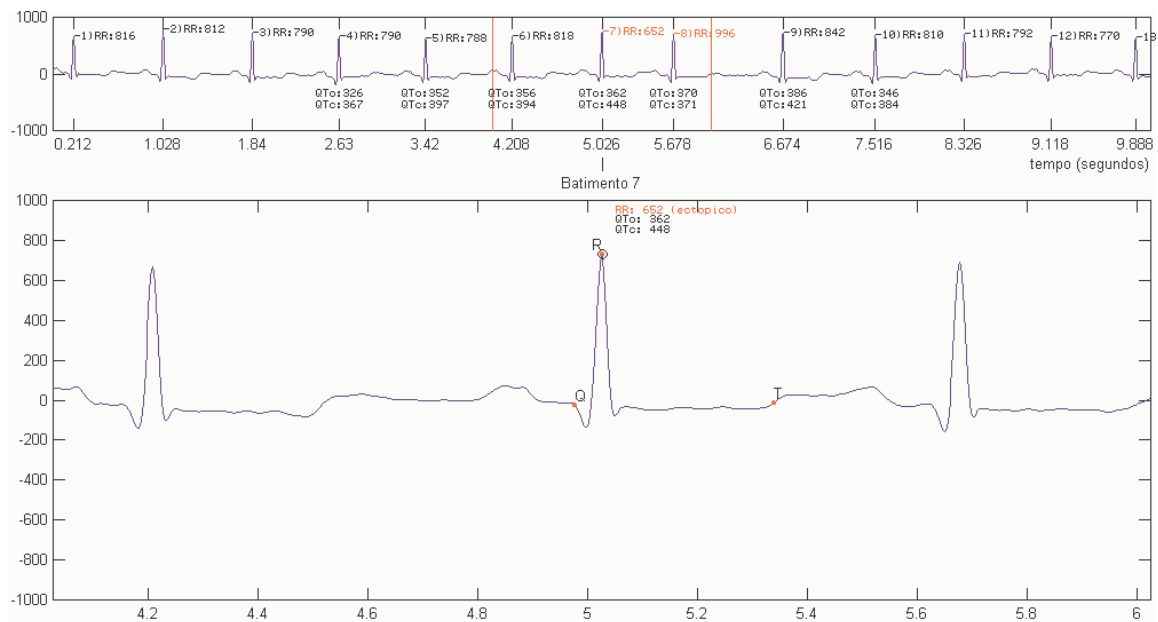
- Clique em qualquer lugar na tela, dentro do gráfico maior. Isso fará com que um cursor apareça;
- Use esse cursor para clicar sobre a onda Q. Assim, uma reta horizontal vermelha aparecerá nesse ponto indicando a linha de base.
- Use essa reta como referência para alinhar o cursor e marcar o início ou o fim da onda T. Para marcar o ápice da onda T, essa reta não tem utilidade.
- Deverá então aparecer os dois pontos marcados indicando as ondas Q e T. O valor do intervalo medido (ou observado) é apresentado (QT_o), assim como o intervalo QT_c corrigido com base no valor do intervalo RR subsequente. O QT_c é calculado com base na equação:

$$QT_c = \frac{QT_o}{\sqrt{RR}}$$

- Se houve erro na marcação, basta reiniciar o processo, clicando em qualquer ponto do gráfico para fazer o cursor aparecer.
- Se o intervalo foi marcado corretamente, deve-se seguir ao próximo batimento, clicando nas setas no campo “Batimento Atual”, e repetir o processo.
- Quando desejado, salve a marcação clicando no botão “Salvar Marcação”.

Para apagar um intervalo, basta centralizar no intervalo que se deseja apagar e clicar no botão “Apagar Intervalo”. Para apagar todos os intervalos, pode-se clicar no botão Limpar Marcação. Para restaurar uma marcação previamente salva, basta clicar no botão “Restaurar do Disco”.

Batimentos classificados como ectópicos durante a marcação das ondas R aparecem neste módulo em destaque, com cor vermelha e com um círculo preto ao redor da onda R. Os valores de QT para esses intervalos poderão ser removidos ou corrigidos nos módulos de análise.



Quando se salva a marcação os seguintes arquivos são gerados:

- arquivo .QTC: contem a série de intervalos QTc em ponto flutuante de 32 bits.
- arquivo .WRI: em formato ASCII, também contém a série de intervalos QTc, que pode ser visualizada em qualquer editor de texto.
- arquivo .IQT: contem a matriz RRQT gravada como ponto flutuante de 32 bits. Essa matriz tem 4 colunas, e cada uma contem respectivamente: o índice de cada onda R, o intervalo RR correspondente, o índice da onda Q e o índice da onda T. Ondas R com sinal negativo indicam batimentos ectópicos. Ondas Q e T representadas com -1 indicam que essas ondas ainda não foram marcadas.

Uma vez finalizada a marcação das ondas Q e T, deve-se salvar a marcação, fechar o ECGLabQT, e seguir ao próximo módulo.

Apêndice A: descrição do padrão ecgcapt

O programa ECGCAPT grava os arquivos de ECG com a taxa de amostragem de 500Hz, mas este parâmetro pode ser facilmente modificado no código fonte do ECGCAPT e no arquivo 'samplerate_ecg.cfg' do ECGLAB. As amostras são codificadas como inteiros de 16 bits sem sinal. Os 12 bits menos significativos correspondem ao valor da amostra, que vai de 0 a 4095. O bit mais significativo é utilizado para marcação de eventos (tecla [3] no ECGCAPT). Os três demais bits serão sempre iguais a zero.

Obs: Para utilizar sinais capturados com outros programas, pode ser necessário fazer um programa que os converta para o formato utilizado pelo ECGCAPT.