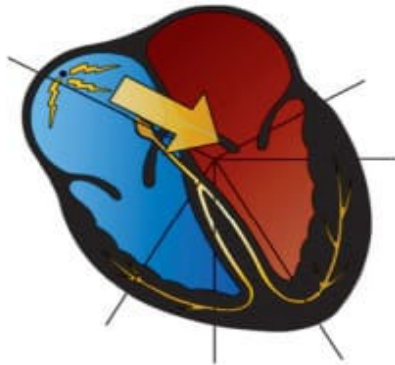


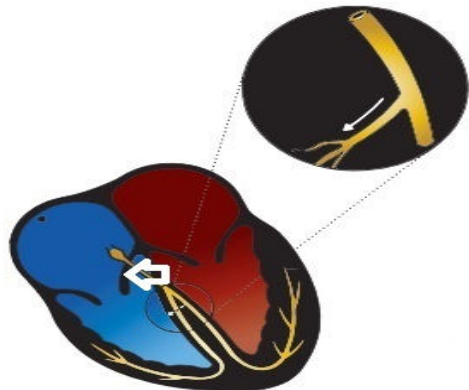
## Bases do Eletrocardiograma - ECG

O ECG nada mais é do que o registro das ondas elétricas do coração captadas através de eletrodos. O princípio básico é captar o vetor de despolarização, que irá apontar sempre para a carga positiva (esse conceito envolve a **Teoria do Dipolo**, para quem quiser se aprofundar). A energia gerada pelo coração pode ser medida através de eletrodos externos ao corpo. Essa medida é feita em milivolts já que a energia gerada é de pequena intensidade. Para entender o traçado do ECG, é importante que se entenda como os eletrodos captam a energia. Basicamente o que ocorre é: os eletrodos “enxergam” o sentido do vetor de despolarização e repolarização, e a partir disso o traçado é feito na máquina. De maneira bem simplista, se o vetor de despolarização segue em direção ao eletrodo ou o vetor de repolarização se afasta do eletrodo, o traçado será **positivo**; se o vetor de despolarização se afasta do eletrodo ou o vetor de repolarização se aproxima do eletrodo, o traçado será **negativo**; por fim, se o eletrodo está perpendicular ao sentido do vetor, o traçado será **bifásico**. O sistema de condução cardíaco é constituído pelo Nó Sinoatrial (AS), seguido do Nó atrioventricular (AV), feixe de His e seus ramos direito e esquerdo, e pelas fibras de Purkinje. Todos esses componentes são capazes de gerar impulsos elétricos de maneira autônoma, porém o que prevalece é aquele que tem maior frequência de disparo, no caso o Nó SA, que é o marca-passo fisiológico do coração. Um potencial de ação espontâneo originado no nó SA será conduzido de cardiomiócito a cardiomiócito por todo o músculo atrial direito e propagado para o átrio esquerdo. Cerca de um décimo de segundo depois da sua origem, o sinal chega ao nó atrioventricular (AV). O impulso não se difunde diretamente dos átrios para os ventrículos, devido à presença de um anel atrioventricular fibroso. Em vez disso, a única via disponível para o impulso propagar a partir do nó AV para o sistema é através das fibras His-Purkinje, uma rede de células de condução especializadas que transmite o sinal para o músculo de ambos os ventrículos. Como foi falado, a ativação/despolarização das células cardíacas gera um vetor. Dessa forma, a passagem do impulso pelas vias de condução cardíaca e a despolarização dos segmentos e câmaras cardíacas gerará vetores que serão captados pelos eletrodos e isso gera o traçado do ECG. É importante ter em mente que existem vários vetores, mas em geral os eletrodos enxergam os vetores resultantes. Inicialmente, o nó SA gera um impulso elétrico que irá seguir tanto para o átrio direito quanto para o átrio esquerdo, formando assim dois vetores. A despolarização do AD gera um vetor que aponta para baixo, enquanto que a do AE aponta para a esquerda. O vetor resultante, nesse caso, irá apontar para **baixo e para a esquerda**. Quando os eletrodos captam essa energia, a onda formada é a **Onda P**. Uma informação importante é que a onda P é **composta por componentes da despolarização do AD e do AE**. Após a despolarização dos átrios, o impulso segue para o nó AV, que retarda um pouco a transmissão do impulso elétrico para os ventrículos a fim de que haja primeiro a contração atrial, com esvaziamento dessas câmaras, e com os ventrículos ainda relaxados. Dessa forma, logo após a onda P, **há um traçado reto, já que a atividade elétrica está momentaneamente pausada no nó AV**. Quando o nó AV libera o impulso, ele seguirá para os ventrículos, despolarizando as regiões em que for passando. Portanto, a primeira região a ser despolarizada é o **septo interventricular**, e o vetor de despolarização nesse momento irá apontar para baixo, para a direita e para frente, fazendo com que um eletrodo colocado no ápice do coração enxergue o vetor elétrico se afastando, o que gera uma deflexão **negativa**, a chamada **Onda Q**. Após a despolarização septal, o impulso elétrico segue dos ramos do feixe His para as fibras de Purkinje para despolarizar os ventrículos. Um detalhe importante sobre a despolarização ventricular é que como as fibras de Purkinje estão localizadas muito internamente no músculo, a despolarização vai ocorrer de dentro para fora, ou seja, do

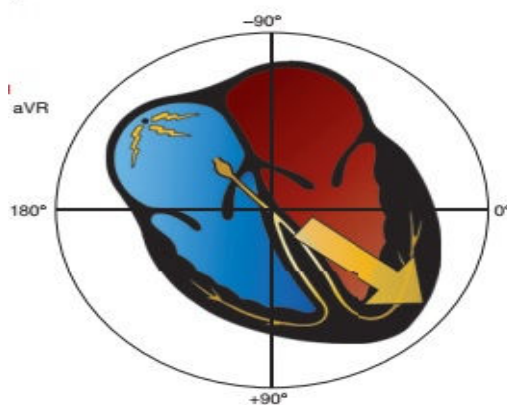
endocárdio para o epicárdio, portanto o vetor terá essa direção. Entretanto, como o ventrículo esquerdo possui uma massa de músculo maior, o vetor de despolarização ventricular apontará para **baixo, para a esquerda e para trás**. A captação dessa energia por um eletrodo colocado no ápice do coração irá gerar uma deflexão para cima, a chamada **Onda R**. Por fim, após a despolarização da parte livre dos ventrículos, o impulso segue para a porção basal dos ventrículos (que está mais próxima dos átrios, já que a base do coração é localizada superiormente). Dada a direção do impulso, o vetor resultante irá apontar para **cima e levemente para a direita**, portanto, a onda captada pelo eletrodo colocado no ápice do coração será para baixo, é a chamada **Onda S**. Essas 3 ondas formam o **complexo QRS**, que representa a despolarização atrial, mas que nem sempre é representado por essas 3 ondas. Um detalhe importante é que o complexo QRS esconde a onda de repolarização atrial. Seguindo a despolarização ventricular, ocorrerá a repolarização dessas câmaras, que no ECG é representada pela **Onda T**. A onda T possui a mesma polaridade do complexo QRS, ou seja, se o QRS for predominantemente positivo, a onda T também será. A explicação para isso é que o sentido da repolarização ventricular é de fora para dentro (o epicárdio começa a repolarizar primeiro), e como o sentido da repolarização é oposto ao da despolarização será registrado no ECG uma deflexão positiva.



Vetor resultante da despolarização atrial e formação da onda P



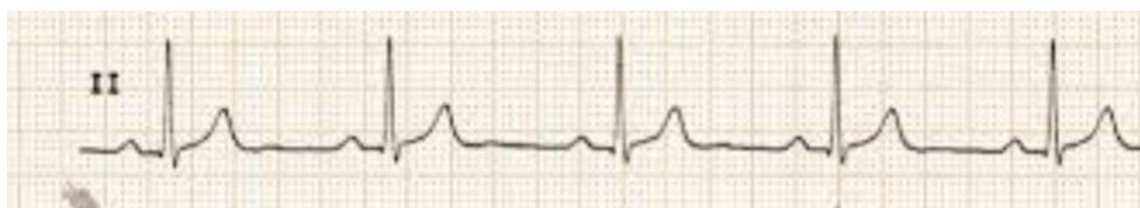
Vetor resultante da despolarização septal e formação da Onda Q



Vetor resultante da despolarização ventricular e formação da onda R



Vetor resultante da repolarização ventricular e formação da Onda T



## Ondas, Intervalos e Segmentos

Como já sabemos um pouco das ondas, vamos entender agora particularidades relacionadas à elas:

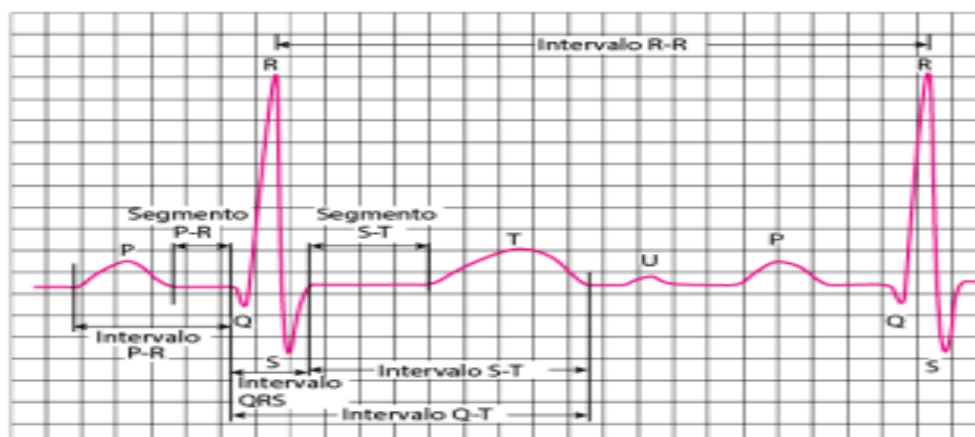
**Onda P:** é a onda formada pela despolarização atrial, ela é de pequena amplitude (geralmente 0,25 mv) e de curta duração (<0,11s). Como dito acima, ela possui dois componentes: um da despolarização atrial direita e outro da esquerda. O átrio direito está relacionado com a amplitude dessa onda, ao passo que o átrio esquerdo está relacionado com a duração.

**Complexo QRS:** é formado pela despolarização ventricular, geralmente sucede um período de atividade isoeletrica no ECG, que corresponde ao retardo na condução pelo nó AV. Geralmente a onda R possui a maior amplitude, mas isso varia de acordo com a derivação analisada. Além disso, nem sempre o complexo será formado por essas 3 ondas.

- Se a primeira deflexão for para baixo, é chamada de onda Q.
- A primeira deflexão para cima é chamada de onda R.
- Se houver uma segunda deflexão para cima, ela é chamada R' (R linha).
- A primeira deflexão para baixo, após uma deflexão para cima, é chamada de onda S. Portanto, se a primeira onda do complexo for uma onda R, a deflexão seguinte para baixo é chamada onda S e não onda Q.

**Onda T:** representa a repolarização ventricular. Lembrando que ela geralmente é positiva nas derivações onde as ondas R são altas. Além das ondas, o traçado de ECG apresenta **segmentos** e **intervalos**. Os segmentos são as linhas retas (linha isoeletrica) entre as ondas. Dessa forma existem dois segmentos no ECG: o **segmento PR**, que é a linha existente entre o fim da onda P e o início do complexo QRS (representa o retardo da condução pelo nó AV) e o **segmento ST**, que é a linha existente do fim do complexo QRS até o início da onda T. Já os **intervalos** englobam as linhas e as ondas. Nesse sentido, existem alguns intervalos que devemos mencionar:



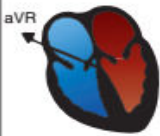
- O intervalo PR: compreende o início da onda P e o começo do complexo QRS, ou seja vai do início da despolarização atrial até o início da despolarização ventricular.
- O intervalo QT vai do início do complexo QRS até o final da onda T
- O intervalo ST começa no fim do complexo QRS e vai até o fim da onda T
- Intervalo RR: vai de uma onda R até outra

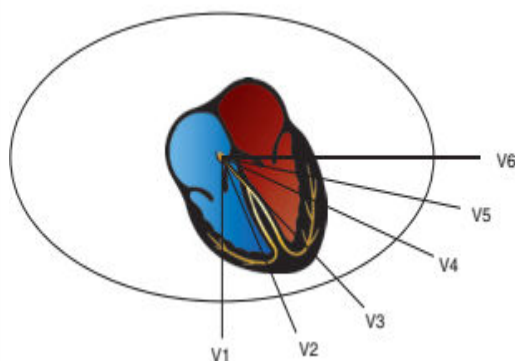


## Derivações do ECG

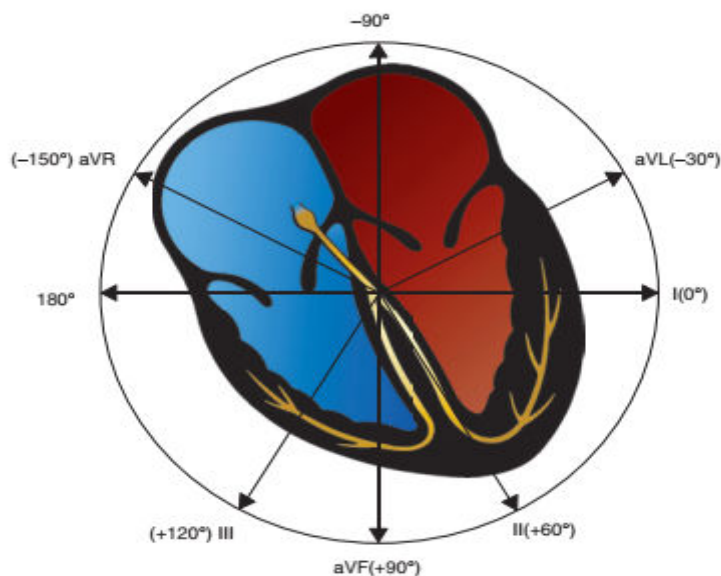
Uma derivação no Eletrocardiograma (ECG) é uma maneira de medir a atividade elétrica do coração em uma determinada posição. Durante o exame, eletrodos são colocados em pontos específicos do corpo do paciente, e a diferença de potencial elétrico entre eles é medida. Essa diferença de potencial é registrada como uma curva no gráfico do ECG, que representa a atividade elétrica do coração em tempo real. Existem diferentes tipos de derivações no ECG, que correspondem a diferentes posições dos eletrodos no corpo do paciente. As derivações padrão incluem as derivações de membros, que são obtidas colocando os eletrodos nos braços e nas pernas do paciente, e as derivações precordiais, que são obtidas colocando os eletrodos no tórax do paciente em locais específicos. As derivações precordiais são obtidas colocando os eletrodos no tórax do paciente, em locais específicos. Essas derivações são importantes para avaliar a atividade elétrica do coração em diferentes partes do ventrículo esquerdo. As derivações precordiais incluem as derivações V1, V2, V3, V4, V5 e V6, e cada uma delas contempla uma área específica do coração.

Além das derivações precordiais, existem também as derivações de membros, que incluem as derivações D1, D2 e D3. A derivação D1 é obtida colocando um eletrodo no braço esquerdo e outro no braço direito, e contempla a atividade elétrica na parte anterior do coração. A derivação D2 é obtida colocando um eletrodo no braço direito e outro na perna esquerda, e contempla a atividade elétrica na parte inferior do coração. A derivação D3 é obtida colocando um eletrodo no braço esquerdo e outro na perna esquerda, e contempla a atividade elétrica na parte lateral esquerda do coração. As derivações do ECG são importantes para avaliar a atividade elétrica do coração em diferentes posições e ângulos, permitindo um diagnóstico mais preciso de condições cardíacas, como arritmias e infartos. Cada derivação registra a atividade elétrica do coração em uma área específica, o que permite aos médicos avaliar a função elétrica do coração como um todo e identificar possíveis problemas.

Derivação	Ângulo	
<b>Derivações inferiores</b>		
Derivação II	+60°	
Derivação III	+120°	
Derivação aVF	+90°	
<b>Derivações laterais esquerdas</b>		
Derivação I	+0°	
Derivação aVL	-30°	
<b>Derivação do lado direito</b>		
Derivação aVR	-150°	



## Eixo elétrico e Frequência Cardíaca



### Eixo Elétrico

Uma das principais informações obtidas a partir do ECG é o eixo elétrico cardíaco, que representa a direção em que a atividade elétrica está se propagando no coração. O eixo elétrico é determinado pela soma vetorial dos impulsos elétricos gerados pelas células cardíacas, e sua análise pode fornecer informações valiosas sobre a saúde do coração e possíveis anormalidades. Pode-se representar uma força graficamente como um vetor: um segmento de reta no plano cartesiano que apresenta direção, sentido e magnitude. Os impulsos elétricos são forças e, portanto, podem ser representados vetorialmente. Com base nos impulsos avaliados pelas diferentes derivações do ECG, pode-se efetuar a soma vetorial e obter o vetor médio, ou eixo elétrico cardíaco. O eixo é expresso em graus, com base em um plano imaginário que compreende as derivações periféricas.

O eixo elétrico pode ser classificado como:

- Normal ( $-30^\circ$  a  $+90^\circ$ );
- Desviado à esquerda ( $-30^\circ$  a  $-90^\circ$ );
- Desviado à direita ( $+90^\circ$  a  $180^\circ$ );
- Eixo com desvio extremo ( $-90^\circ$  a  $180^\circ$ );

Existem diversos métodos para a determinação do eixo elétrico cardíaco, com maior ou menor precisão. Um método simples para determinar a presença de desvio consiste na análise de DI e aVF.

1. Se o QRS é positivo em DI e aVF, o eixo é normal.
2. Se o QRS é negativo em ambas as derivações, o eixo tem um desvio extremo.
3. Se em DI é negativo e em aVF é positivo, o eixo tem um desvio à direita.
4. Se o QRS é positivo em DI e negativo em aVF, é necessário avaliar a derivação D2
  - 4 a. Se é positivo em D2, o eixo é normal.
  - 4 b. Se é negativo em D2, o eixo tem um desvio à esquerda.



Um outro método bastante eficaz consiste em identificar a derivação em que o complexo QRS é isodifásico, isto é, quando o tamanho das ondas R e S são iguais. Uma vez identificado o QRS isodifásico, procura-se a derivação perpendicular. Se o QRS nesta derivação é positivo, a direção do eixo é esta. Se o QRS for negativo, o eixo está na direção oposta.

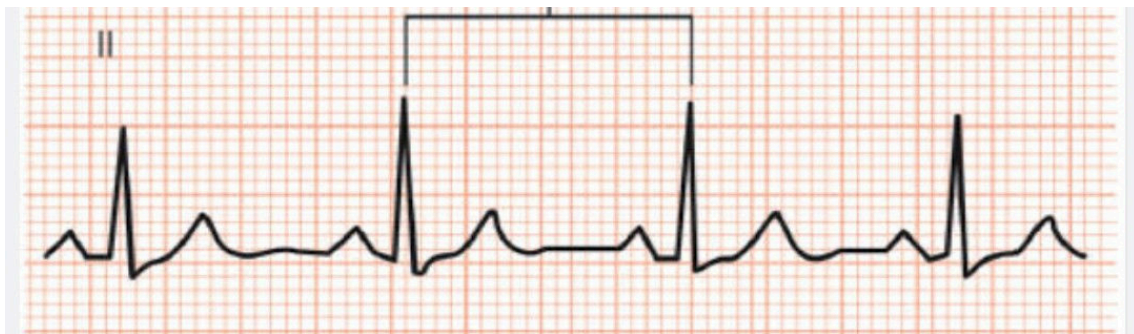
Exemplo: Se o QRS é isodifásico em aVL, localiza-se DII (perpendicular a aVL). Se o QRS é positivo em DII, então o eixo elétrico está em sua direção, localizado entre aVL e DII, portanto classificado como normal.

É importante ressaltar que o eixo elétrico cardíaco é apenas uma ferramenta diagnóstica e que outros exames e avaliações clínicas são necessários para confirmar uma possível anormalidade cardíaca.

## Frequência Cardíaca

Além do eixo elétrico, outra informação importante pode ser obtida a partir do eletrocardiograma: a frequência cardíaca. A frequência cardíaca é o número de contrações por minuto e, em um adulto jovem saudável, está entre 60 e 100 batimentos por minuto. Para calcular a frequência cardíaca no ECG, deve-se medir a distância entre 2 ondas R consecutivas. Sabendo o comprimento de cada “quadrado” do ECG, tem-se a frequência. Como o padrão para o ECG é um quadrado grande cujo lado representa 0,2s, dividido em 5 quadrados pequenos de lado 0,04s, podemos estabelecer fórmulas simples para efetuar o cálculo da frequência de forma rápida:

- Frequência =  $300/\text{número de quadrados grandes (entre duas ondas R)}$ ;
- Frequência =  $1500/\text{número de quadrados pequenos (entre duas ondas R)}$ ;



No ECG acima há 4 quadrados grandes entre duas ondas R, logo  $300/4 = 75\text{bpm}$  ou 20 quadrados pequenos entre duas ondas R, portanto  $1500/20 = 75\text{bpm}$

## Distúrbios eletrolíticos

### Hipercalemia

À medida que o potássio começa a subir, as ondas T começam a se apicular, pois com o aumento na concentração do potássio sérico, a diferença de concentração entre o potássio intra e extracelular diminui, com isso o gradiente de concentração é reduzido, interferindo na saída desse mineral durante a repolarização. Esse efeito pode facilmente ser confundido com as ondas T apiculadas de um infarto agudo do miocárdio. Uma diferença é que as alterações em um infarto são confinadas às derivações que ficam sobre a área do infarto, ao passo que, na hipercalemia, as alterações são difusas. Com um maior aumento do potássio sérico, o intervalo PR se torna prolongado, e a onda P se achata gradualmente e depois desaparece. Finalmente, o complexo QRS se alarga até que se mescla com a onda T formando uma onda de padrão senoide. Eventualmente pode se desenvolver fibrilação ventricular.



### Hipocalemia

Três alterações podem ser vistas, ocorrendo sem uma ordem específica:

- depressão do segmento ST;
- achatamento da onda T;
- aparecimento da onda U.

O termo *onda U* é dado a uma onda que aparece após a onda T no ciclo cardíaco. Ela geralmente tem o mesmo eixo que a onda T e, em geral, é mais bem visualizada nas derivações anteriores. O seu significado fisiológico preciso não é bem compreendido. Embora as ondas U sejam o sinal mais característico da hipocaliemia, elas não são, por si só, diagnósticas. Outras condições podem produzir ondas U proeminentes (doenças do sistema nervoso central e certos fármacos antiarrítmicos, por exemplo) e ondas U podem, às vezes, ser vistas em pacientes com corações normais e níveis séricos de potássio normais.

