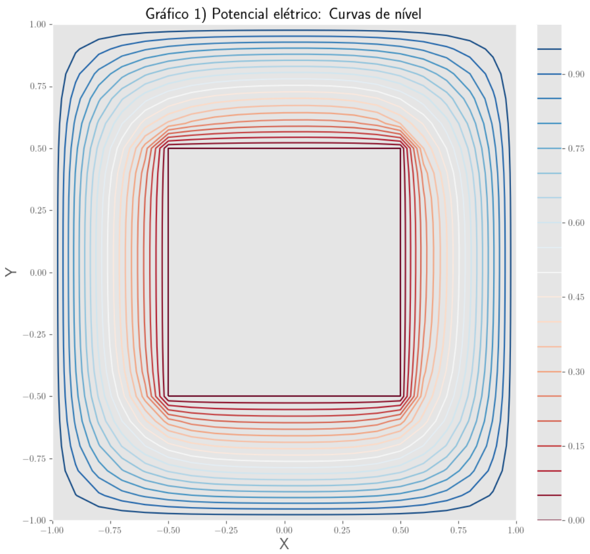
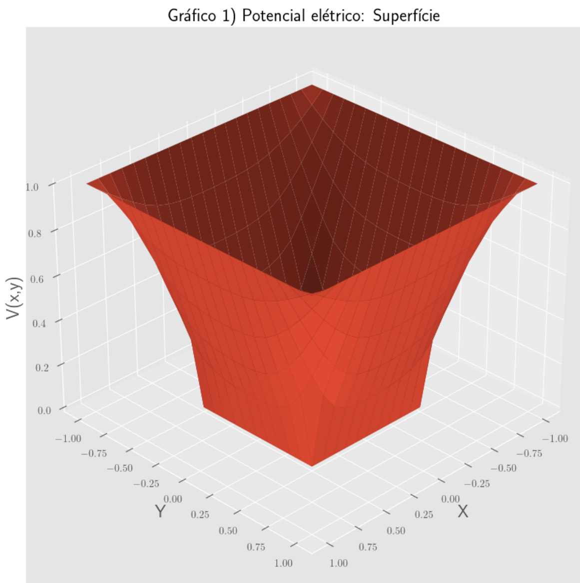
LISTA 2

Pedro Zilves Maio Ventura
Instituto de Física - Universidade Federal do Rio de Janeiro
e-mail: pedrozventura@gmail.com

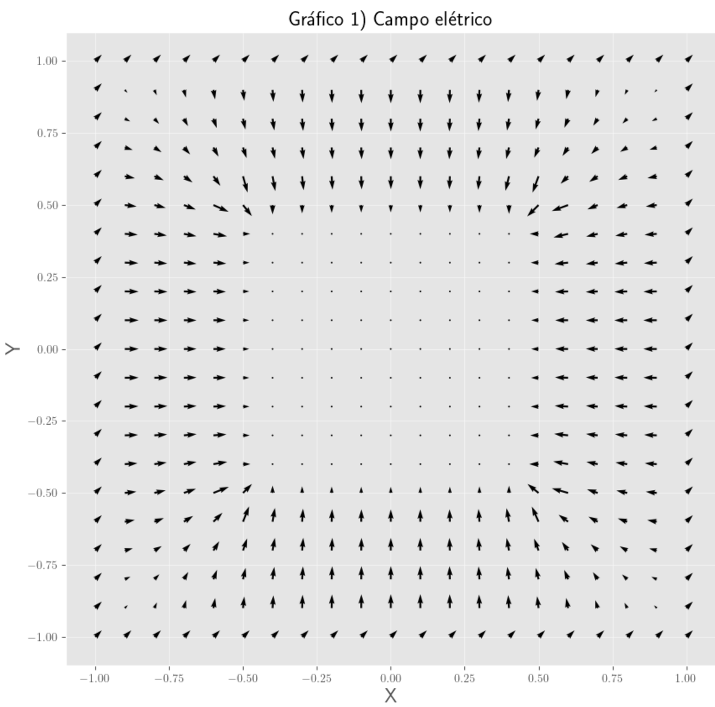
1. QUESTÃO 1: Caixa com potencial V=1 nas paredes e quadrado preenchido com potencial V=0.

Abaixo, encontra-se gráficos do potencial elétrico $V(x,y)$ na forma de curvas de nível na esquerda e como uma superfície em $3D$ na direita:





Para o campo elétrico temos:

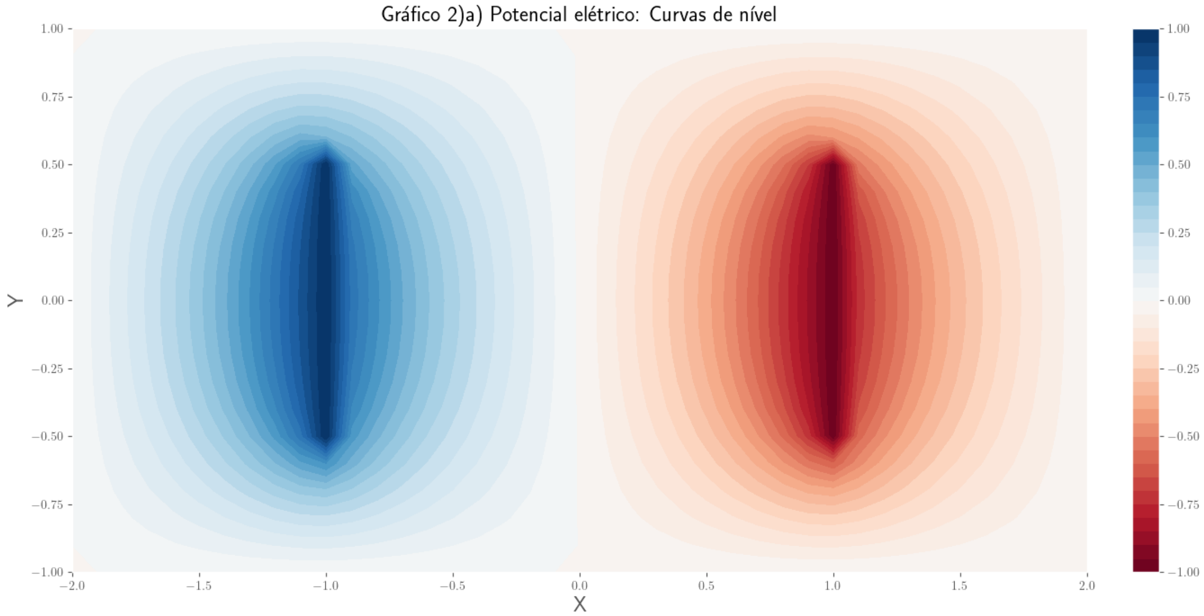


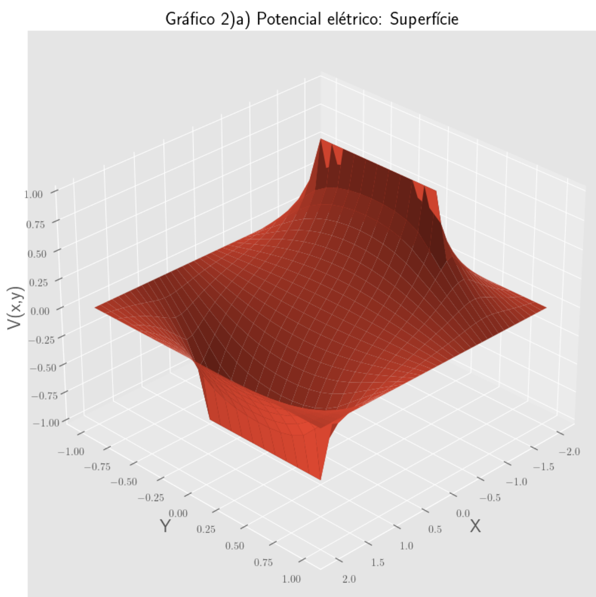
O programa foi feito de tal modo que a caixa com paredes $V = 1$, tem lado 2, centrada em 0, no plano XY. O quadrado preenchido com $V = 0$ tem lado 1 também centrado na origem. Os resultados obtidos estão de acordo com o esperado e fazem sentido físico.

2. QUESTÃO 2: Retângulo com potencial V=0 nas paredes com placas de capacitor no interior, uma com potencial V=1 e outra V=-1

2.a. Potencial elétrico

Nessa questão foi utlizada uma caixa retangular com $V = 0$ com dimensões (4×2) centrada na origem do plano XY, com as placas do capacitor em $x = -1$ com $V = 1$ e $x = 1$ com $V = -1$, respectivamente, para simular a Figura 1 da lista.





2.b. Campo elétrico em função de d

Sendo d a separação entre as placas do capacitor, queremos investigar a magnitude do campo elétrico na região entre as placas em função de d. Para isso vamos analisar os gráficos vetoriais do campo para as separações : $d = \{3, 2, 1, 0.4\}$ abaixo. A intensidade do campo elétrico na região entre as placas pode ser representada pela tamanho da seta que aponta da esquerda para direita. O que vemos é que no começo, as placas afastadas, quase não há campo significativo na região. Porém a medida que as aproximamos o tamanho das setas fica maior e portanto, o campo elétrico mais intenso, como era de se esperar.

Gráfico 2)b Campo elétrico d:3.0

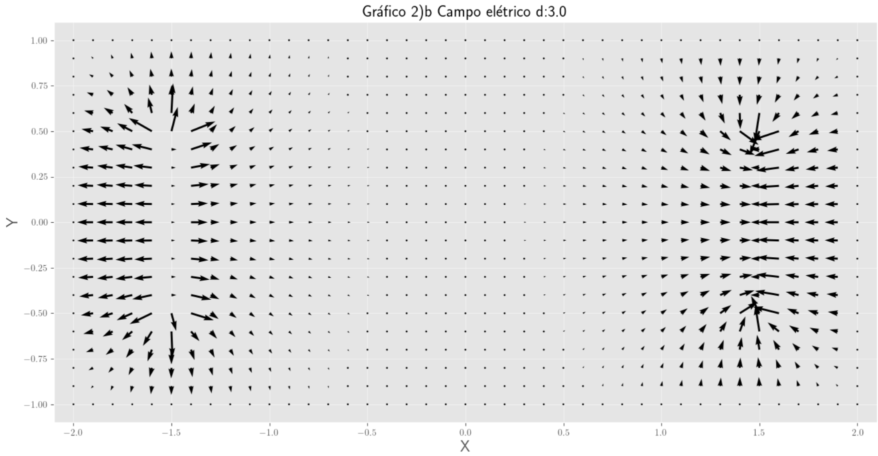


Gráfico 2)b Campo elétrico d:2.0

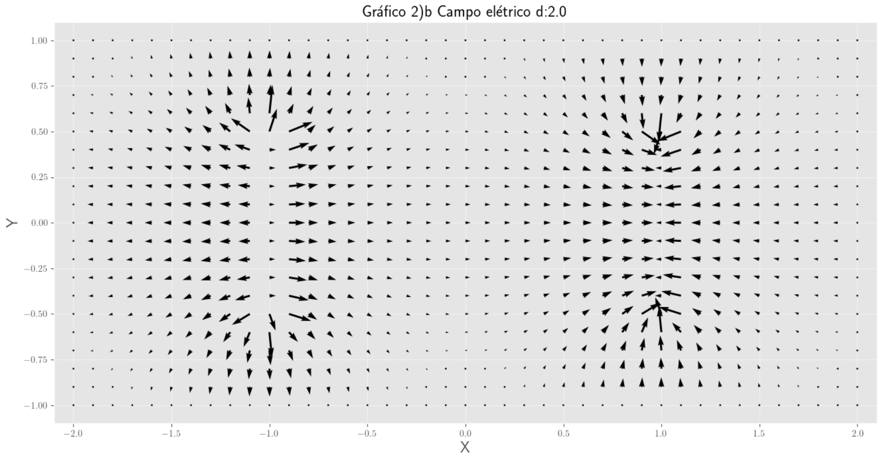


Gráfico 2)b Campo elétrico d:1.0

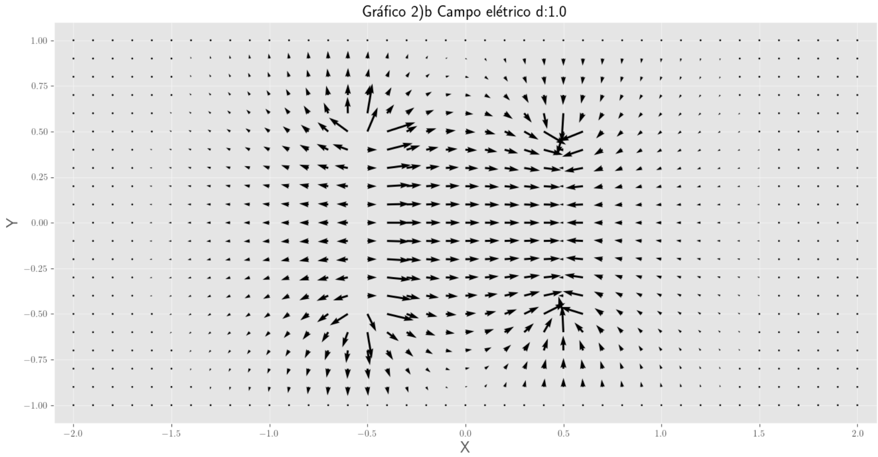
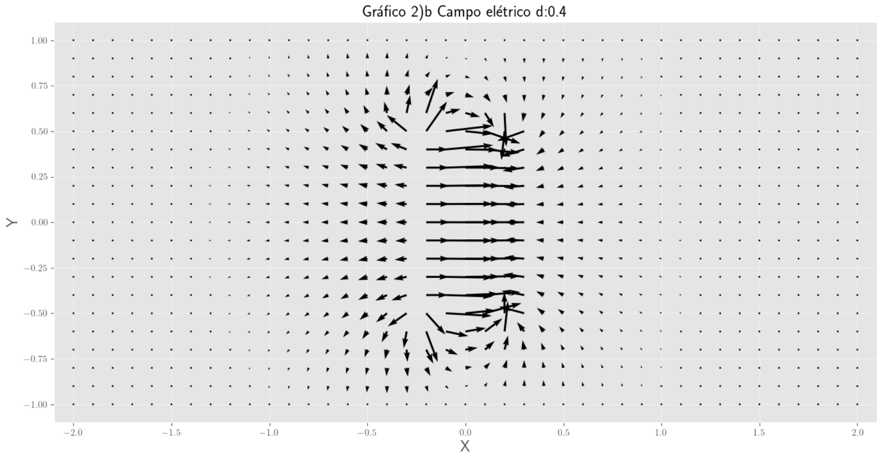


Gráfico 2)b Campo elétrico d:0.4

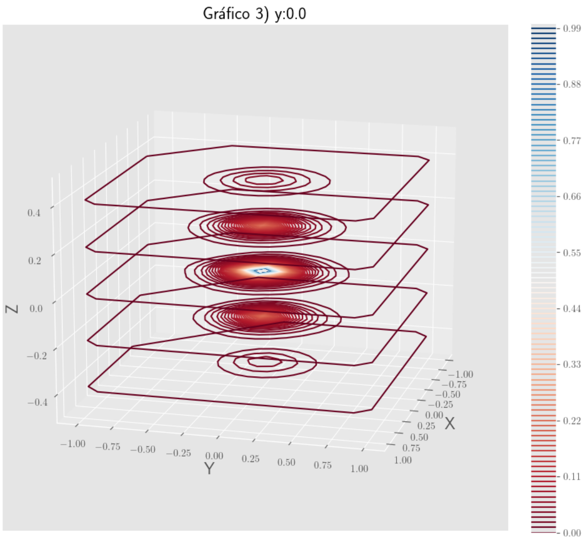


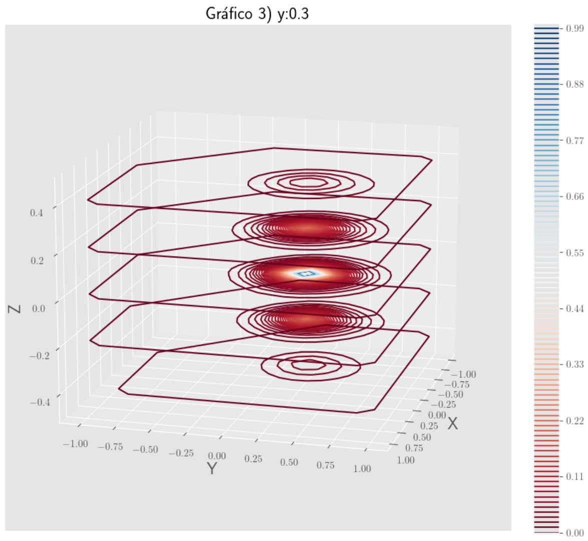
2.c. Bordas do capacitor

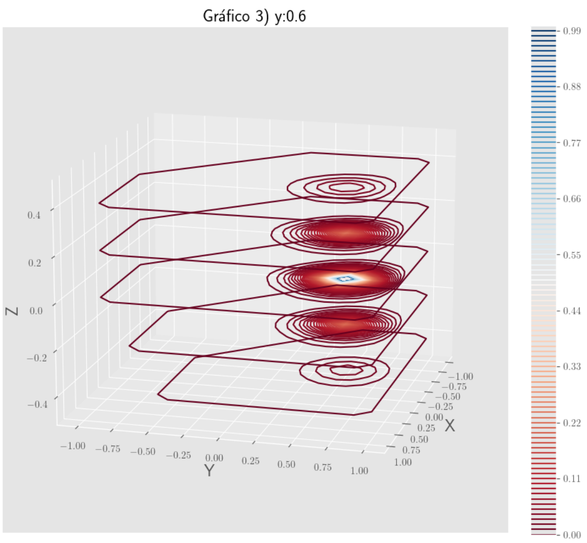
É perceptível que o campo elétrico nas bordas das placas do capacitor é muito mais intenso do que em ponto mais afastados. Esse comportamento é visto em todos os gráficos acima em que o tamanho das setas é muito maior perto das placas e em pontos mais afastados seu tamanho é praticamente desprezível próximos de um ponto. Isso ocorre porque o campo eletrico é uma função da distância, e também devemos considerar a condição de contorno que a caixa retângular tem paredes com potencial $V = 0$.

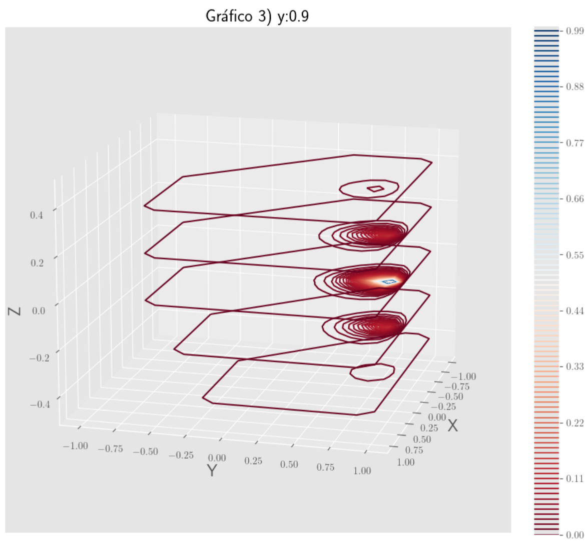
3. QUESTÃO 3: Carga pontual dentro de um cubo de paredes com potencial V=0

Nessa questão estamos interessados no comportamento de curvas de equipotenciais em um plano XY (para um dado Z) à medida que aproximamos uma carga pontual de carga Q da face de um cubo com potencial $V = 0$ nas paredes. Aqui colocamos a carga pontual no centro em $(x,y,z) = (0,0,0)$ e a aproximamos somente na direção y. Na verdade, escolhemos 5 fatias para analisar melhor o que acontece elas são $z = \{-0.2, -0.4, 0, 0.2, 0.4\}$ e encontram-se abaixo:

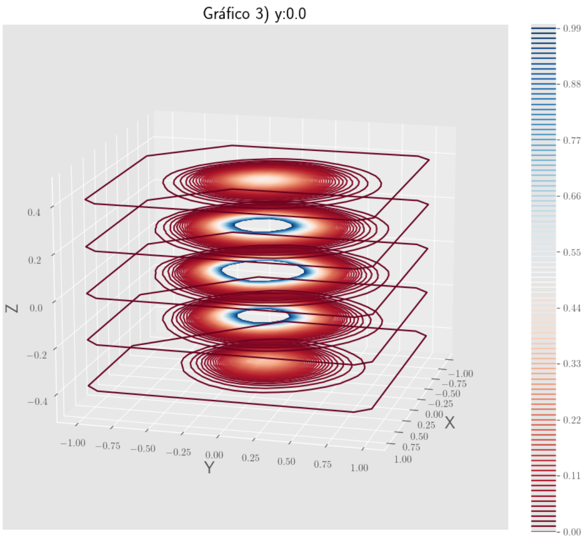


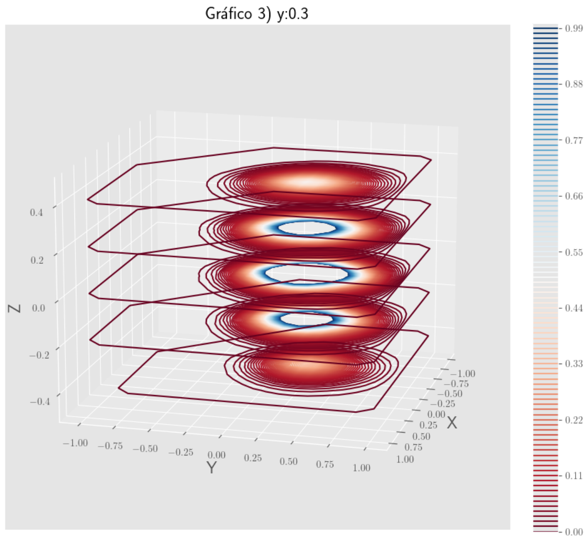


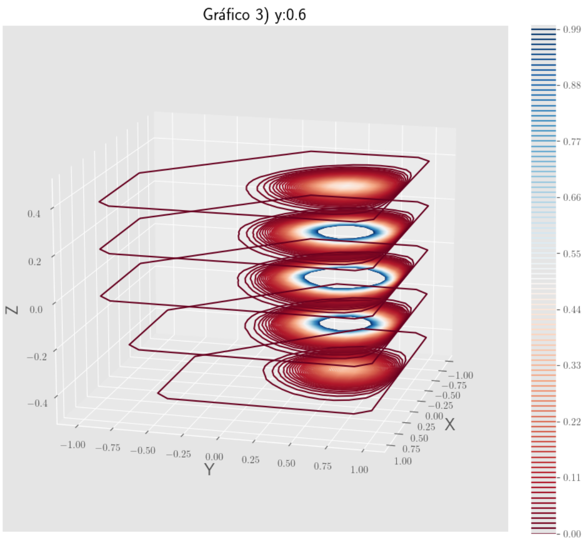


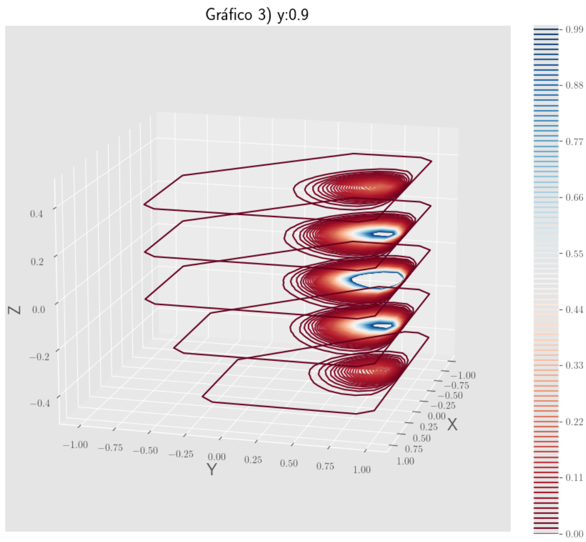


Para montar estes gráficos utilizamos uma distribuição de carga $\rho(0, y_0, 0) = 1$ onde y_0 é o valor de y indicado nos títulos do gráfico. O cubo tem lado 2, centrado na origem. Para melhor análise podemos aumentar a carga e consequentemente o pontencial produzido por esta carga Q. Os mesmos gráfico, só que para uma densidade $\rho(0, y_0, 0) = 10$, seguem:



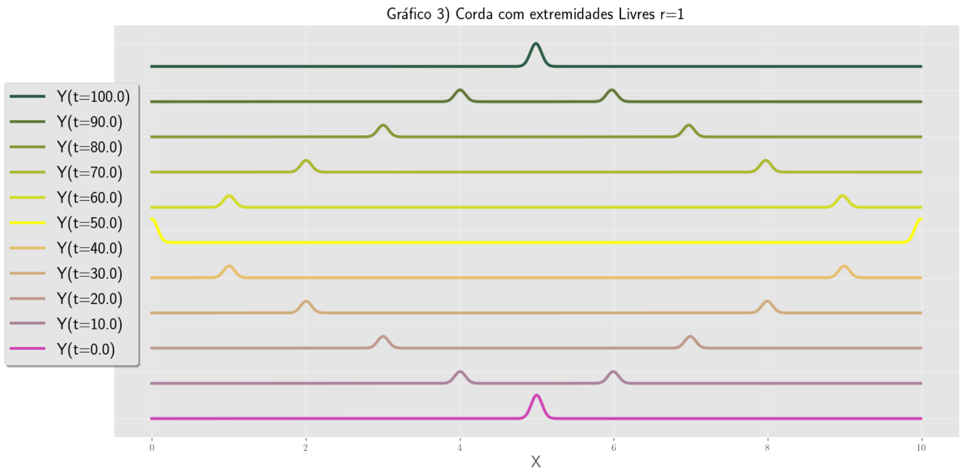






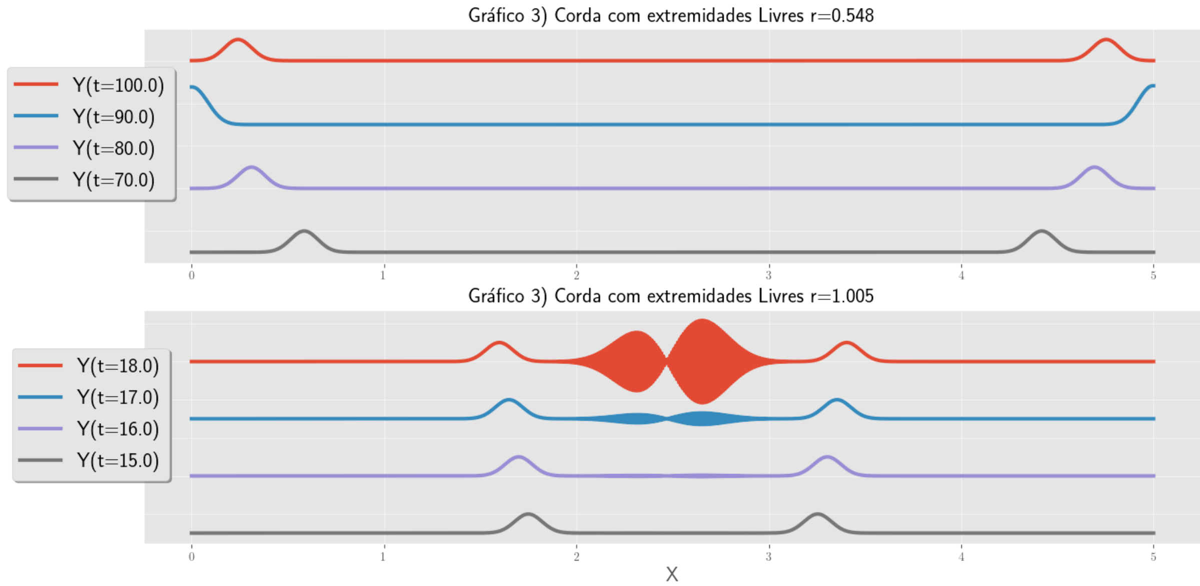
Aqui o efeito fica mais visível. A medida que aproximamos a carga da parede com $V = 0$ do cubo, vemos uma diminuição do potencial produzido. Esse efeito fica nítido em todas as fatias. Outra coisa, é que nos gráficos onde a distância à face é menor, vemos uma deformação nas linhas equipotenciais. Estas que uma vez eram aneis circulares, agora têm um formato de *gota* ou *semente* com o lado próximo a parede mais *achatado*.

4. Questão 4: Onda na corda com extremidades livres



Para uma corda de comprimento $L = 10$, com extremidades livres temos o comportamento produzido numéricamente, descrito no gráfico acima. A escolha foi feita de tal modo que o perfil inicial da corda é descrito por uma cuva gaussiana, centrada no meio da corda. Aqui vemos uma evolução temporal do formato da corda que acontece debaixo para cima, como indicado pela legenda do gráfico. É possível ver que, diferentemente do caso apresentado em sala de aula, a onda refletida na extremidade não inverte.

O programa foi calculado com $r = 1$, $dt = 0.1$, $Nx = 1000$. Agora para r diferentes, vamos analisar os seguintes gráficos, para uma corda com $L = 5$:



Aqui temos inicialmente a situação de $r < 1$. Nesse caso, mostro somente alguns instantes em que ocorre a reflexão da onda, onde possívelmente poderiam ocorrer erros. Mas estes não são vistos. Aliás, para este valor de r temos um comportamento razóavel para todos os instantes de tempo tomados. A diferença entre os instantes se dá ao fato de que $r \propto v$, portanto temos uma onda que se propaga mais lentamente.

No segundo caso temos $r > 1$. Aqui é nítido que o modelo não se ajusta bem, provocando uma deformação na corda que aumenta com o tempo. Esse comportamento divergente da amplitude da onda era esperado para um $r > 1$ em que o nosso $dx/dt < c$ e o algorítimo não é capaz de lidar com uma onda se propagando nessa velocidade. Nesse caso, a solução numérica falha.