

Relatório de atividades - Híbrida óptica

Caio R. Correia de Oliveira

December 7, 2022

Atividades (04/11)

Montagem do MMI

Como primeira etapa para o dimensionamento da híbrida óptica, realiza-se a montagem do dispositivo MMI que será utilizado.

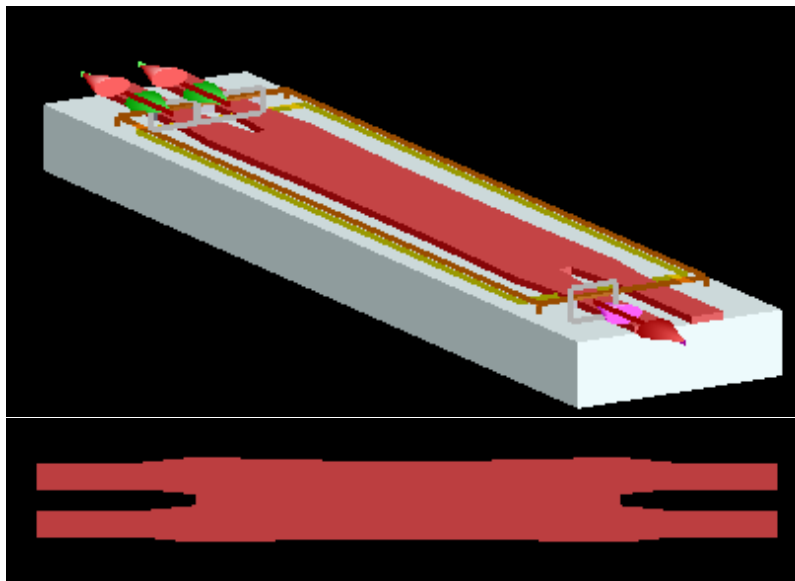


Figure 1: Montagem do MMI no FDTD

Para a montagem inicial, após alguns testes, utilizou-se os seguintes parâmetros:

- Utilização das exatas dimensões determinadas pelo trabalho de referência
- Utilização de três portas para medição (1 entrada e 2 saídas)
- SOI (Silicon on Insulator) com 220nm de espessura
- Utilização de um monitor de *frequency-domain field and power* (DFT)
- O tempo de simulação foi definido inicialmente em 1000 fs (femto-segundos)
- FDTD mesh accuracy: 5

Simulação

Com a primeira versão de montagem, obteve-se os seguintes resultados:

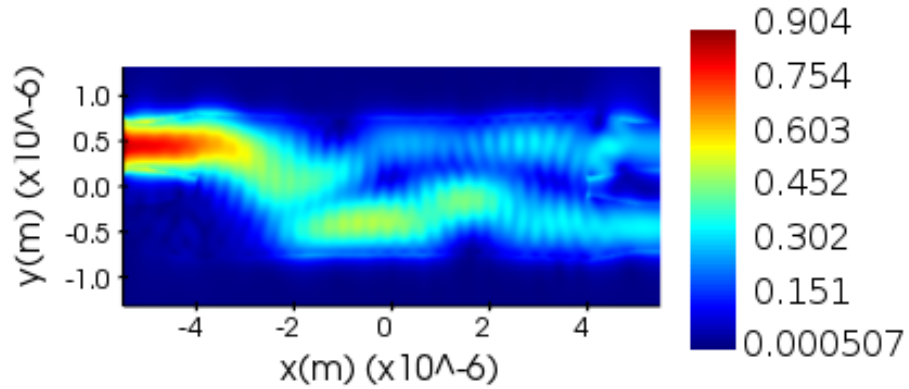


Figure 2: Perfil de campo elétrico (1550nm)

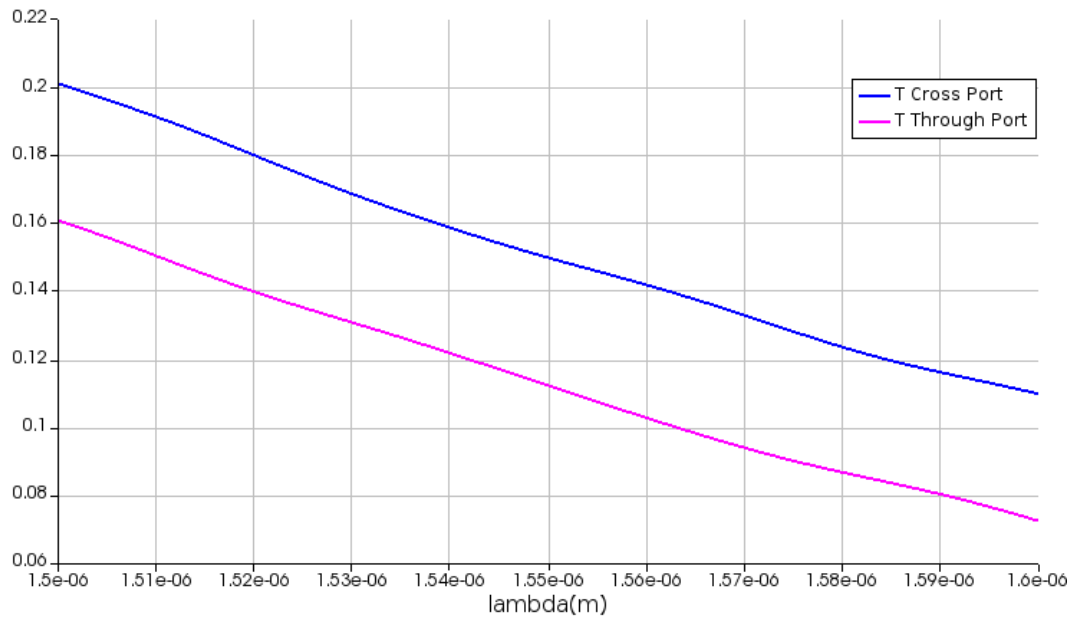


Figure 3: Transmissão das saídas

Como visto, são resultados bastante indesejáveis para a aplicação, principalmente quando se considera a utilização de vários para o projeto final.

Utilizando um FDTD Accuracy = 4 e incrementando suavemente o número de mesh cells em Y, retirando em em z e em x, gerou-se os seguintes resultados:

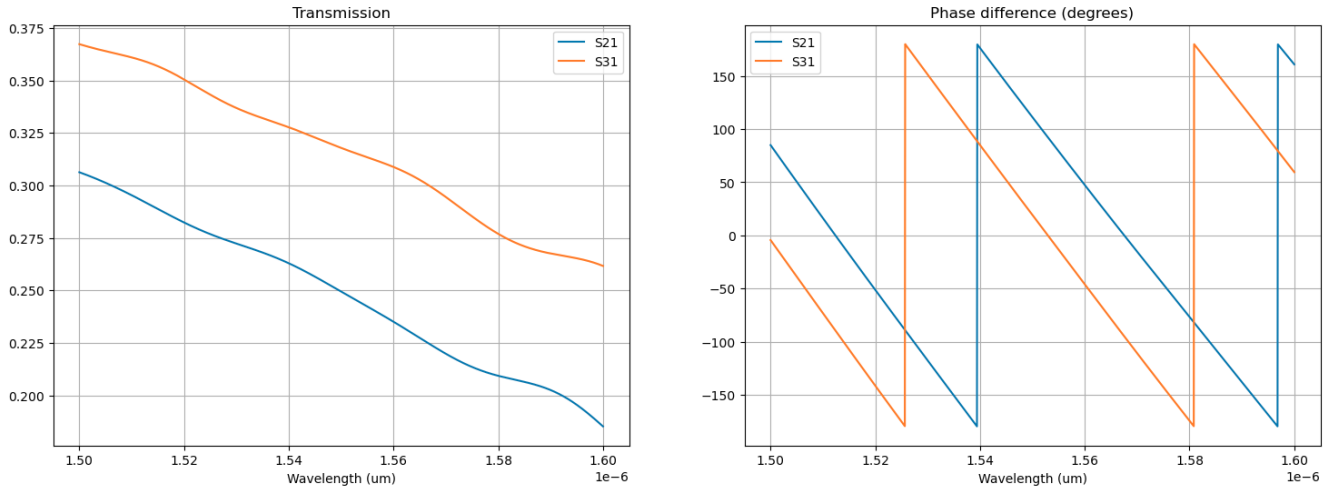


Figure 4: Transmissão e fase da simulação focada em número de mesh cells em Y

Atividades (05/11 - 07/11)

Aplicação de mesh

Nesse período, realizou-se simulações de alta precisão para averiguar se havia pouca influência da interpolação aplicada no corpo do MMI devido às baixas quantidade de mesh cells.

Com isso, aplicou-se 4 meshes: 1 no corpo do MMI, e 3 nas portas (1 entrada e 2 saídas, sobrando uma porta sem mesh). O melhor resultado encontrado até então segue na Figura 6

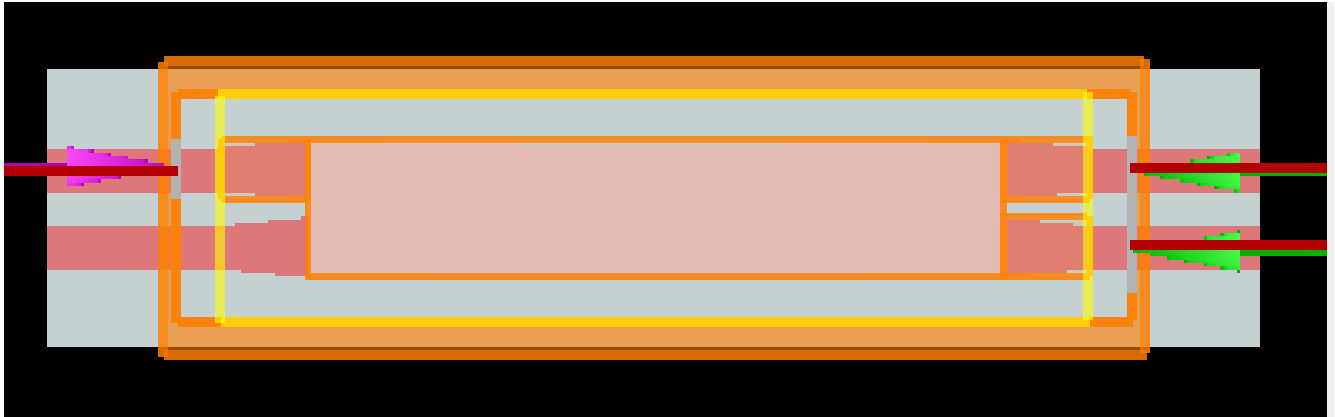


Figure 5: Modelo com Mesh

Como se pode observar na Figura 6, a transmissão das portas foi consiveravelmente melhorada, porém ainda não compatível com o trabalho de referência.

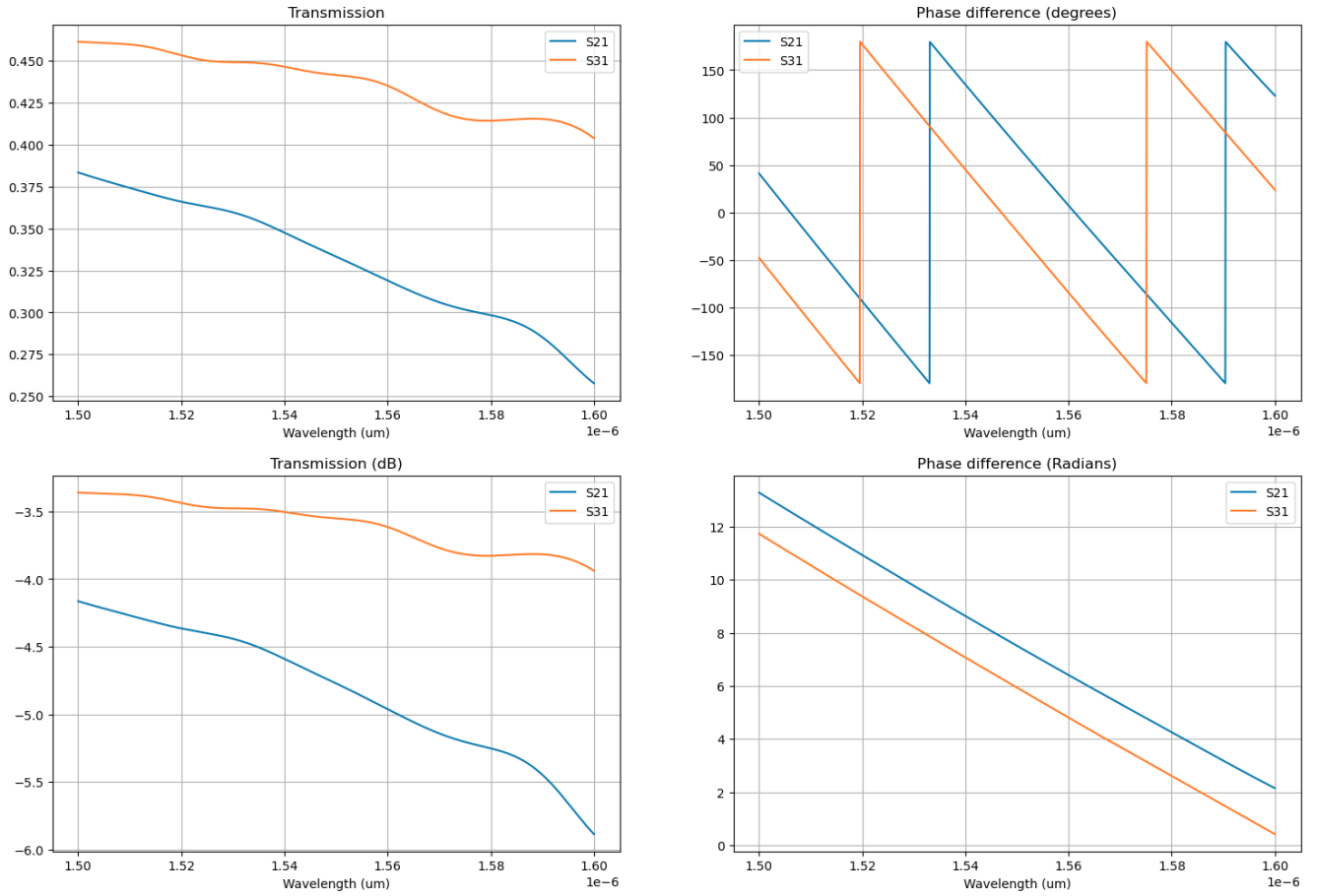


Figure 6: Transmissão e fase do modelo com Mesh

Atividades (09/11 - 10/11)

Nesse período, houve a realização de sweeps de convergência no mesh no FDTD, apresentando uma característica insatisfatória em relação à transmissão das portas.

Desse modo, algumas alterações de topologia e simulação foram realizadas:

- Retirada do mesh
- FDTD Accuracy: $4 \rightarrow 5$
- Aumento das regiões de injeção de campo das portas em z : $0.4 \text{ um} \rightarrow 4.0 \text{ um}$

Os resultados obtidos são mostrados a seguir na Figura 7

Em seguida, realiza-se um sweep de convergência, utilizando como parâmetro o FDTD Accuracy. Os resultados encontram-se na Figura 8.

Com isso, observou-se que o problema de transmissão estava voltado no tamanho da porta em z , o que pode ser explicado teoricamente pela teoria de propagação de modos.

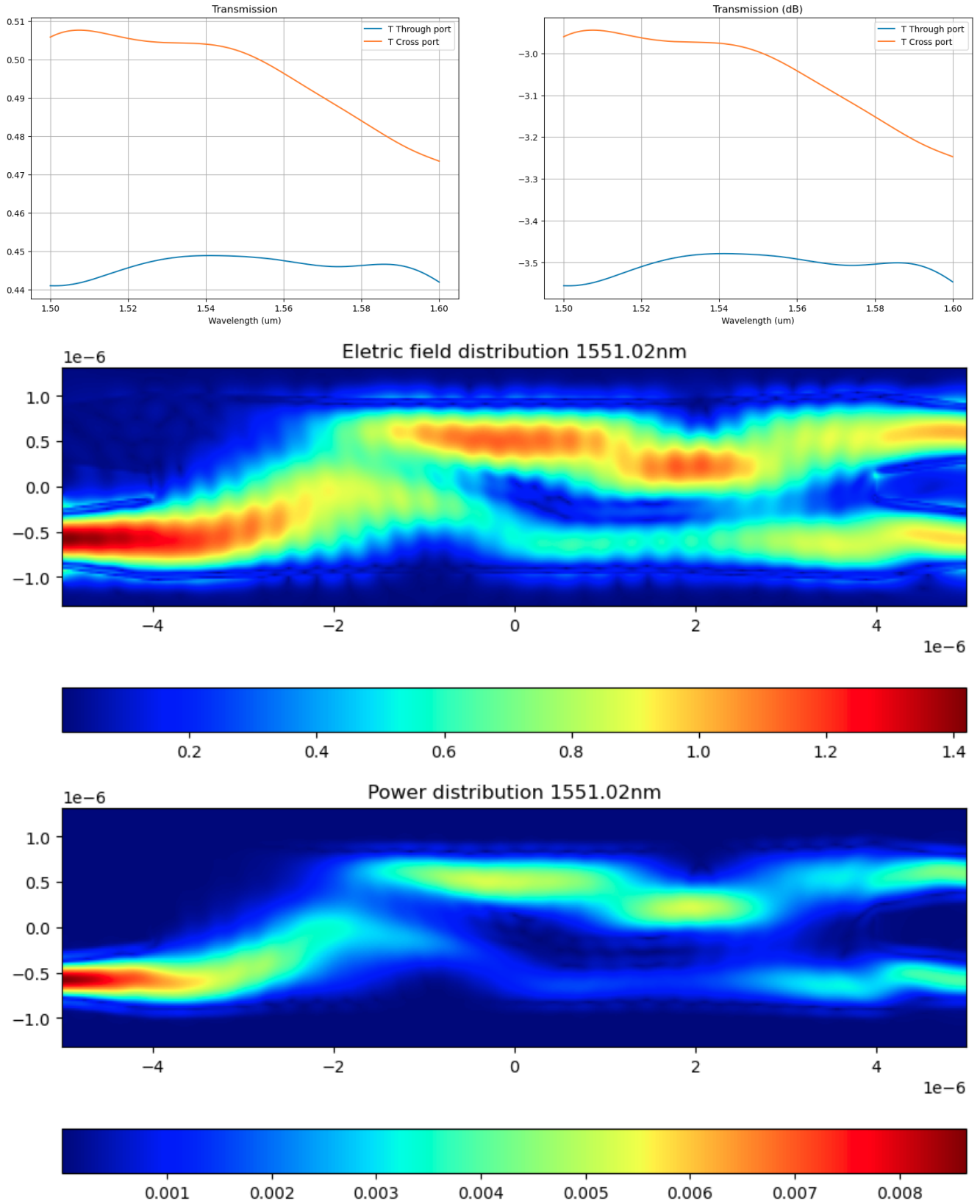


Figure 7: Transmissão e distribuição de campo elétrico e de potência depois do ajuste de portas em z

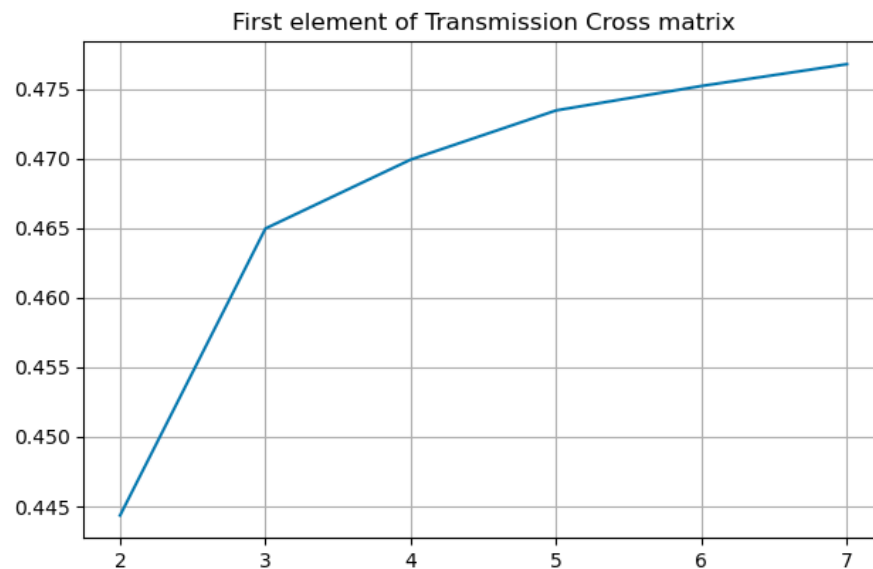
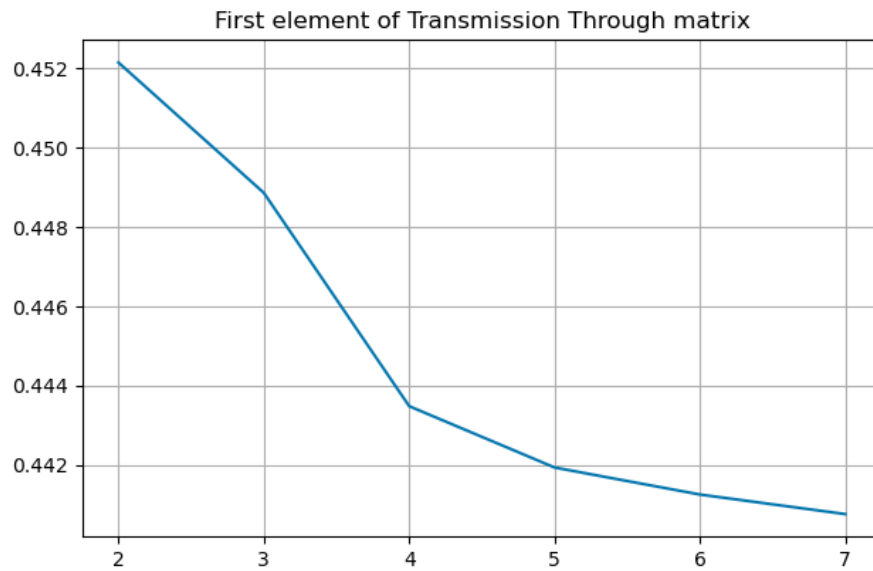
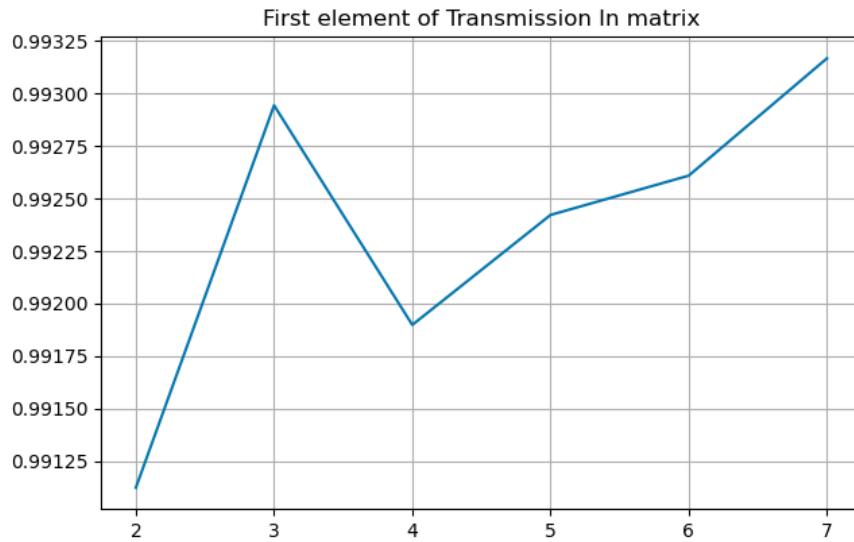


Figure 8: Sweep de convergência utilizando como parâmetro y o primeiro ponto do gráfico de transmissão (em 1500um) e parâmetro x o FDTD Accuracy

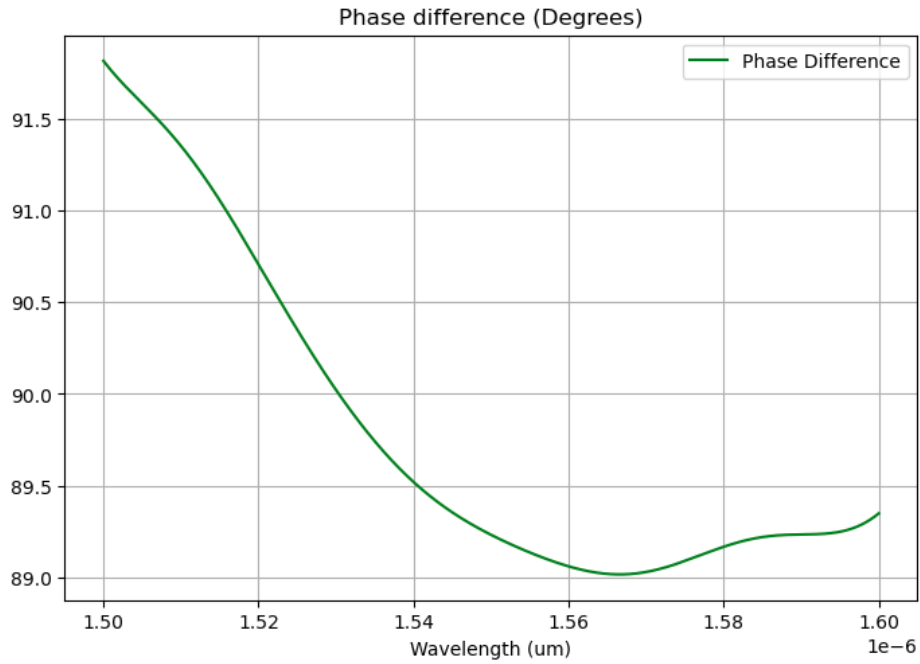


Figure 9: Diferença de fase

Por fim, a diferença de fase entre as portas de saída obtidas foram (Figura 9):

Comparando os resultados do trabalho de referência (Figura 10) percebe-se que há uma diferença de cerca de 0.3dB na porta direta (Through port), o que ainda é considerável, validando um estudo de sua amenização.

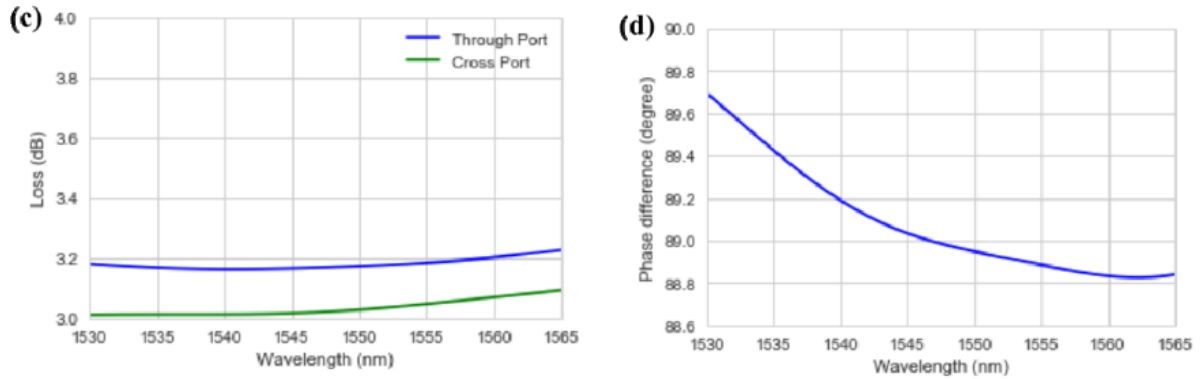


Figure 10: Resultados do trabalho de referência

Atividades (11/11 - 13/11)

Nesse período houve a implementação de S-bends e Bends de 90° nas portas de saída para a obtenção de resultados mais próximos do trabalho de referência.

A motivação para a utilização dessas topologias tem base na possibilidade de aumentar o tamanho das portas de injeção de campo, assim melhorando a uniformidade do sinal injetado.

Topologia S-bend

Para a topologia S-bend utilizou-se as seguintes dimensões:

- X span: 5um
- Y span: 2.5um

Os resultados são mostrados nas Figuras 11 e 12

Topologia Bend90°

Para a topologia Bend de 90°, utilizou-se as seguintes dimensões

- Raio do Bend 90°: 5um

Os resultados são mostrados nas Figuras 13 e 16

Comparações

Para comparar com os resultados do trabalho de referência, utiliza-se da seguinte relação:

$$Loss = 10 * \log(P_{input}) - \sum_i 10 * \log(P_i) \quad (1)$$

Como a potência de entrada se aproxima da unidade, tem-se que os insertion loss individuais das portas through e cross são:

$$Loss_i = -10 * \log(P_i) \quad (2)$$

Conclui-se que os resultados para a Bends, em comparação com os resultados anteriores à aplicação da topologia, visando aproximação dos resultados do trabalho de referência, observa-se uma considerável melhoria e coerência nos resultados.

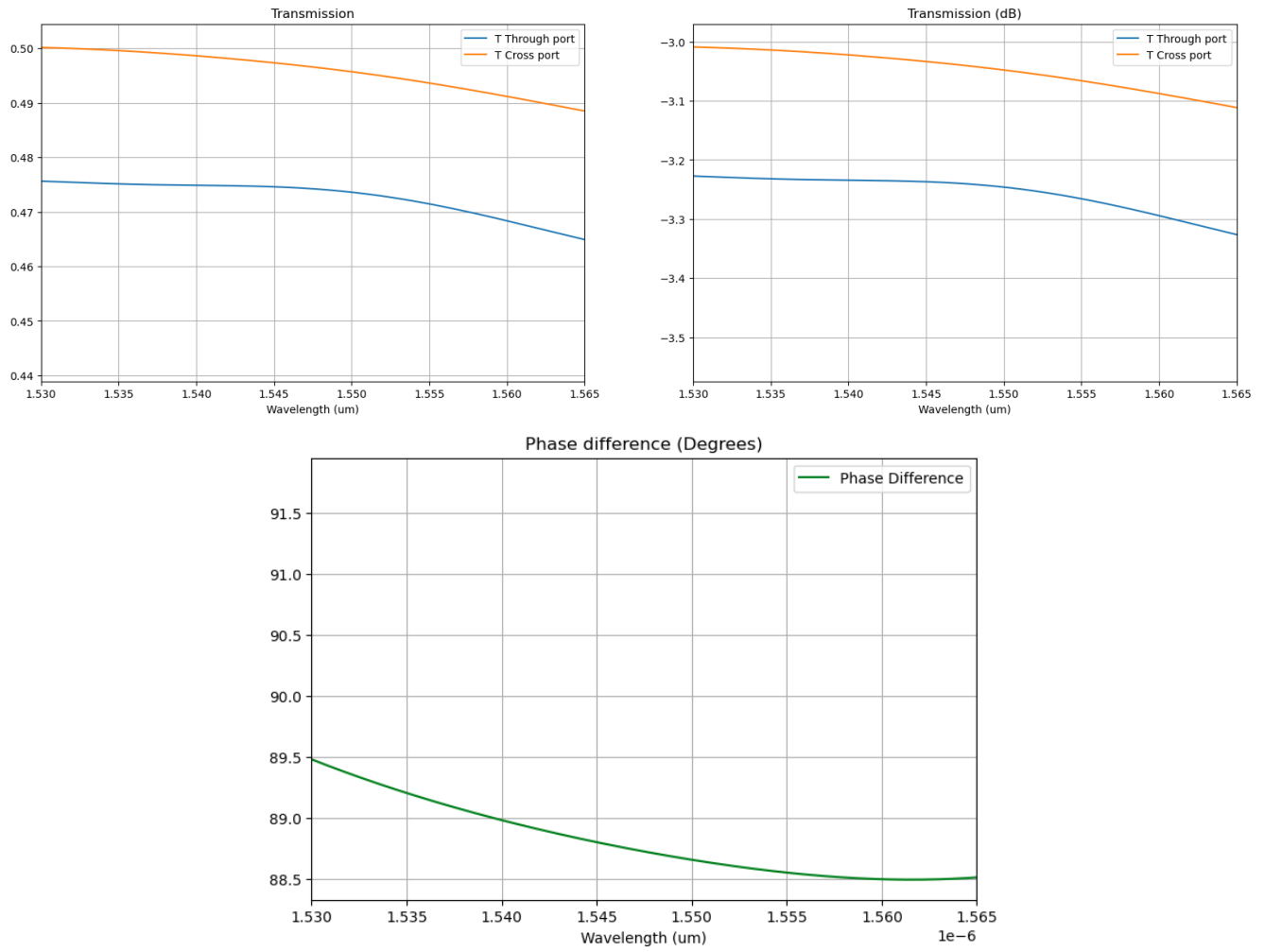


Figure 11: Transmissão e diferença de fase entre as portas Through e Cross das S-bends

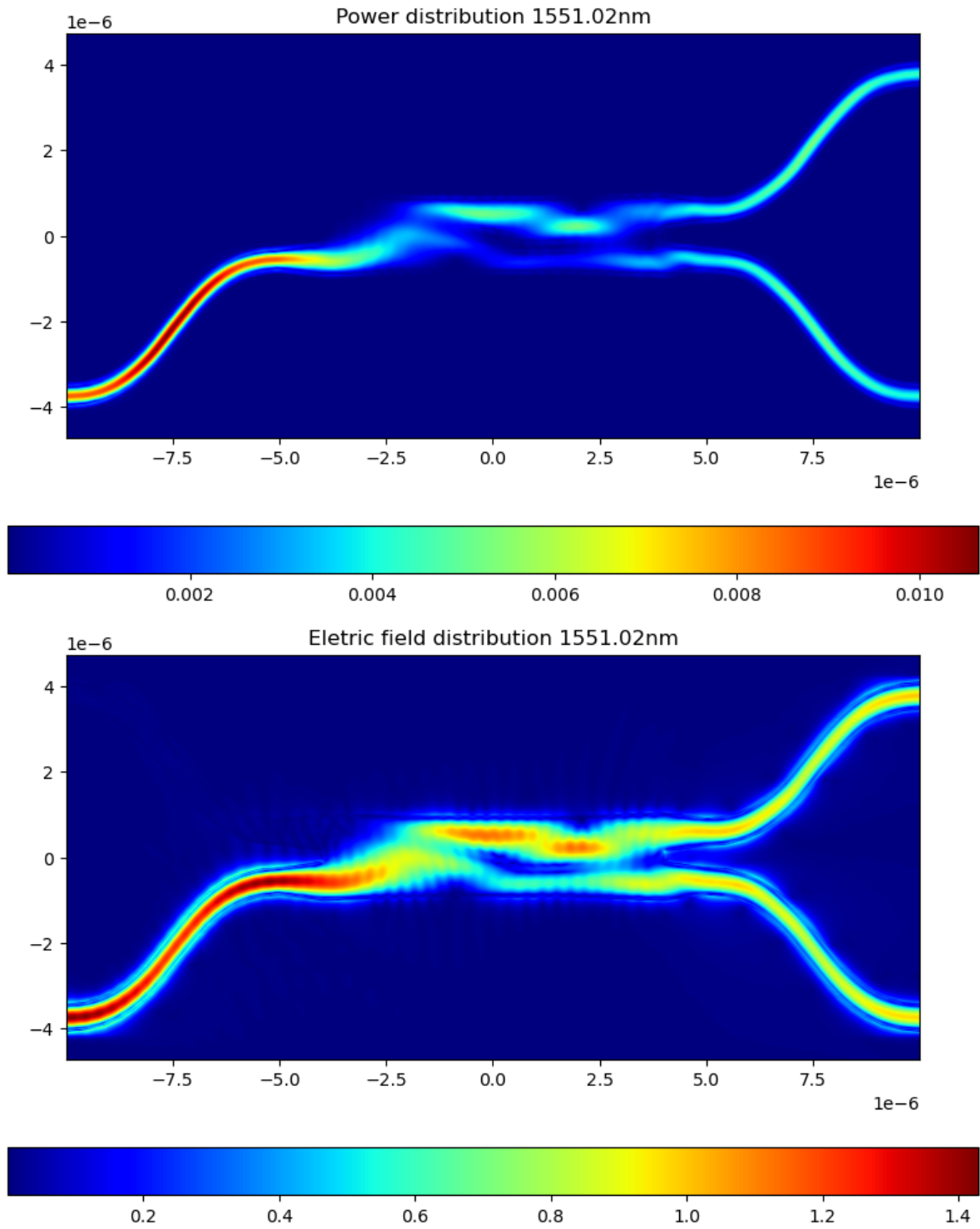


Figure 12: Distribuição de campo elétrico e de potência depois da inserção das S-bends

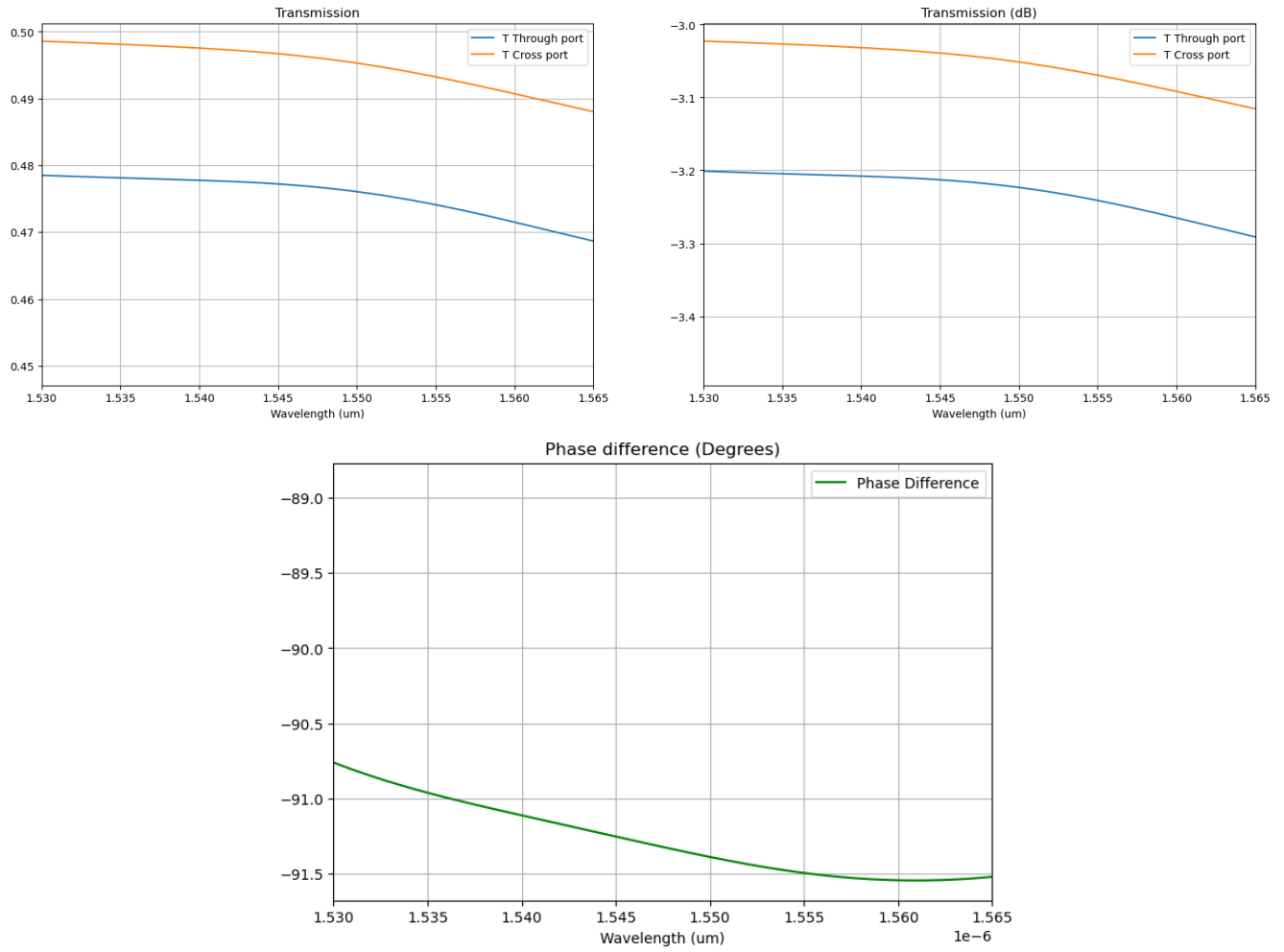


Figure 13: Transmissão e diferença de fase entre as portas Through e Cross das Bends de 90°

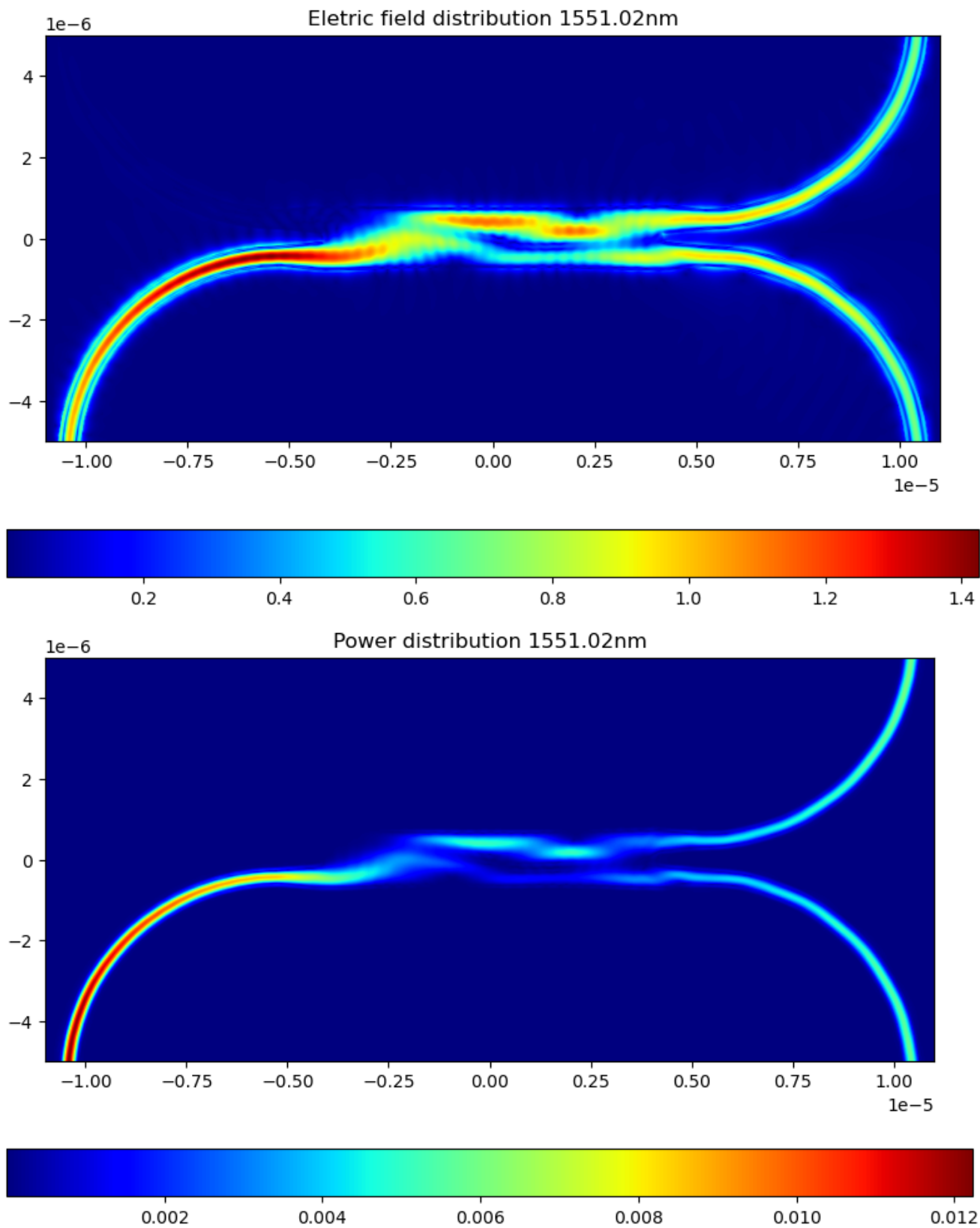


Figure 14: Distribuição de campo elétrico e de potência depois da inserção das Bend de 90°

Atividades (14/11 - 15/11)

Neste periodo, houve o dimensionamento de dois componentes: Bend de 90°e Y branch

Y branch

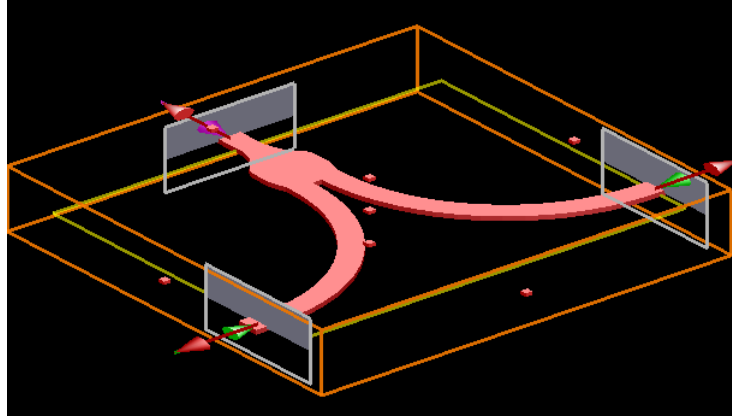


Figure 15: Modelo do Y Branch

Para a montagem, utilizou-se as seguintes dimensões:

- Raio dos Bend 90°: 4 μ m
- Largura das portas: 0.5 μ m

Para o dimensionamento do corpo, utilizou-se o trabalho de Yi Zhang - A compact and low loss Y-junction for submicron silicon waveguide, onde neste artigo, é mostrado um modelo interpolado do corpo do Y branch, onde as dimensões são dadas.

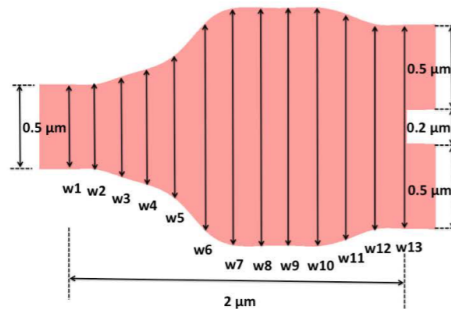


Figure 16: Modelo do corpo do Y Branch

w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10	w11	w12	w13
0.5	0.5	0.6	0.7	0.9	1.26	1.4	1.4	1.4	1.4	1.31	1.2	1.2

Os resultados encontram-se na Figura 18

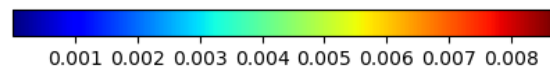
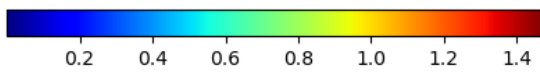
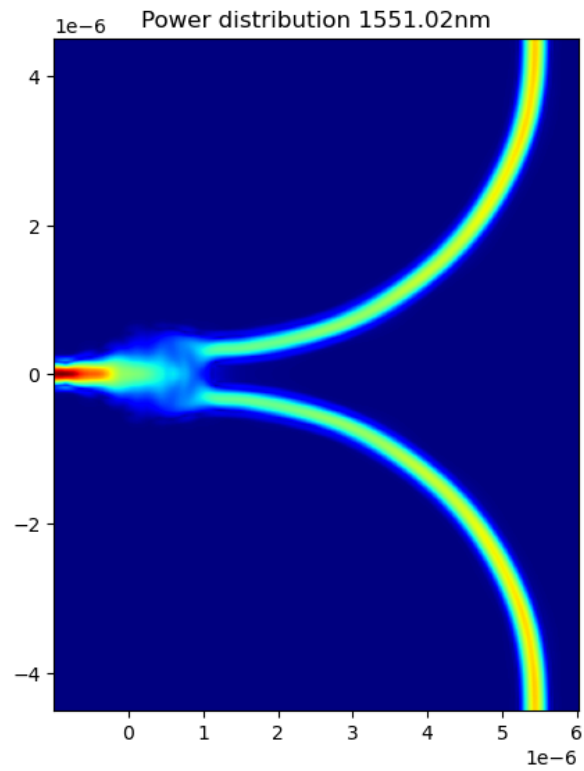
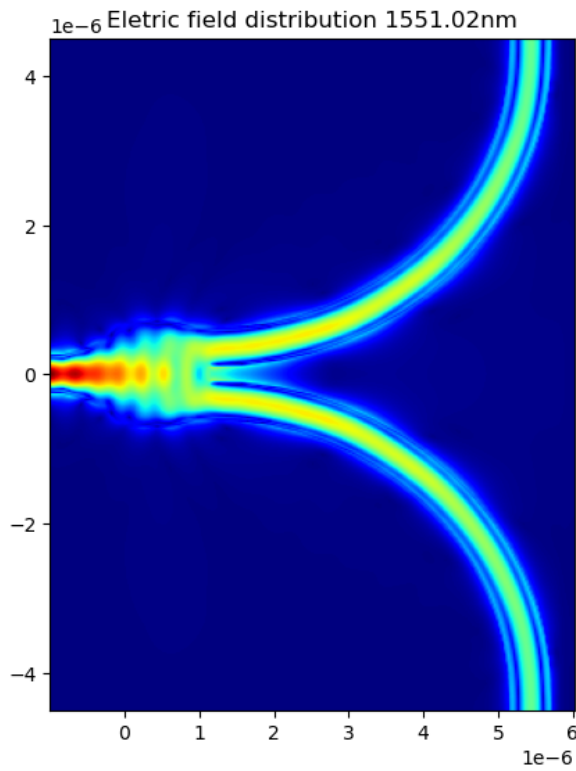
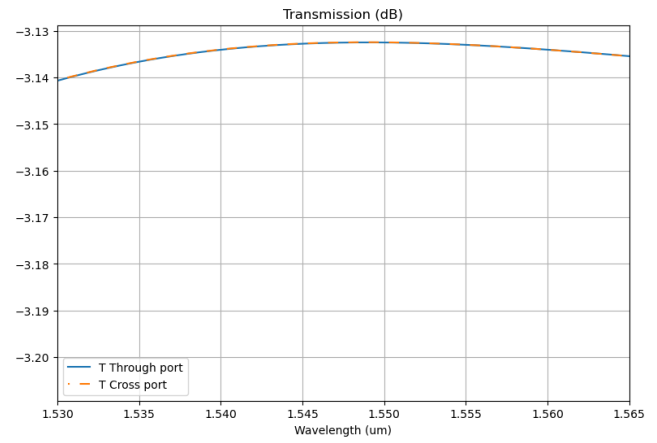
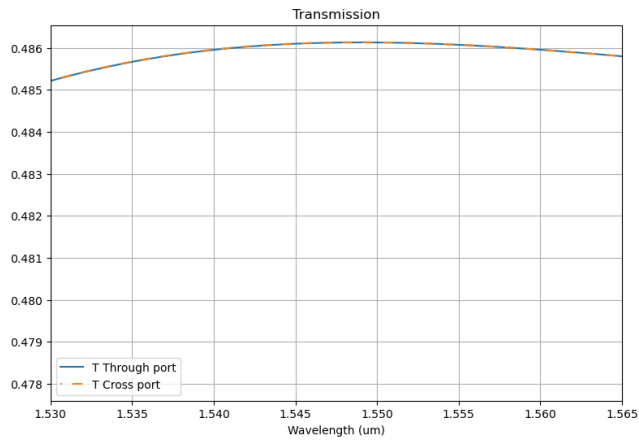


Figure 17: Distribuição de campo e transmissão no Y-branch (FDTD Accuracy = 6)

Bend de 90°

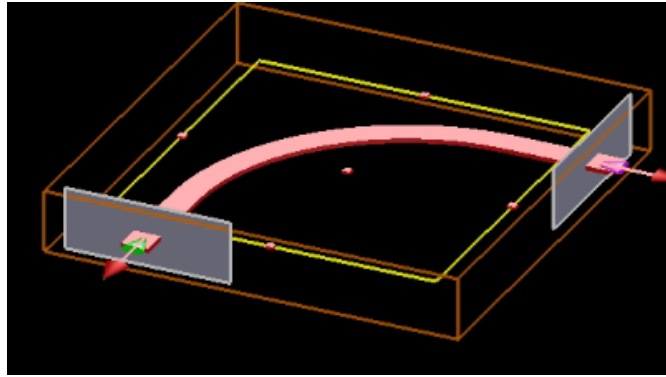


Figure 18: Modelo Bend de 90°

Para a montagem utilizou se um raio de bend de 4 μ m, com duas seccções de guia de onda nas extremidades, medindo 2 μ m de comprimento cada.

Os resultados encontram-se na Figura 19

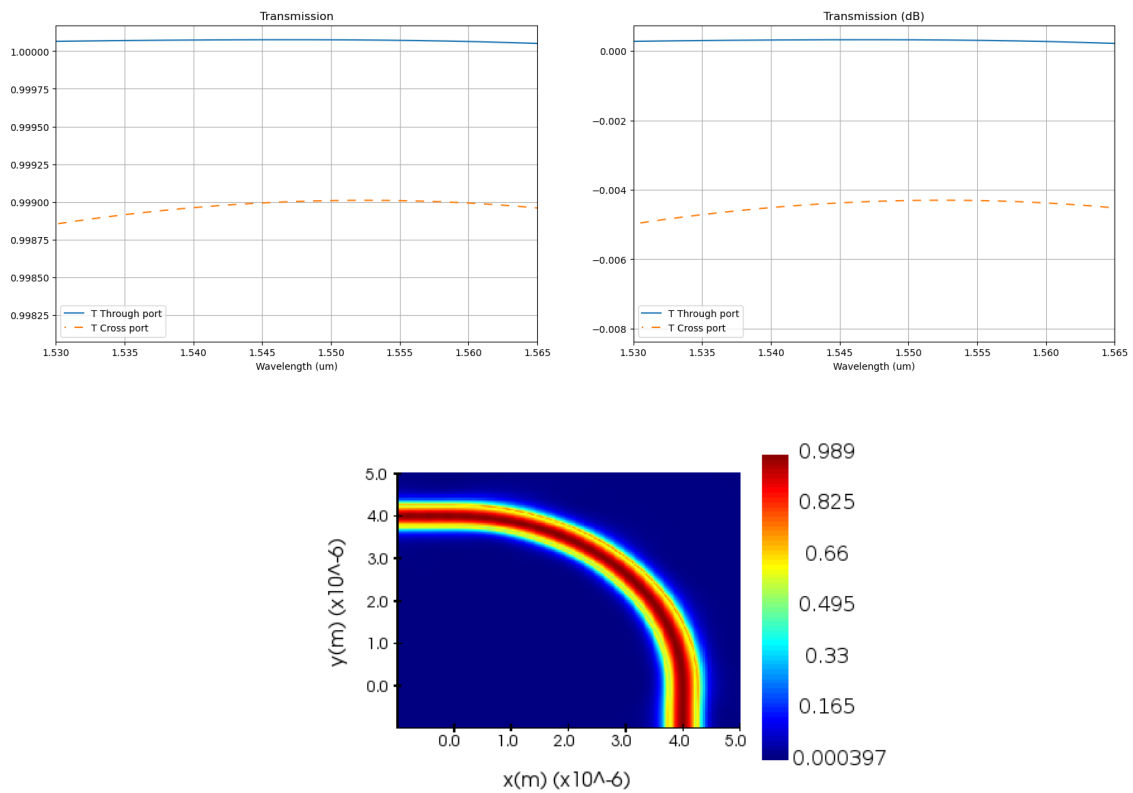


Figure 19: Distribuição de campo e transmissão no Bend 90°(FDTD accuracy = 5)

Conclusões

Observando os resultados supracitados e os gráficos de convergência das Figuras 20 e 21, confere-se que os dimensionamentos são adequados para a construção da híbrida.

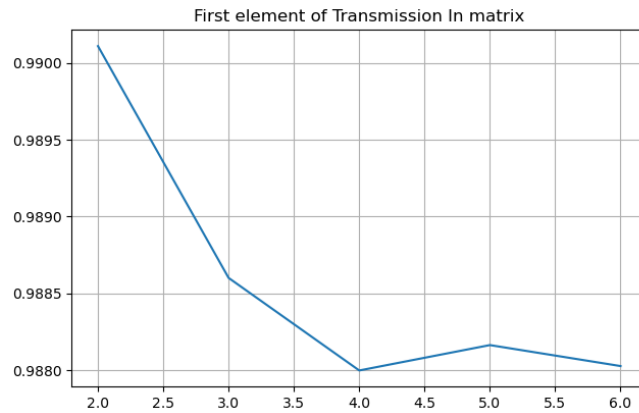


Figure 20: Convergência de mesh Y-Branch

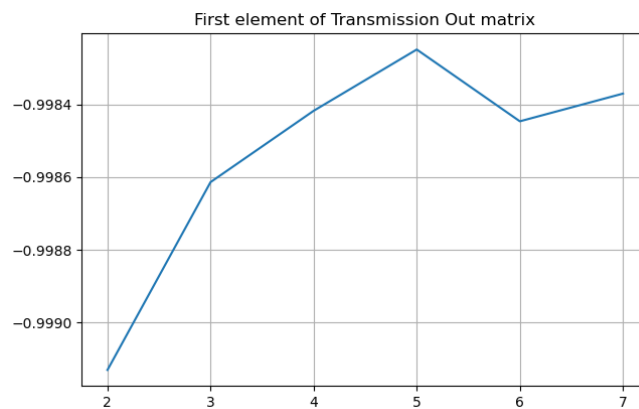


Figure 21: Convergência de mesh Bend de 90°

Atividades (16/11 - 21/11)

Ajuste no Y-branch

Devido à incompatibilidade geométrica do Y-branch da porta LO, foi necessário um redimensionamento geral no modelo do Y-branch, as alterações feitas foram:

- Aumentar a largura da saída do corpo em 0.2um
- Aumentar o comprimento do corpo em 0.35um
- Adição de tappers de 0.7um nas saídas
- Modificar a largura e altura de certos pontos de espessura ao longo do corpo de tal forma que:

w1	w2	w3	w4	w5	w6	w7	w8	w9	w10	w11	w12	w13
0.5	0.55	0.62	0.7	0.9	1.26	1.41	1.55	1.63	1.63	1.63	1.62	1.6

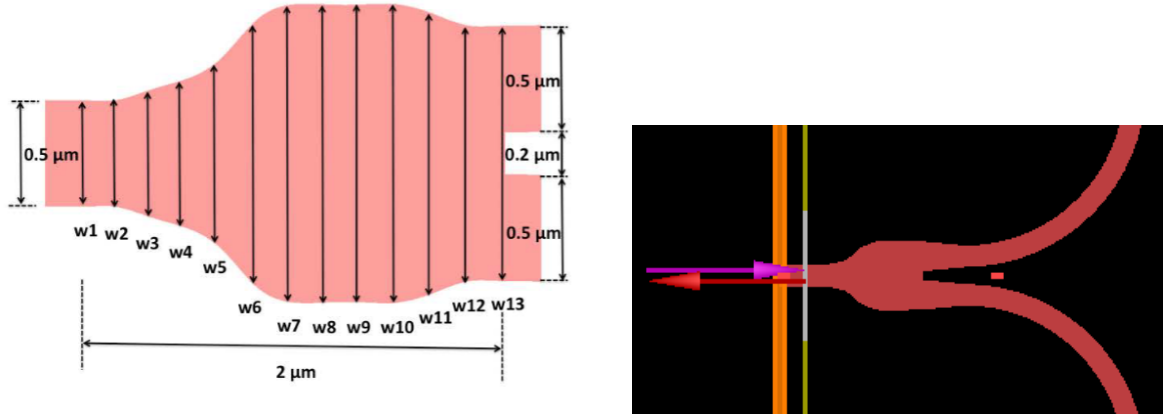


Figure 22: Novo modelo do Y Branch

Os resultados são apresentados nas Figuras 23 e 24

Tem-se a conclusão de que houve uma piora nos resultados, mas dessa forma prosseguiu-se a construção da híbrida.

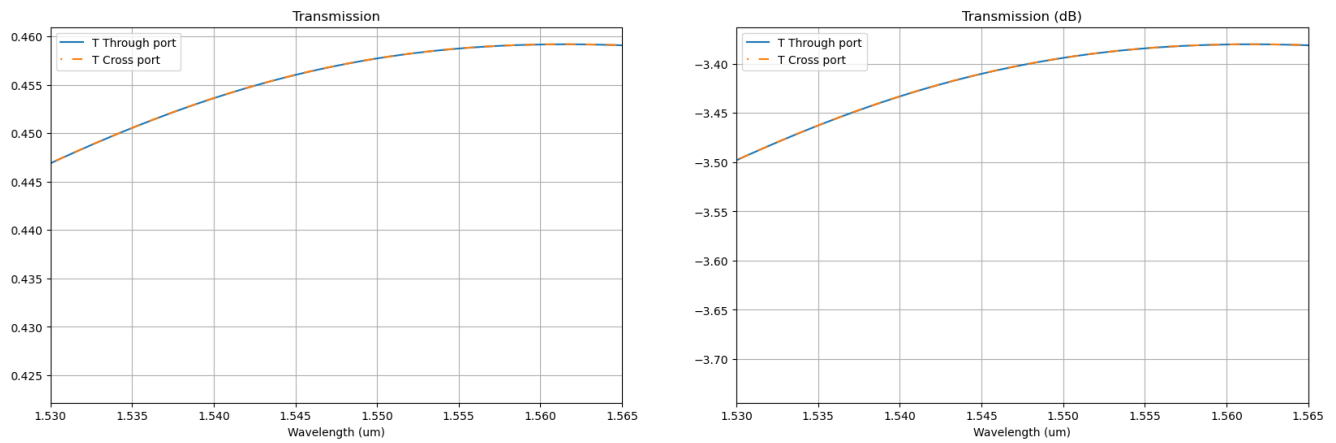


Figure 23: Transmissão do novo modelo

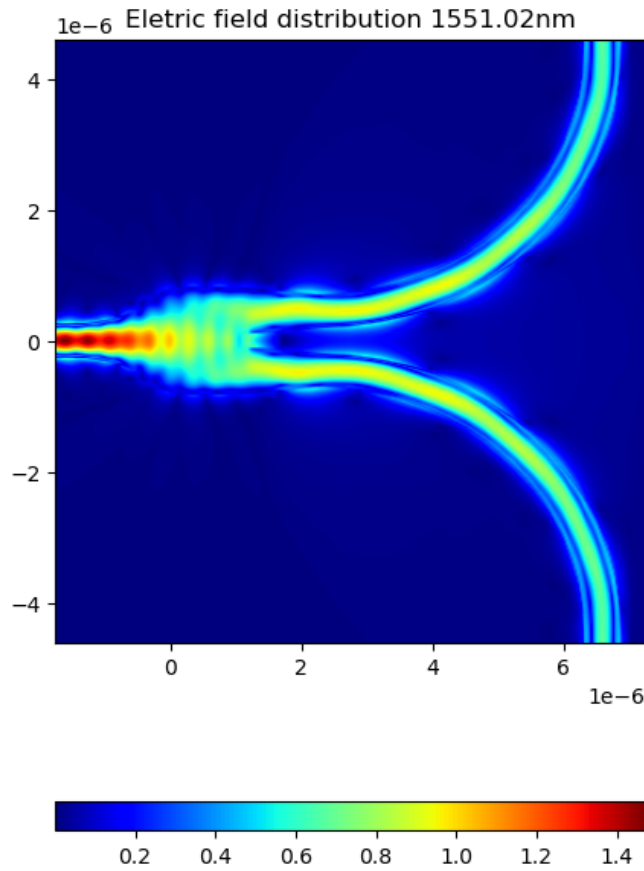


Figure 24: Campo do novo modelo

Híbrida

A construção da híbrida utiliza os parâmetros mais recentes de cada componente anteriormente dimensionado neste relatório.

Para a simulação utilizou-se os seguintes parâmetros:

- Max step dx: 0.05um
- Max step dy: 0.05um
- Max step dz: 0.05um
- Simulation time: 3000fs
- Grid cells [x,y,z]: [861,621,31]

O modelo pode ser visualizado na Figura 25.

Os modelos de campo podem ser visualizados na Figura 26.

Resultados associados à transmissão e a fase 28.

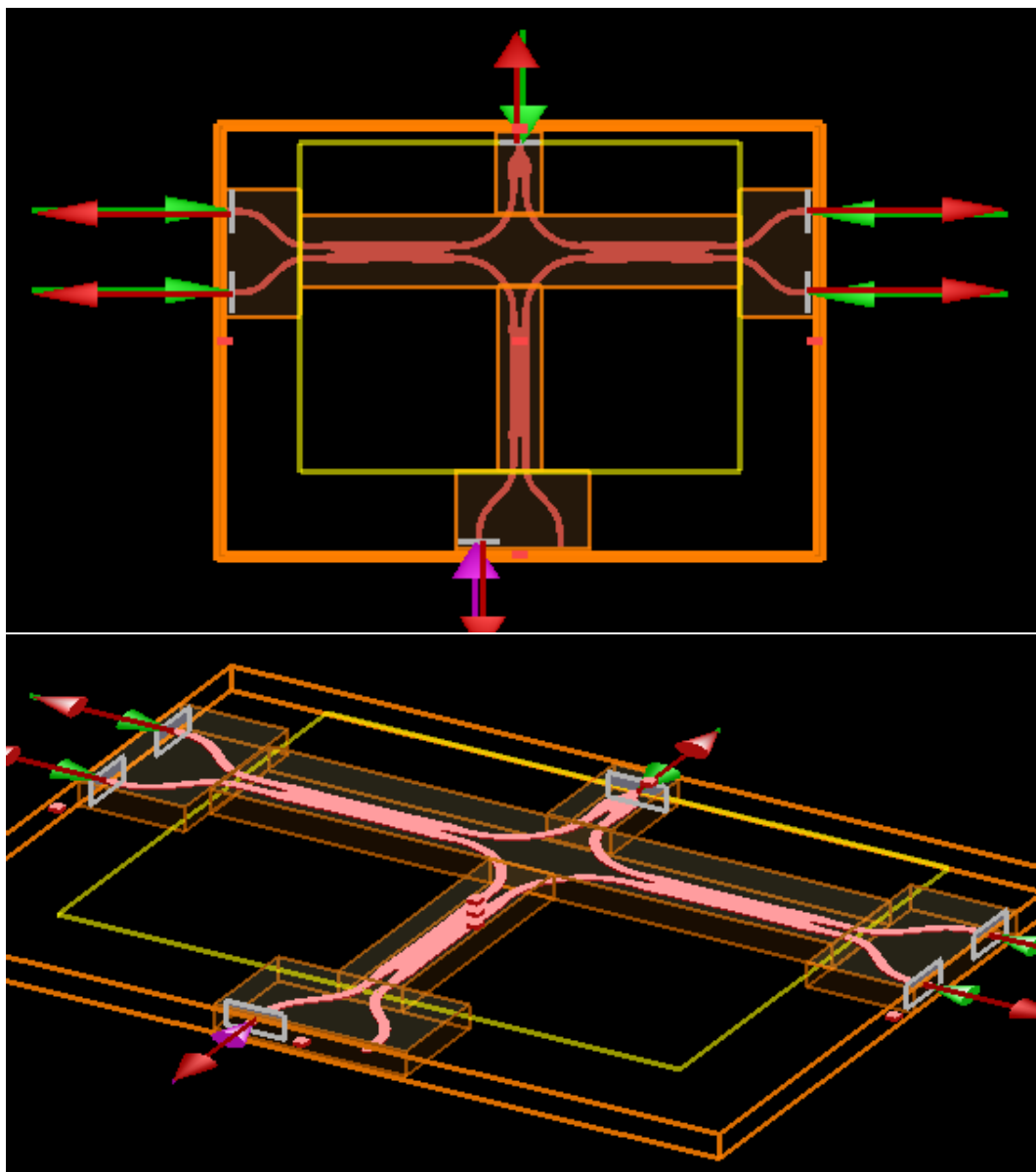


Figure 25: Modelo da híbrida

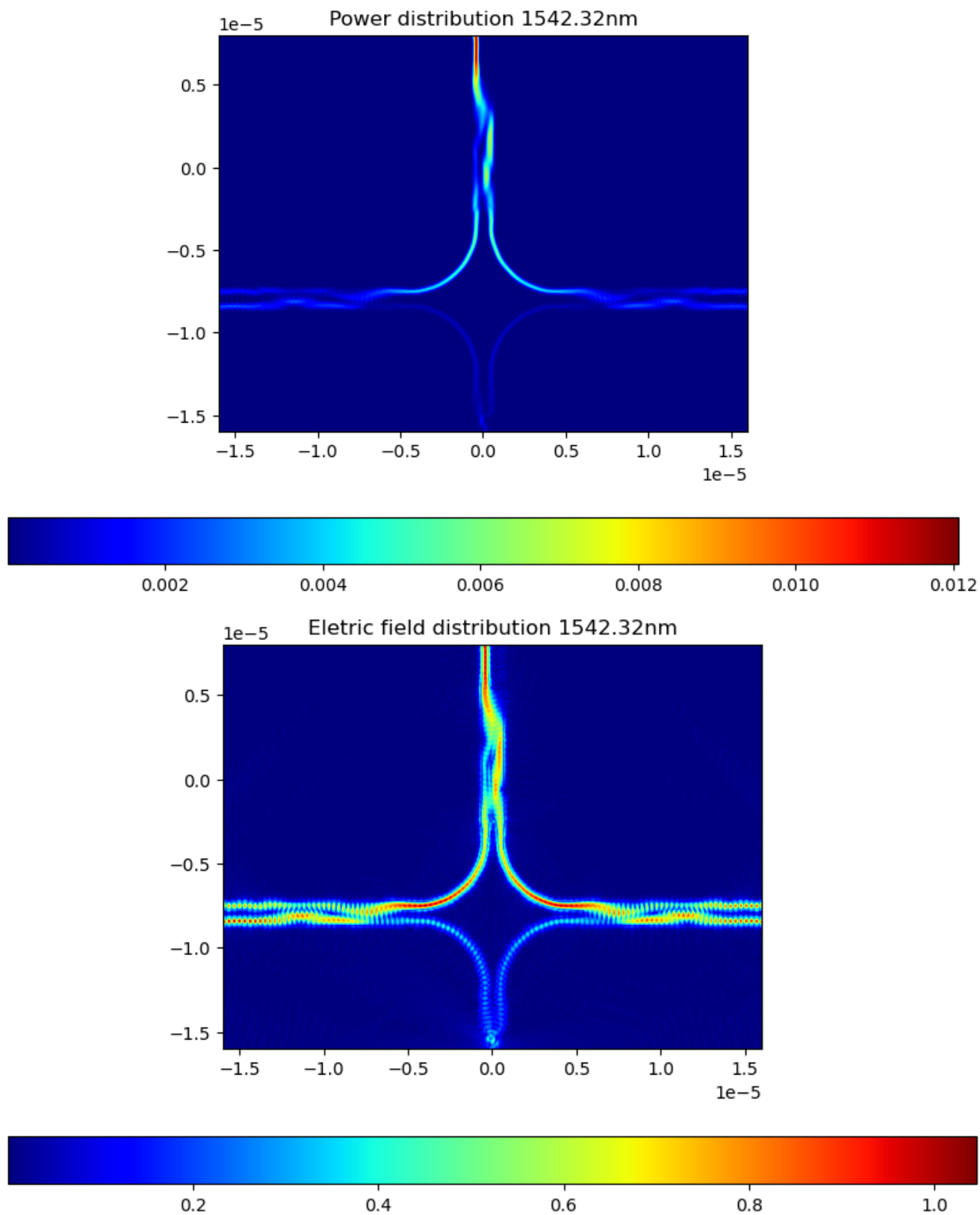


Figure 26: Campos da híbrida

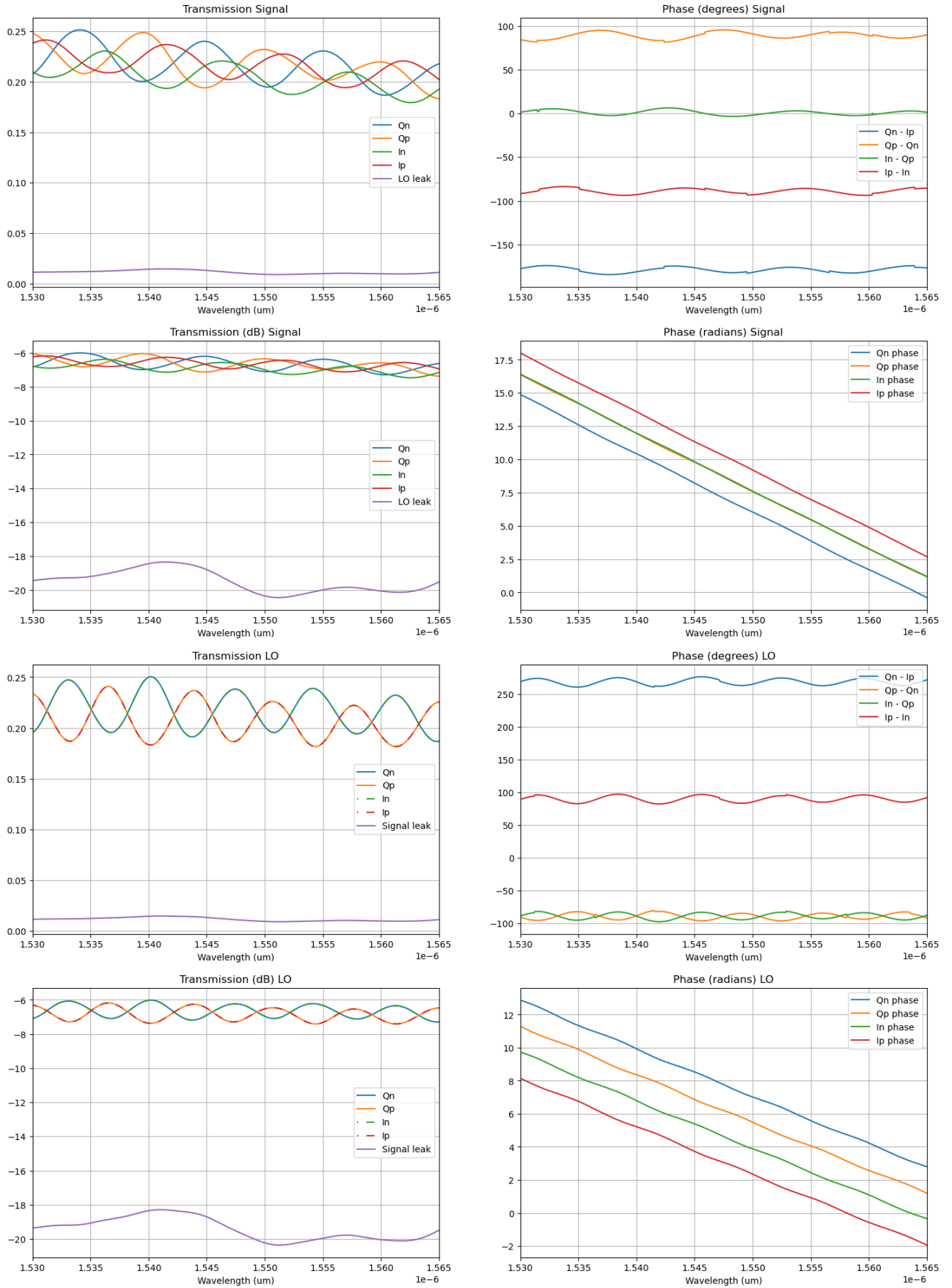


Figure 27: Transmissão e fases das híbridas

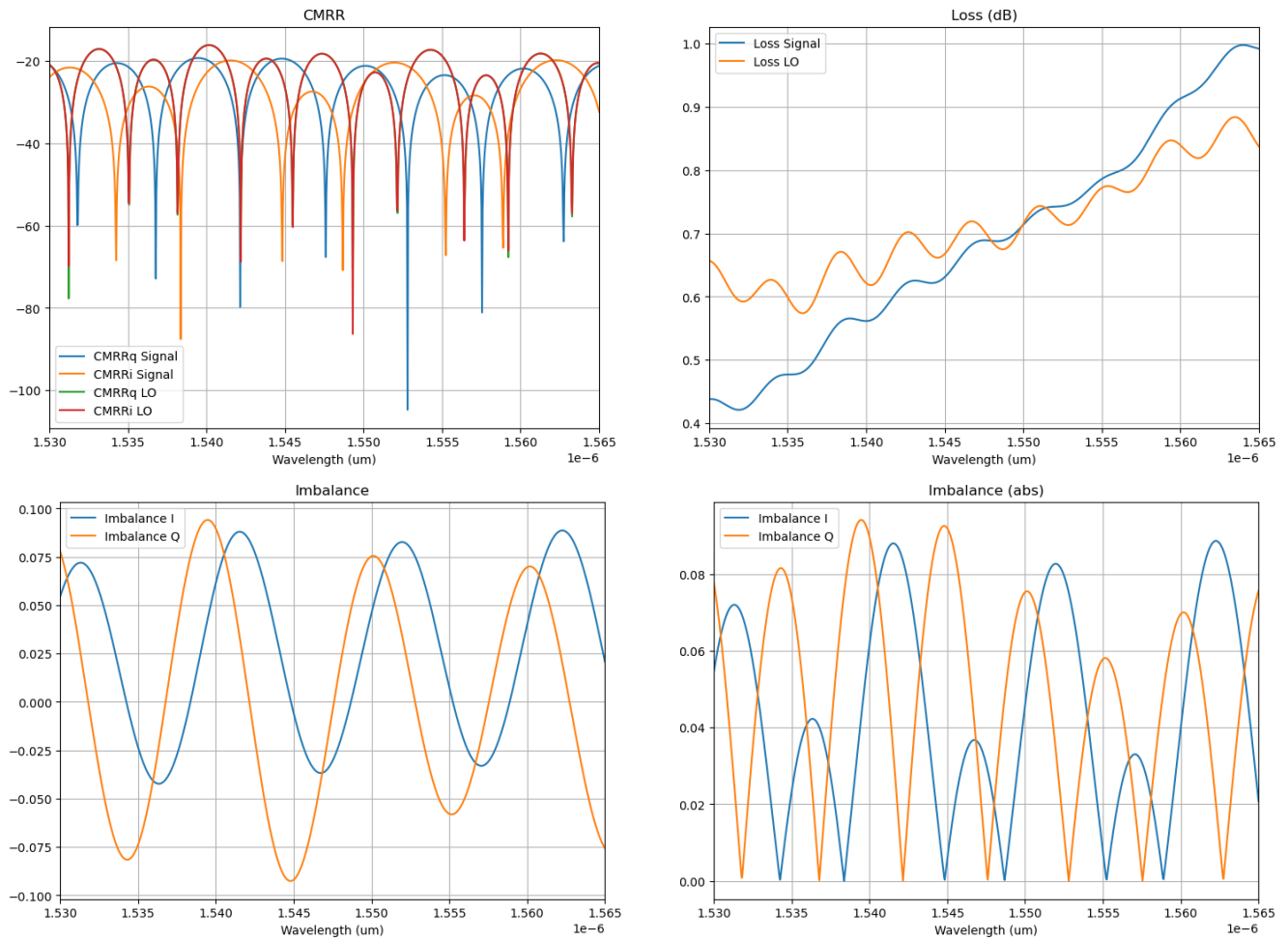


Figure 28: CMRR, loss e imbalance da híbrida

Atividades (01/12 - 07/12)

Neste período, foram corrigidas falhas significativas no modelo da híbrida:

- Ajuste da região de simulação do FDTD de forma que o mesmo se inscreva dentro da região de silício, assim evitando reflexão fazendo uso adequado das fronteiras de PML
- Ajuste nas regiões de mesh e diminuição de seu step para $dx = dy = 0.02\mu m$ e $dz = 0.04\mu m$
- Restauração do primeiro modelo do Y-branch para a porta LO
- Adição de pequenos segmentos de guias de onda para estender as bends 90° (Figura 29)

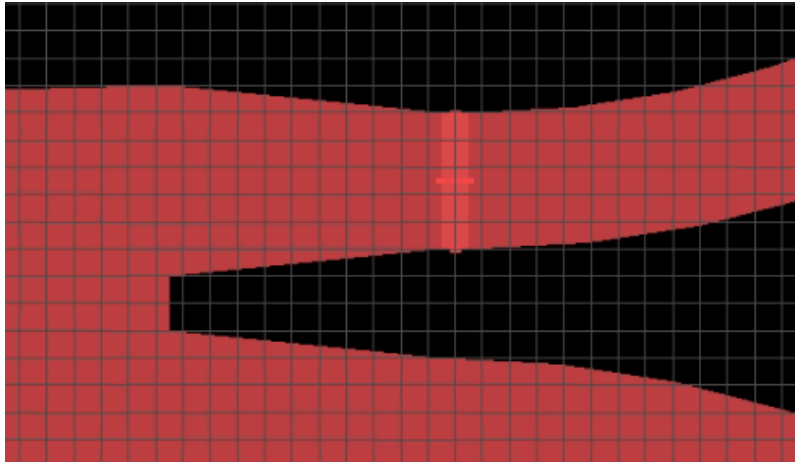


Figure 29: Extensor de Bend 90°

Adicionalmente, para diminuir o tempo de simulação, reduziu-se o tamanho em z das regiões de mesh ($3\mu m \rightarrow 0.66\mu m$)

Abaixo encontram-se os gráficos de campo (Figuras 30 e 31) e os gráficos característicos (Figuras 32 e 33)

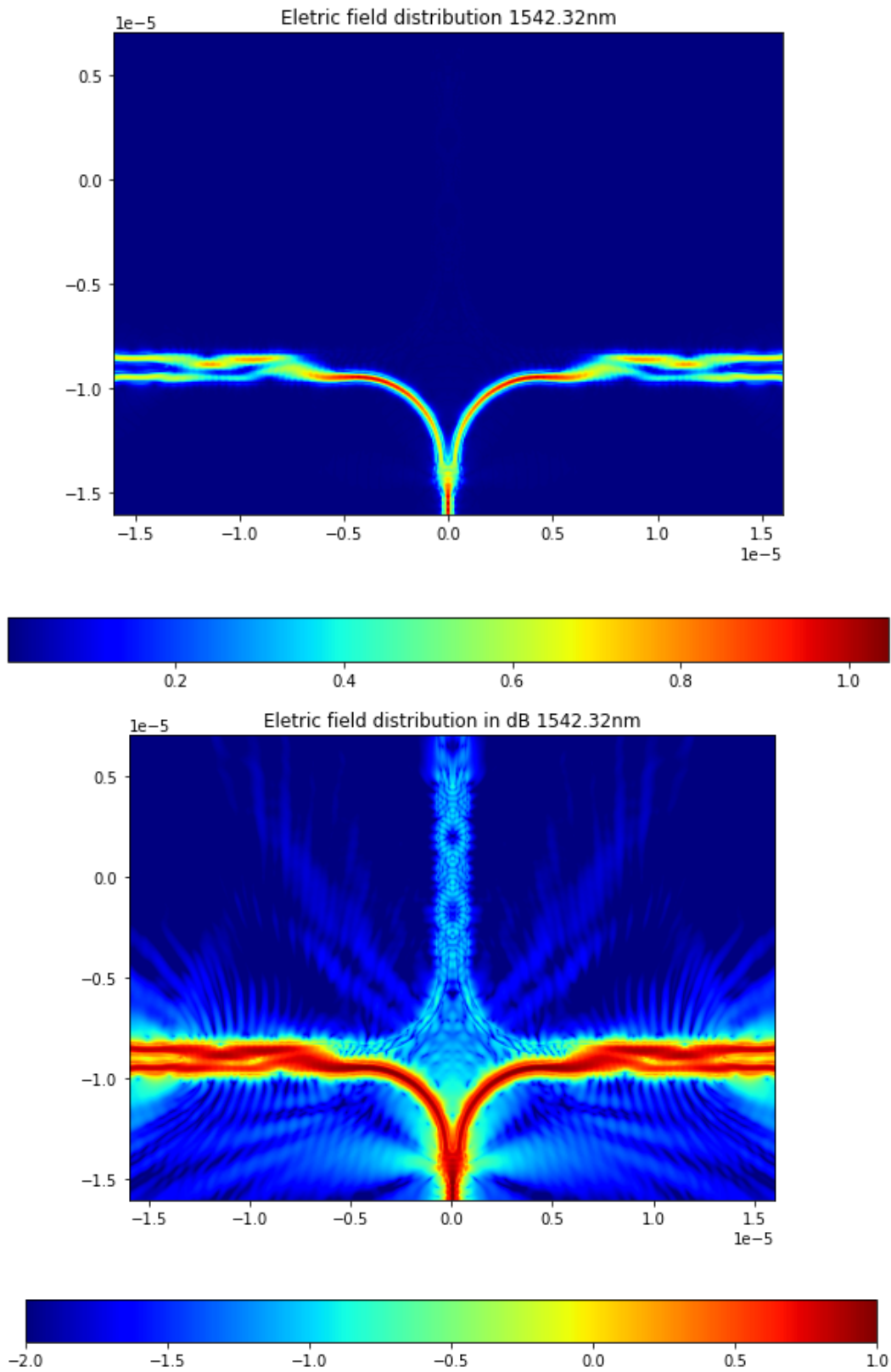


Figure 30: Campo da híbrida: entrada em LO

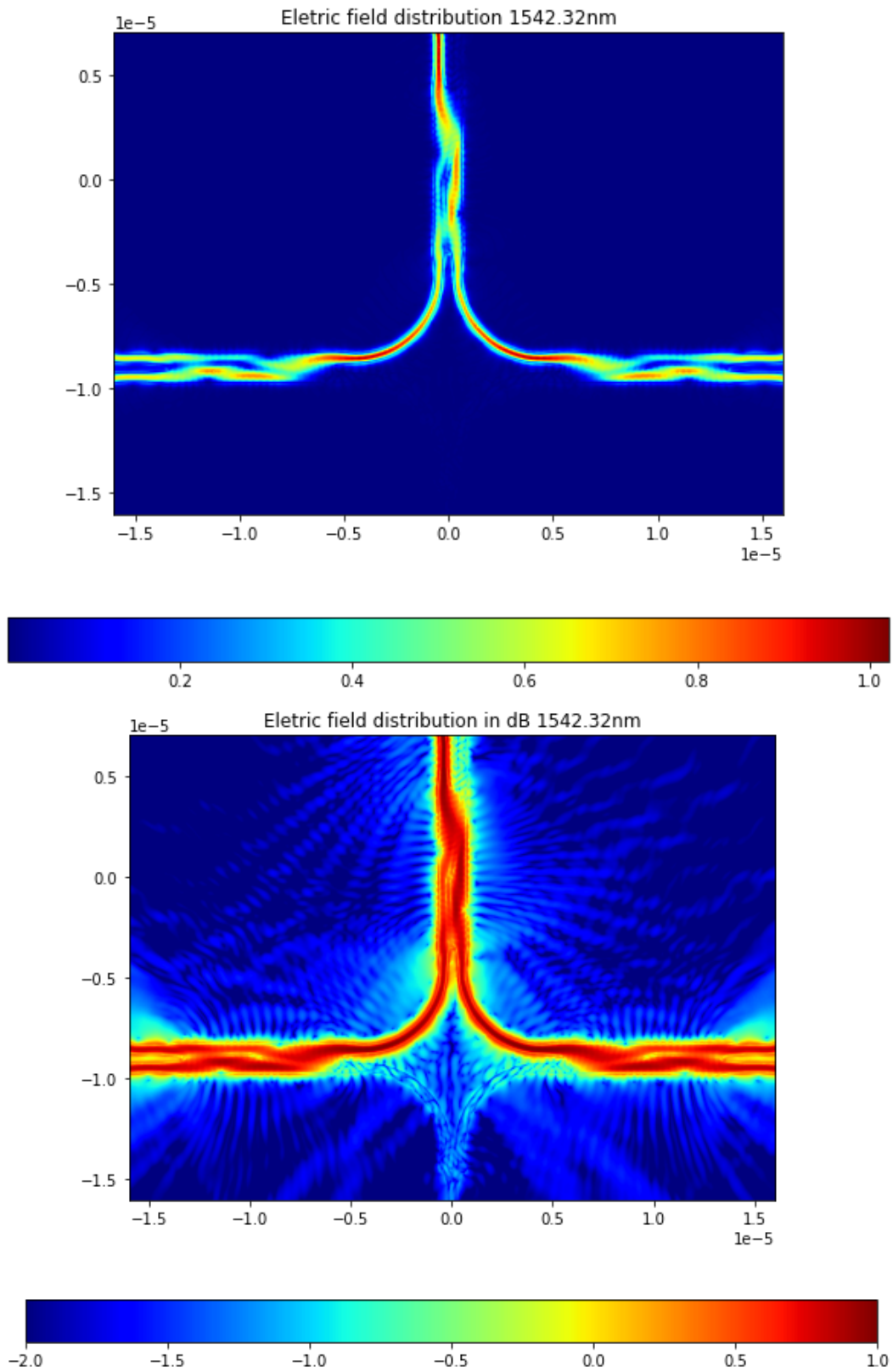


Figure 31: MCampo da híbrida: entrada em Signal

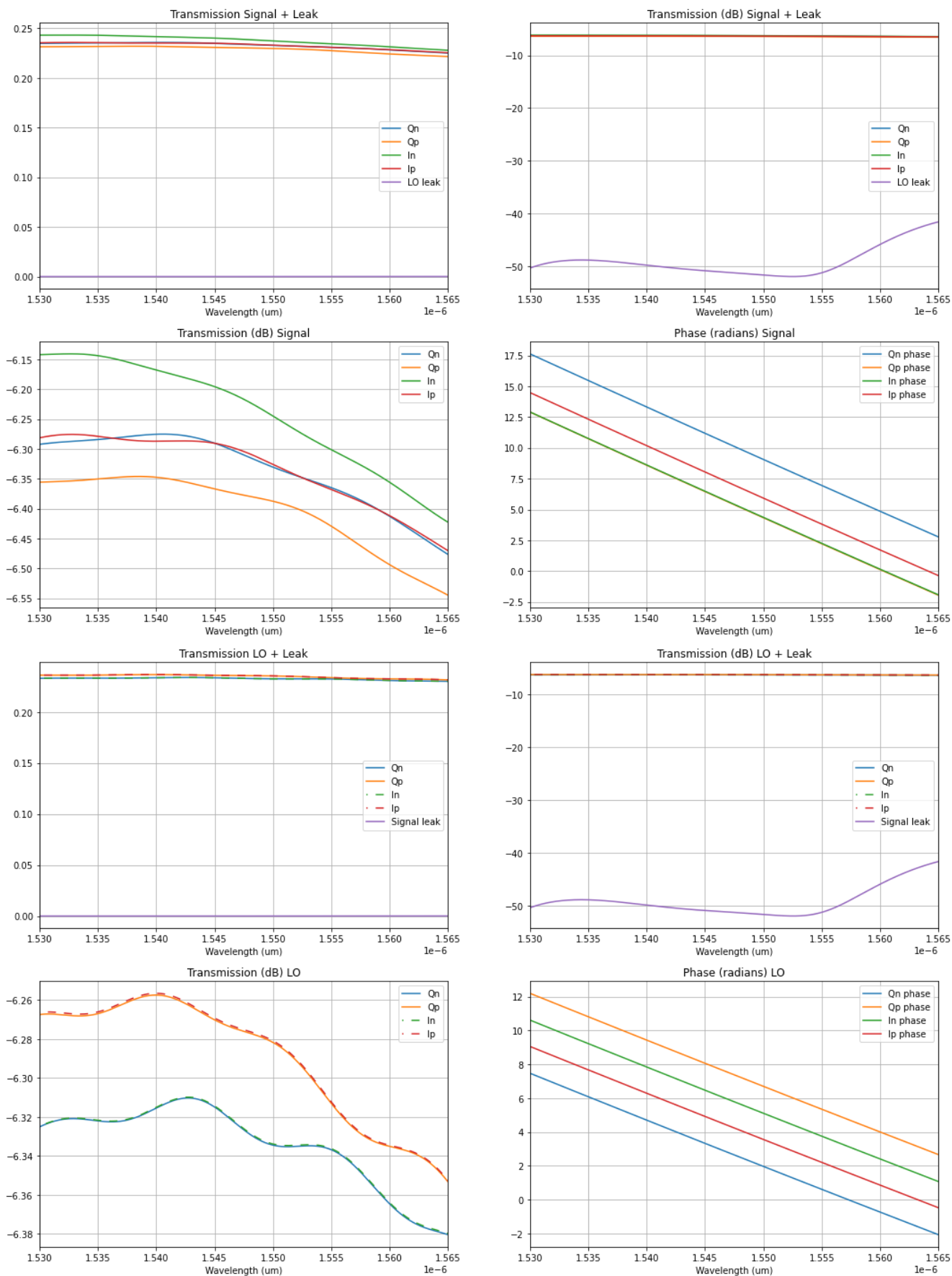


Figure 32: Gráficos de transmissão e fase

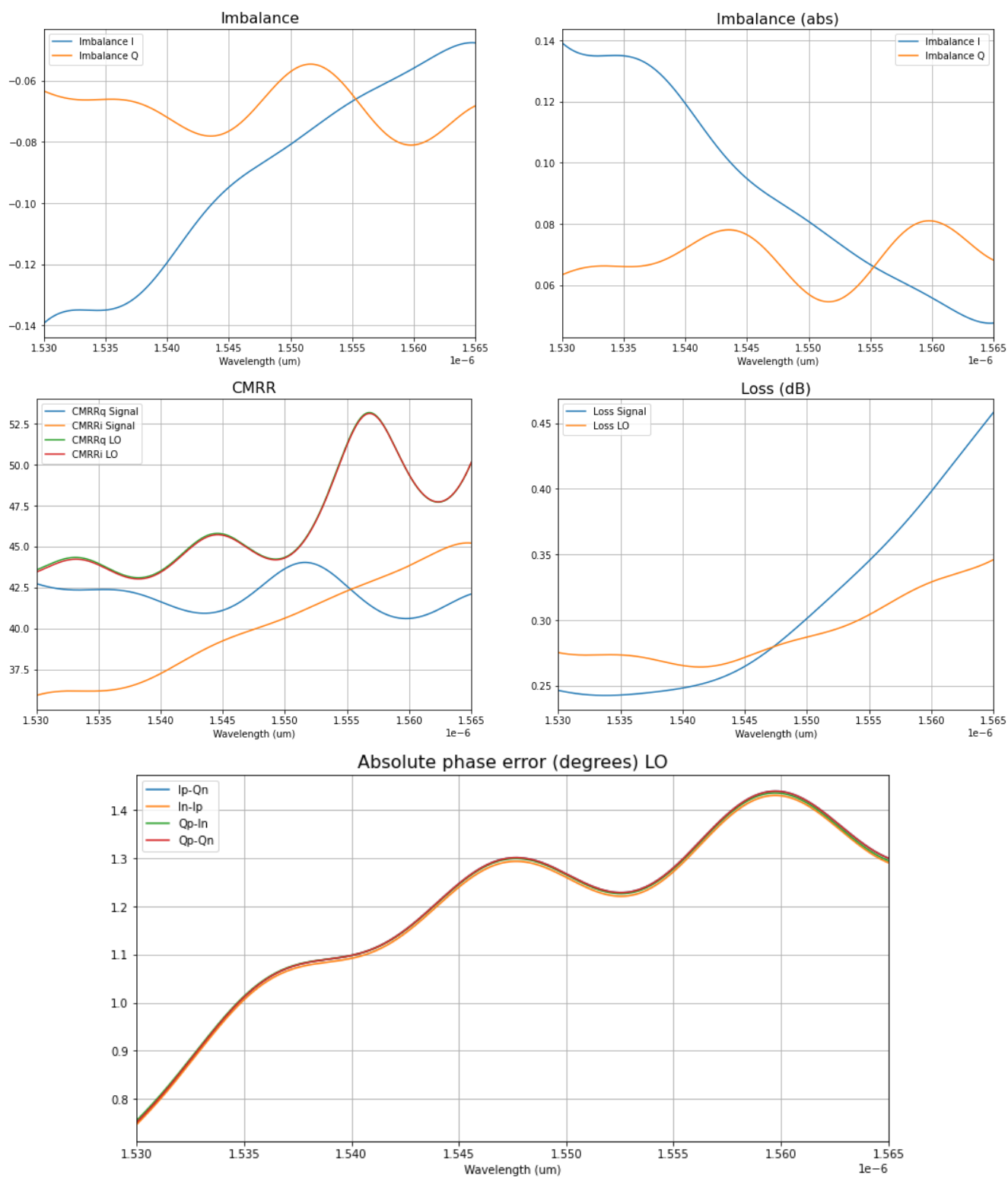


Figure 33: Gráficos característicos das simulações