

# Relatório de atividades - Grade de Bragg

Caio R. Correia de Oliveira

October 29, 2022

---

## Atividades (19/10)

### Montagem

Construção da grade no FDTD especificada pelos resultados obtidos no EME (Figura 1):

- Utilização de duas portas para medição
- 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
- As condições de fronteira foram definidas como consta a Figura 4

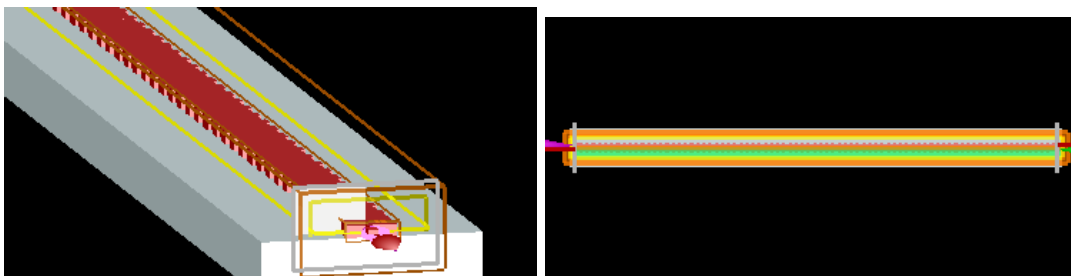


Figure 1: Montagem da grade no FDTD

|          |                |   |
|----------|----------------|---|
| x min bc | PML            | ▼ |
| x max bc | PML            | ▼ |
| y min bc | Anti-Symmetric | ▼ |
| y max bc | PML            | ▼ |
| z min bc | PML            | ▼ |
| z max bc | PML            | ▼ |

Figure 2: Condições de fronteira definidas no FDTD

## Resultados

O resultados da simulação da transmissão na porta de entrada, ou seja, a reflexão em escala linear, encontram-se na Figura 3

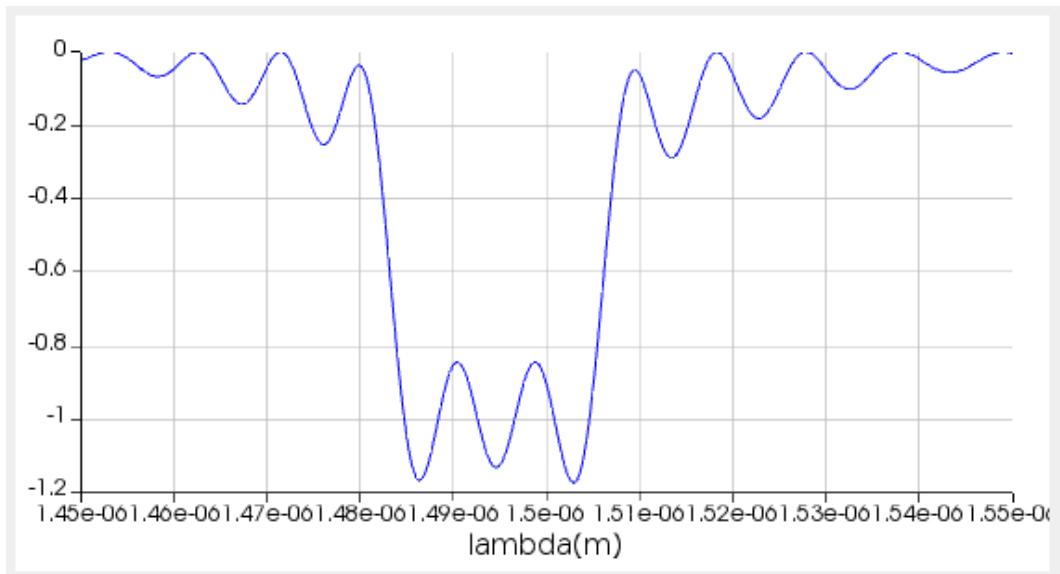


Figure 3: Gráfico da Reflexão x Comprimento de onda

Percebe-se que há vários desvios por parte da banda de meia potência, pelo comprimento de onda central e pelo formato ondulado do pico invertido.

A justificativa para os valores invertidos (e negativados) se encontra na direção de propagação da onda (para trás) em virtude do direcionamento da porta 1 (para frente).

## Atividades (20/10)

Na montagem da simulação, procurou-se trabalhar agora com um mesh de *maximum mesh step* definido ao longo da grade, sobrescrito na região das grades sem demonstrar sobra. Houve também a tentativa de inserção de um monitor DFT atrás da porta de entrada (Figura 4).

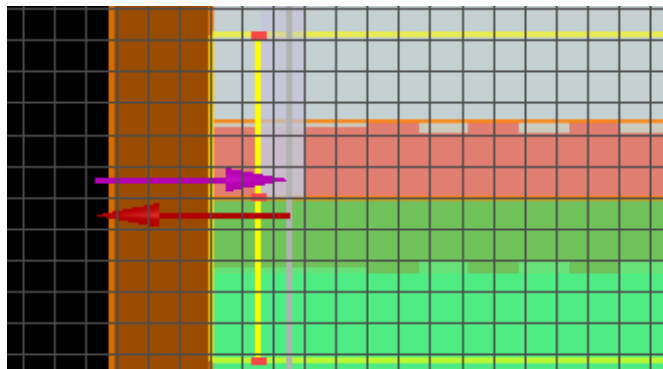


Figure 4: Inserção de um monitor DFT atrás da porta de entrada

Após diversas permutas de parâmetros de simulação (mesh step, FDTD accuracy e posicionamento do monitor), chegou-se nos seguintes parâmetros para gerar o resultado da [Figure 5](#)

- $dx = 0.05\mu m$  ;  $dy = 0.001\mu m$  ;  $dz = 0.02\mu m$
- Monitor frequency points: 300
- FDTD accuracy: 6

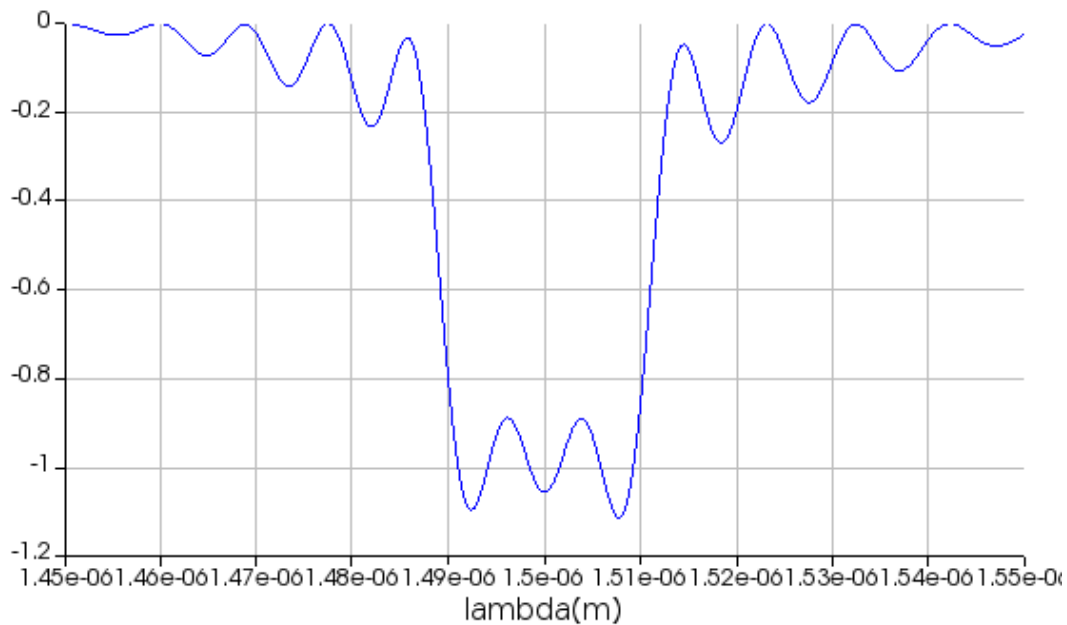


Figure 5: Gráfico da Reflexão x Comprimento de onda (Após mesh)

O resultado apresentado mostra boa compatibilidade em largura de banda a meia altura (FWHM) e comprimento central. Contudo ainda há a presença da oscilação no pico da curva, mostrando-se necessário averiguar.

## Atividades (21/10) - (22/10)

Para esse período, focalizou-se em possibilidades de cálculos alternativos para o FDTD com diferentes e altas precisões de simulação levando em resultados geralmente parecidos com a [Figura 5](#).

Como destaque, mostrou-se resultados diferentes e interessantes ao alterar o tempo de simulação para 5x a 15x maior, seguido de redução do FDTD accuracy e remoção do mesh. Os resultados são mostrados na [Figure 6](#)

É notório que, em relação ao formato do pico da curva, o problema de ondulação foi consideravelmente ajustado. Contudo, houve uma perda de precisão quanto ao centro de banda e sua extensão.

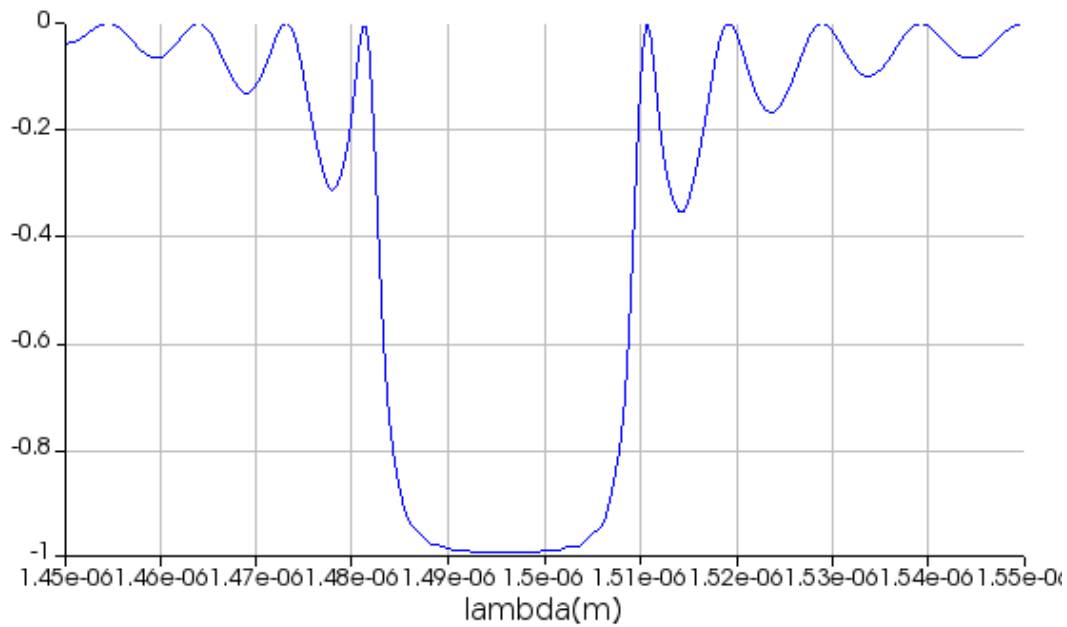


Figure 6: Gráfico da Reflexão x Comprimento de onda (Com remoção de mesh e aumento no tempo de simulação para 15000 fs)

## Atividades (24/10)

Nesse período houveram permutações das variáveis de simulação e estudos acerca de metodologias de simulação e suas diferenças, destacando-se o formato matricial de cálculo para periodicidade no EME.

Os resultados obtidos com altos tempos de simulações mostraram-se idênticos ou parecidos com a Figura 6, sem mostrar melhorias significativas.

## Atividades (27/10)

Nesse período foi revisado o resultado principal gerado pelo EME, realizando uma mudança no modelo simulado, assim como sua comparação em vista dos resultados anteriores. Houveram testes novos no FDTD com base em novos parâmetros atribuídos, incluindo mudanças na precisão de simulação e na característica de inserção de *mesh grid*, na qual modificou a proporção de células de mesh nos três eixos (x,y e z). Por fim, a primeira aplicação do filtro de litografia foi executada.

### Teste no EME

A mudança atribuída ao modelo de simulação do EME se baseou em abandonar a opção de periodicidade automática, assim construindo a grade manualmente sob as mesmas dimensões equivalentes. A comparação pode ser visualizada na Figura 7

Na Figura 8 é mostrado o resultado da versão modificada.

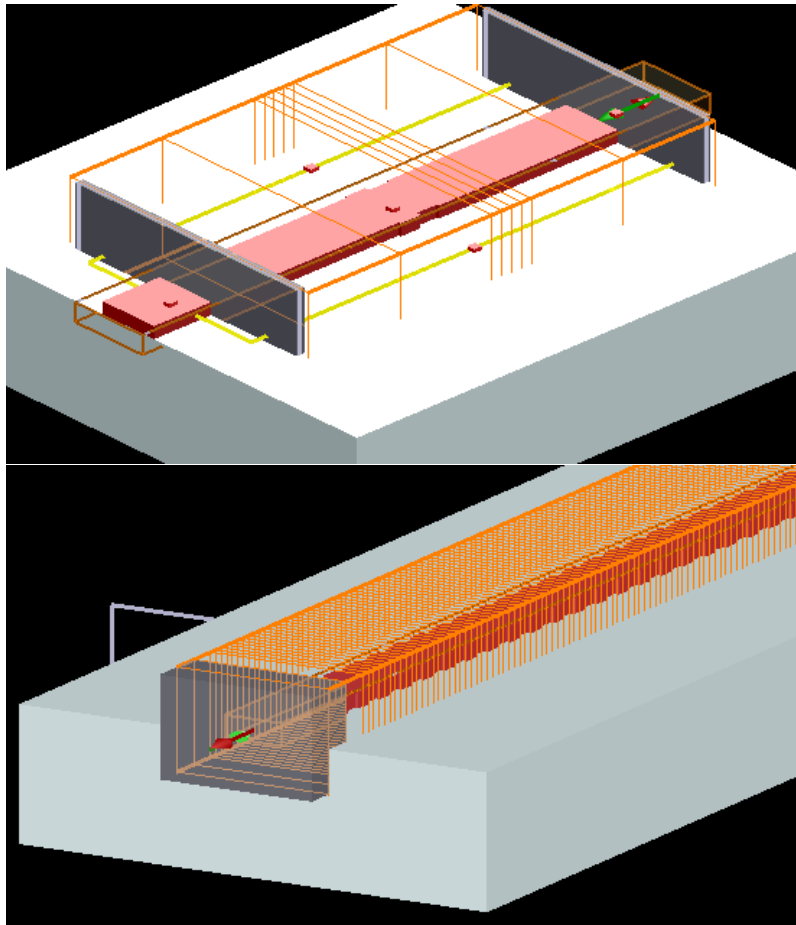


Figure 7: Comparação antes e depois do modelo de simulação utilizando EME)

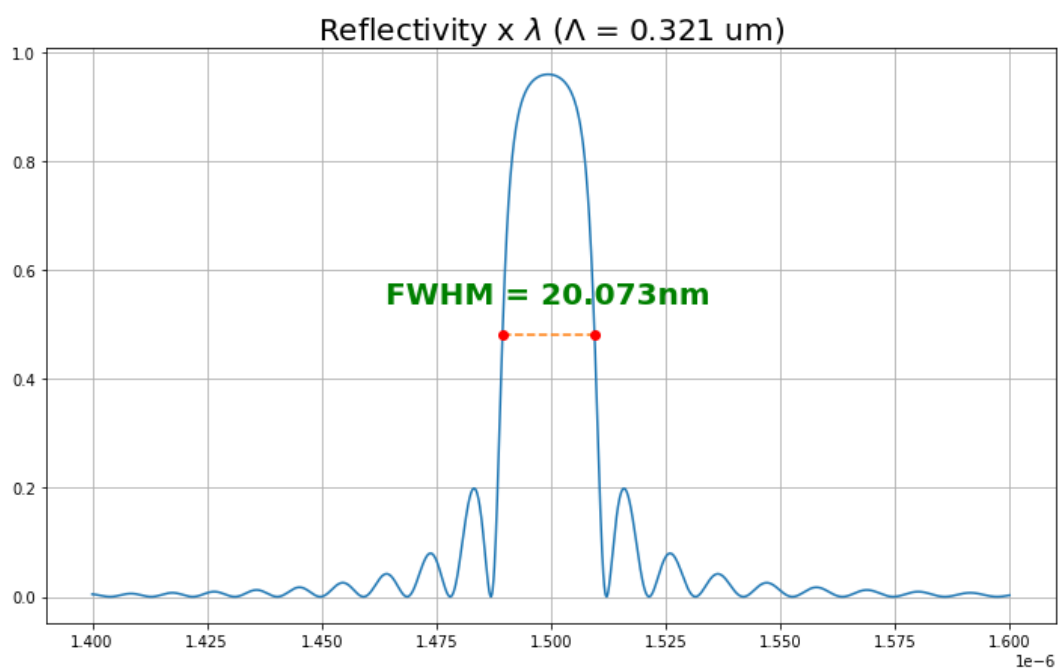


Figure 8: Resultado da versão modificada

Conclui-se que não houveram modificações consideráveis (a versão anterior apresentou um FWHM de 20,048nm, uma diferença de 0.1%).

## Nova simulação FDTD

A partir de modificações nos parâmetros de mesh do FDTD (como mostrados na figura 9, obteve-se o resultado da figura 10.

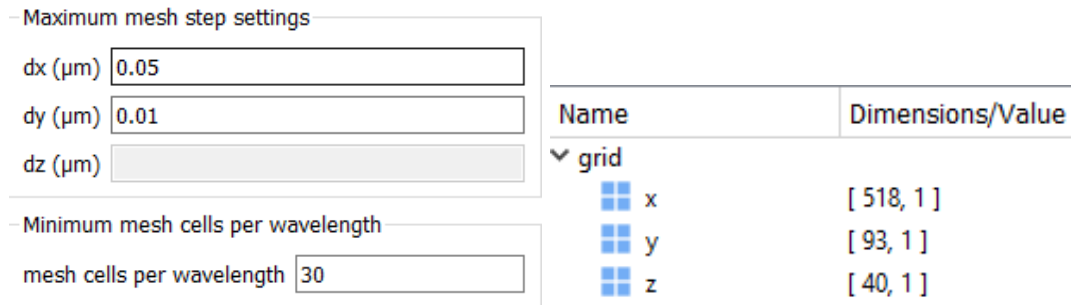


Figure 9: Modificações no Mesh do FDTD

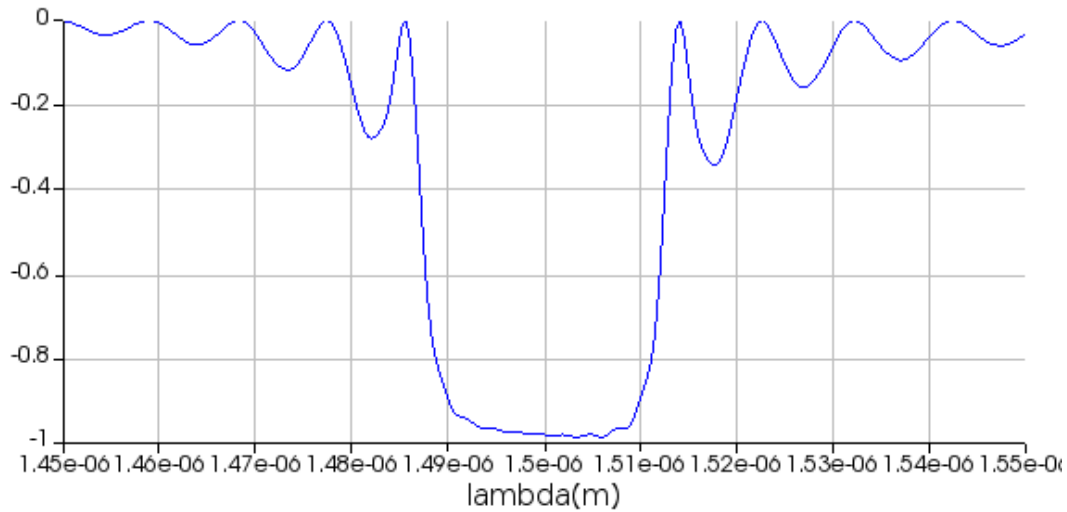


Figure 10: Novo resultado reflexão x comprimento de onda

## Filtro de litografia

Utilizando o filtro de arquivo .gds [sim-lithography](#) desenvolvido pelo cientista de pesquisas computacionais [Alec Hammond](#), foram aplicadas ondulações de formato nas pontas da grade, inicialmente utilizando um filtro de 100nm de *node size*. Assim modificando-se a grade como mostra a Figura 11.

Com isso, realizou-se a simulação do modelo filtrado no FDTD, com os parâmetros mostrados na Figura 13. O tempo de simulação utilizado foi 15000 fs, retirando a influência de meshes externos.

O resultado é descrito na Figura 14 e comparado na Figura 15

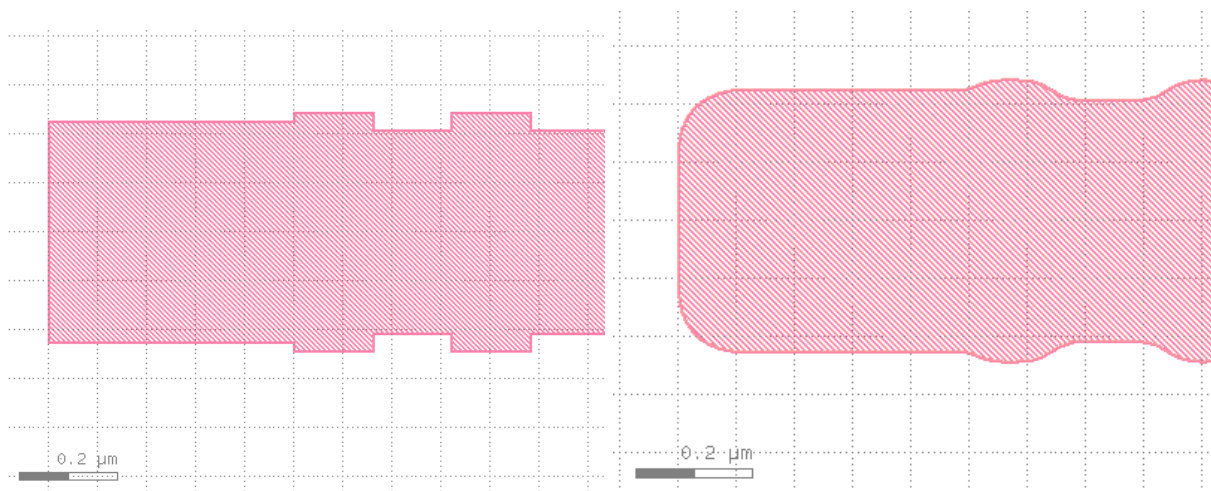


Figure 11: Comparação do antigo formato com o novo pós aplicação do filtro

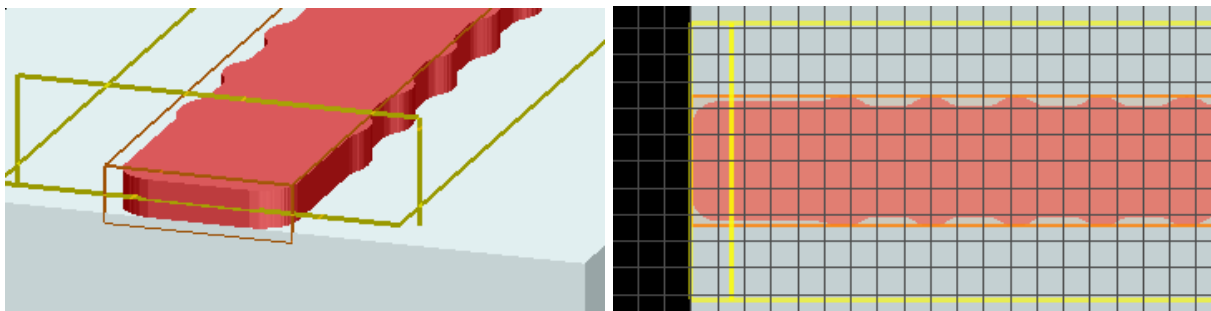


Figure 12: Modelo filtrado no Lumerical

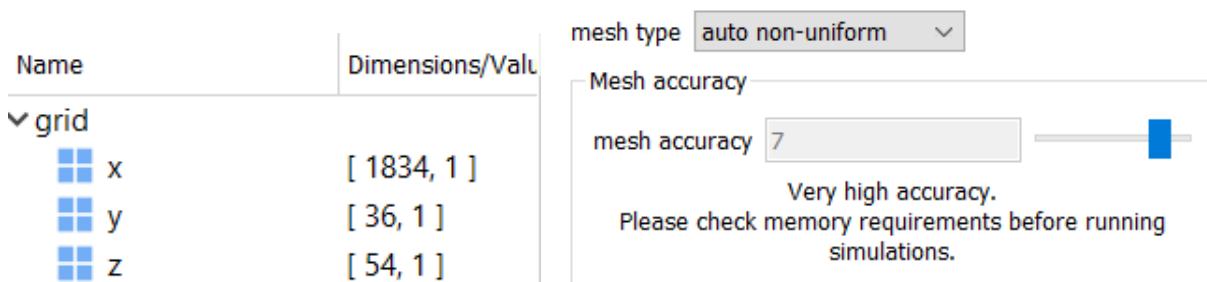


Figure 13: Parâmetros de simulação FDTD

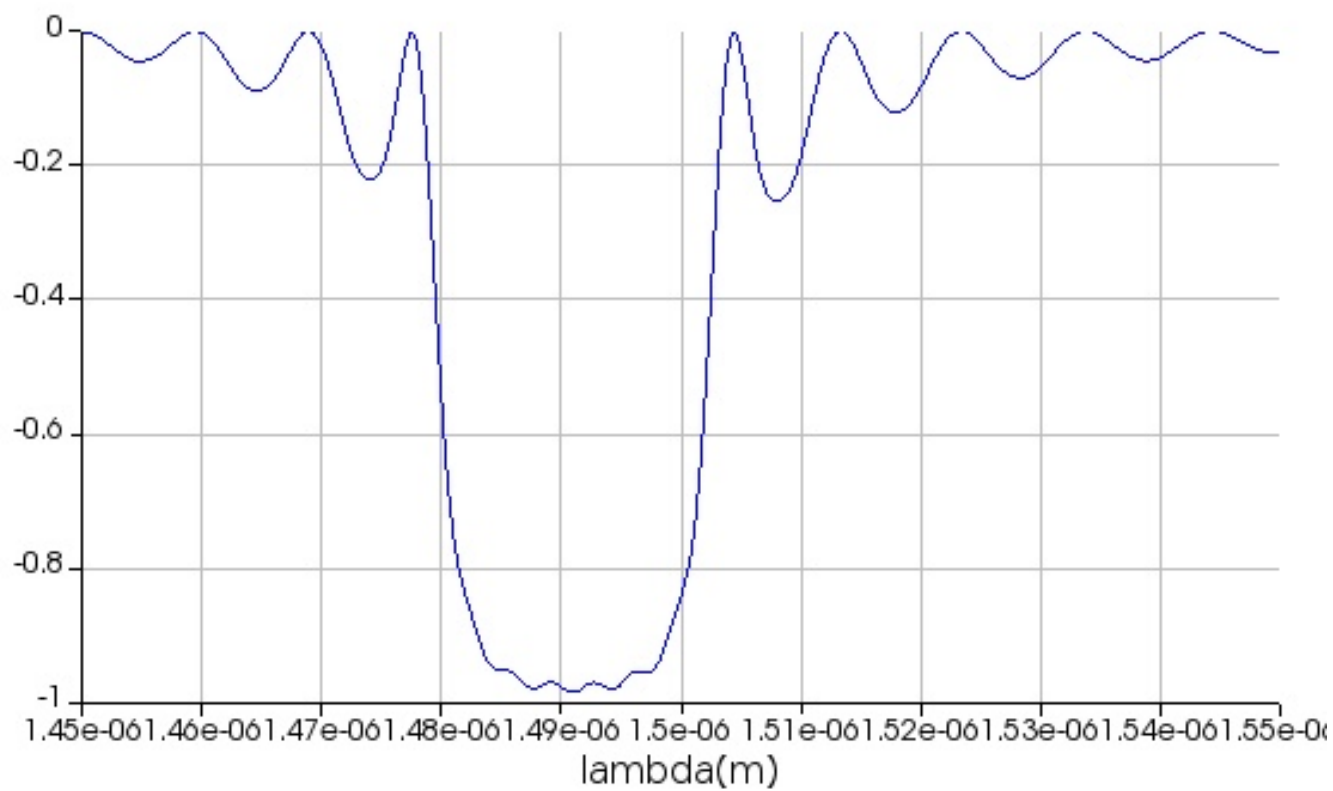


Figure 14: Reflexão x Comprimento de onda da grade filtrada

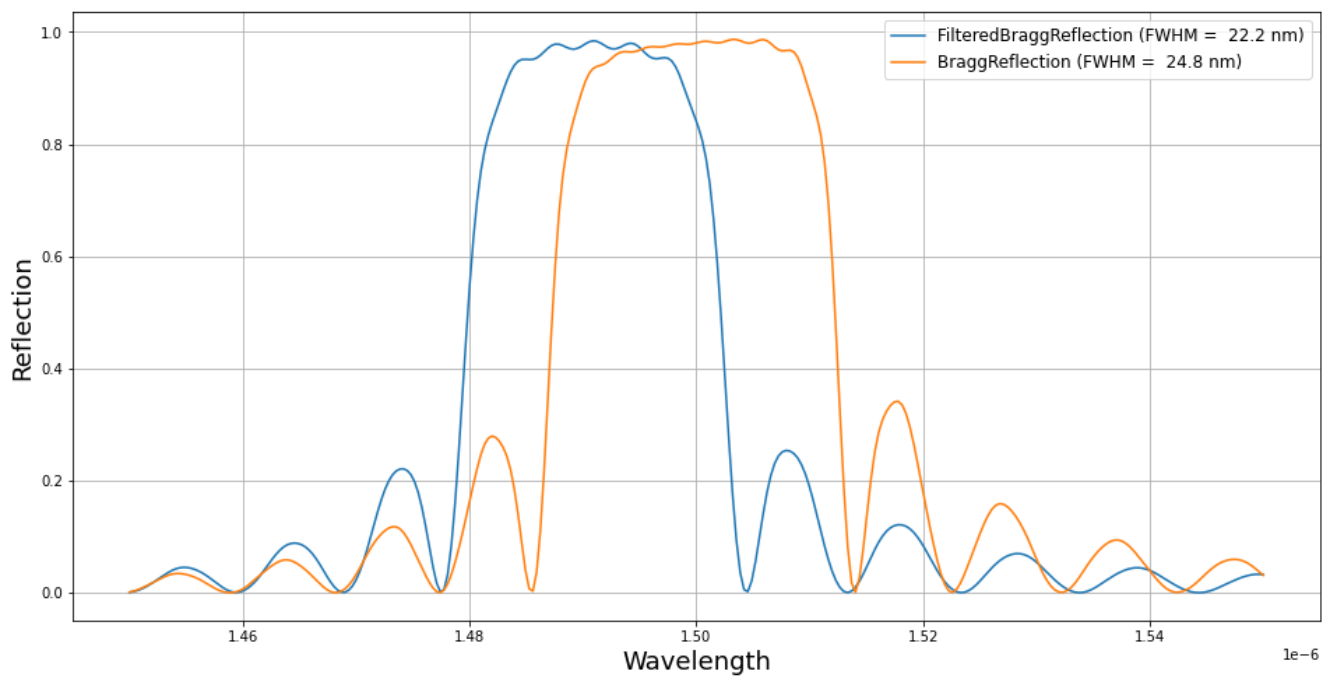


Figure 15: Reflexão x Comprimento de onda das duas tipologias de grade