

4. Resultados

Este capítulo tem a função de apresentar resultados obtidos com a técnica de síntese de faixa larga discutida na seção 3.2. Para cada projeto são mostrados a curva de refletividade em função do comprimento de onda, o perfil de índice de refração e finalmente uma tabela enumerando cada camada do projeto.

O Algoritmo Genético foi implementado em linguagem nativa utilizando o método de seleção competitiva para uma população de 100 indivíduos, 100 harmônicas ($k=100$) com comprimentos de onda igualmente espaçados nos intervalos espectrais considerados. A polarização utilizada para todos os exemplos foi a TE. O programa implementado não restringe valores máximos ou mínimos para as espessuras das camadas. O índice de refração para os materiais foi considerado constante no interior das faixas espectrais utilizadas.

Para viabilizar comparações, para quase todos os projetos foram utilizados exemplos de estruturas já apresentadas na literatura por J. Karunamuni *et al* [11] e J. C. C. Carvalho [2]. O método utilizado pelo primeiro autor foi o introduzido por Dobrowolski [12] enquanto o segundo autor utilizou um Algoritmo Genético de codificação binária.

4.1. Projeto 1

Este projeto recria uma das grades utilizadas para construção de um sensor químico baseado em fluorescência em [12]. Trata-se de um filtro equivalente a um rejeita faixas para os intervalos de comprimento de onda 0.4 a 0.47 μm e 0.515 a 0.6 μm .

Todos os parâmetros utilizados para o processo de síntese são detalhados através da Tabela 4.1. A Fig. 4.1 mostra o espectro de refletividade para estrutura sintetizada e a Fig. 4.2 o seu perfil de índices. Os valores de índice de refração e espessura podem ser melhor avaliados através da Tabela 4.2:

Tabela 4.1 Parâmetros do Algoritmo Genético para o projeto 1

Parâmetro	Valor
Faixa espectral:	0.4 a 0.6 μm
Ângulo de incidência:	0°
Valores de índice de refração:	1.0582 e 1.6847
Cobertura:	Ar
Substrato:	Ar
Comprimento óptico da estrutura:	3 μm
Probabilidade de crossover (P_C):	0.25
Probabilidade de mutação (P_M):	0.03
Número de gerações:	300

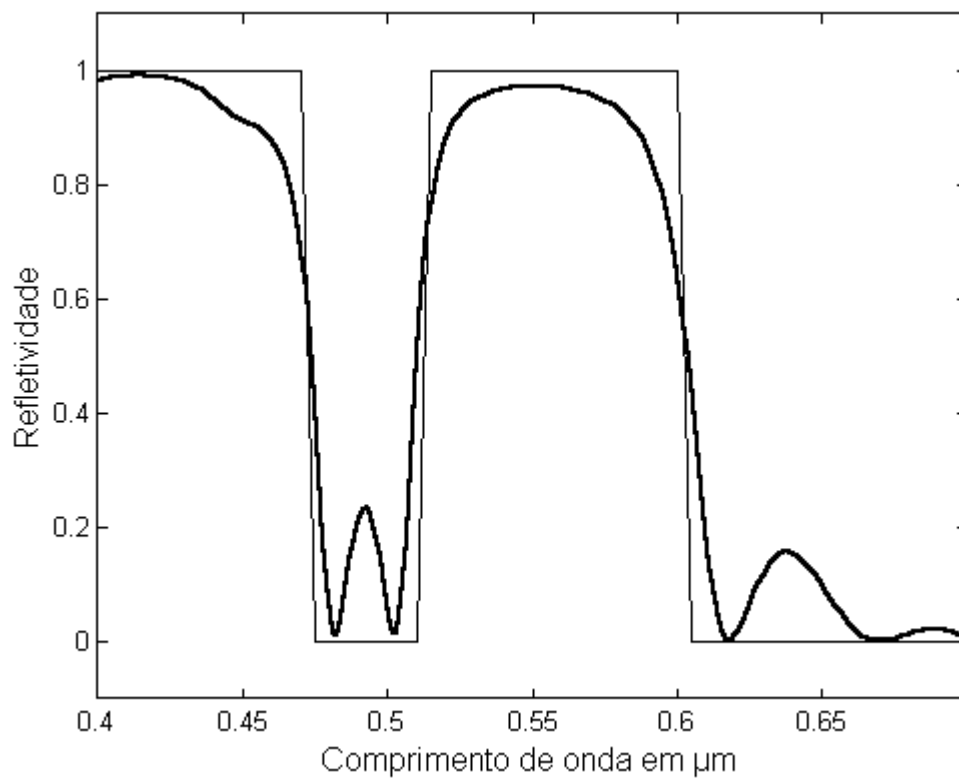


Figura 4.1. Curvas de refletividade: a de linha cheia é a simulada para a estrutura sintetizada; a linha fina é a curva alvo.

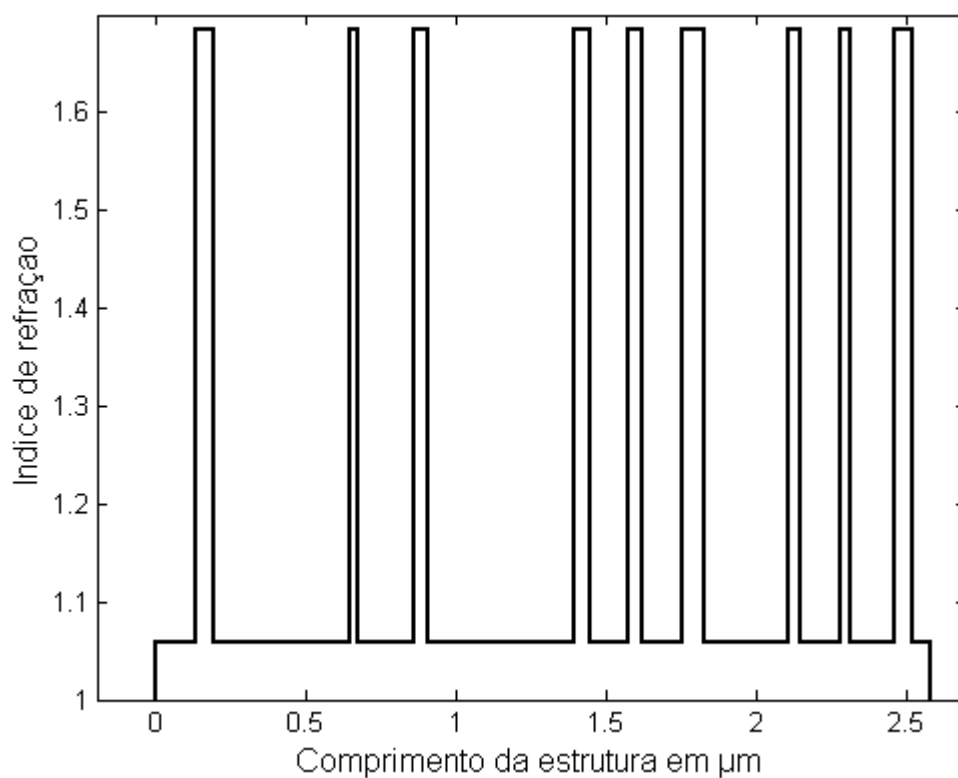


Figura 4.2 Perfil de índices para a grade do projeto 1.

Tabela 4.2 Relação das camadas obtidas para o projeto 1, numeradas da cobertura para o substrato.

Camada nº:	Índice	Espessura física (nm)
1	1.0582	132.3
2	1.6847	59.4
3	1.0582	453.6
4	1.6847	23.7
5	1.0582	189.0
6	1.6847	47.5
7	1.0582	491.4
8	1.6847	47.5
9	1.0582	132.3
10	1.6847	47.5
11	1.0582	132.3
12	1.6847	71.2
13	1.0582	283.5
14	1.6847	35.6
15	1.0582	132.3
16	1.6847	35.6
17	1.0582	151.2
18	1.6847	59.4
19	1.0582	56.7

Comparando a curva de refletividade mostrada na Fig. 4.1 e a resposta do projeto original de [12] conclui-se que:

- A metodologia defendida neste trabalho conseguiu uma estrutura com uma melhor aproximação entre o espectro de refletividade simulado e a curva alvo;
- O número de camadas obtidas foi o mesmo da referência;
- A espessura mínima obtida para uma camada através desta metodologia alcançou 23.7nm, enquanto que a mínima espessura obtida na referência foi 50nm. Embora essa seja uma espessura tolerável, camadas muito finas podem dificultar o processo de fabricação da grade. Por outro lado, este resultado apenas reflete a inexistência de restrições quanto a máxima e mínima espessura admissível.

4.2. Projeto 2

Este projeto possui mesma origem que o anterior e também consiste em um filtro rejeita faixas, porém agora para os intervalos de comprimento de onda 0.4 a 0.47 μ m e 0.515 a 0.6 μ m. Todos os parâmetros utilizados para este projeto são idênticos ao do anterior, mudando apenas a curva de refletividade alvo para a síntese.

A Fig. 4.3 mostra o desempenho da curva de refletividade da estrutura obtida comparada com a curva alvo, a Fig. 4.4 exibe o perfil de índices para o projeto 2 e a Tabela 4.3 caracteriza com detalhes cada camada da estrutura:

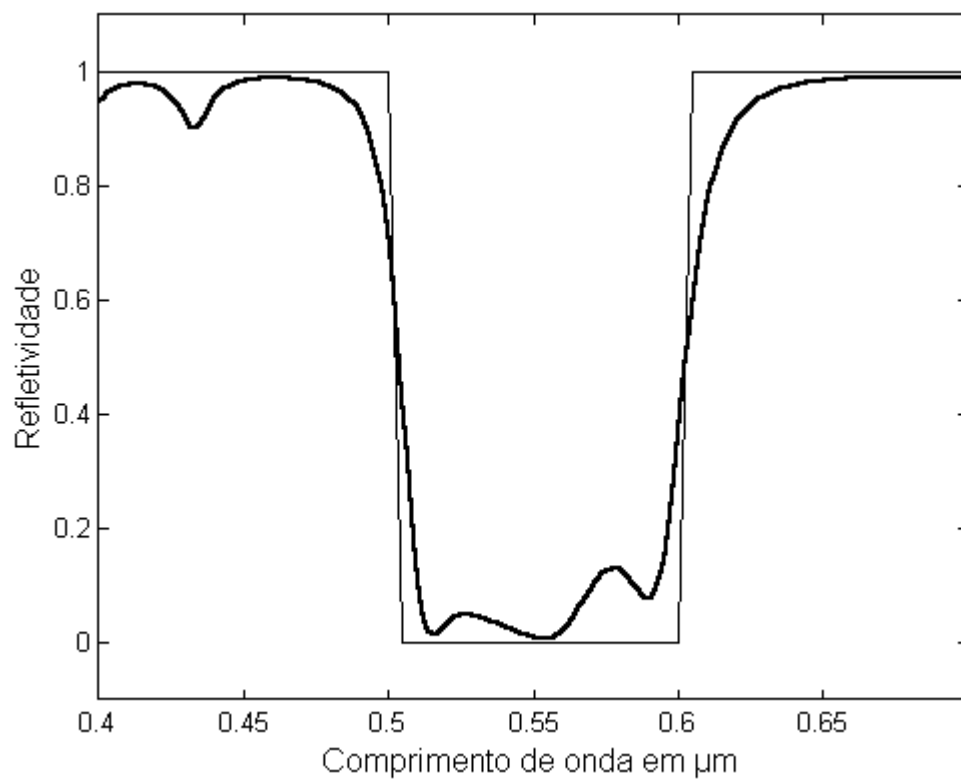


Figura 4.3. Curvas de refletividade: a de linha cheia é a simulada para a estrutura sintetizada; a linha fina é a curva alvo.

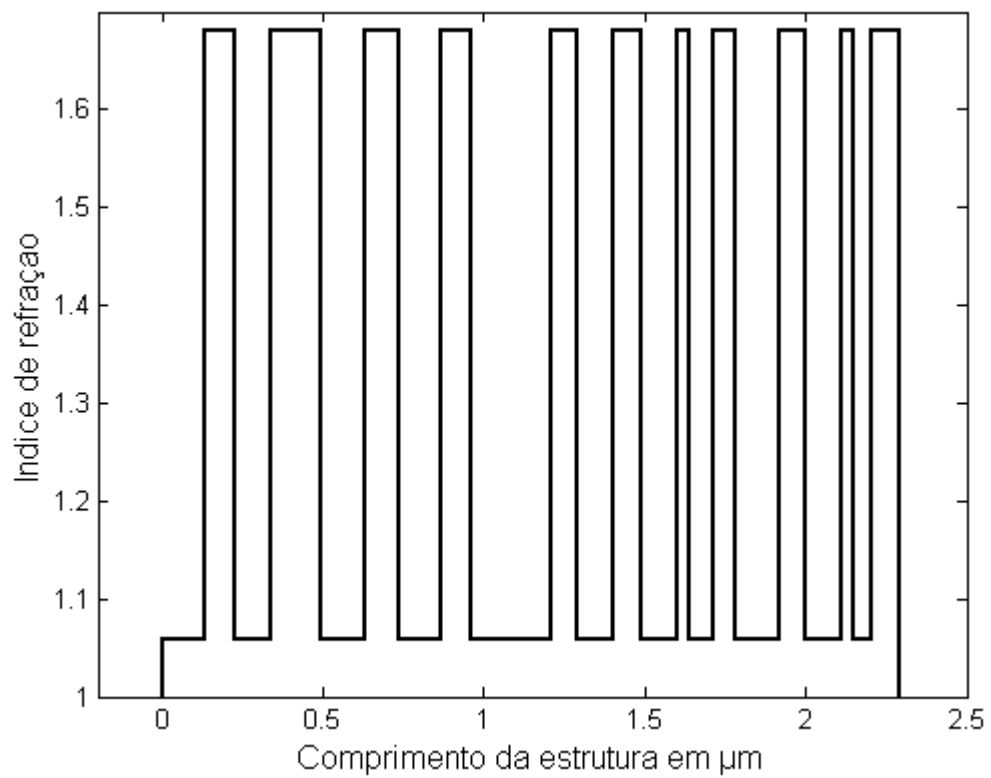


Figura 4.4 Perfil de índices para a grade do projeto 2.

Tabela 4.4 Relação das camadas obtidas para o projeto 2, numeradas da cobertura para o substrato.

Camada nº:	Índice	Espessura física (nm)
1	1.0583	132.2
2	1.6800	95.2
3	1.0583	113.4
4	1.6800	154.8
5	1.0583	132.3
6	1.6800	107.1
7	1.0583	132.3
8	1.6800	95.2
9	1.0583	245.7
10	1.6800	83.3
11	1.0583	113.4
12	1.6800	83.3
13	1.0583	113.4
14	1.6800	35.7
15	1.0583	75.6
16	1.6800	71.4
17	1.0583	132.3
18	1.6800	83.3
19	1.0583	113.4
20	1.6800	35.7
21	1.0583	56.7
22	1.6800	83.3

O resultado obtido para este projeto apresentou um erro compatível ao observado em [11].

4.3. Projeto 3

Este projeto recria uma das grades sintetizadas em J. C. C. Carvalho [2]. Trata-se de uma filtro para cobertura antirefletora, isto é, uma estrutura capaz de apresentar refletividade nula para uma faixa espectral especificada.

Todos os parâmetros utilizados para o processo de síntese são detalhados através da Tabela 4.4, a Fig. 4.5 mostra o espectro de refletividade para estrutura sintetizada de acordo com os parâmetros da Tabela 4.5, o perfil de índices para a grade sintetizada resulta na Fig. 4.6 e, finalmente, os valores de índice de refração e espessura podem ser avaliados através da Tabela 4.6:

Tabela 4.5 Parâmetros do Algoritmo Genético para o projeto 3

Parâmetro	Valor
Faixa espectral:	7.7 a 12.3 μm
Ângulo de incidência:	0°
Valores de índice de refração:	2.2 e 4.2
Cobertura:	Ar
Substrato:	4
Comprimento óptico da estrutura:	31 μm
Probabilidade de crossover (P_C):	0.25
Probabilidade de mutação (P_M):	0.03
Número de gerações:	100

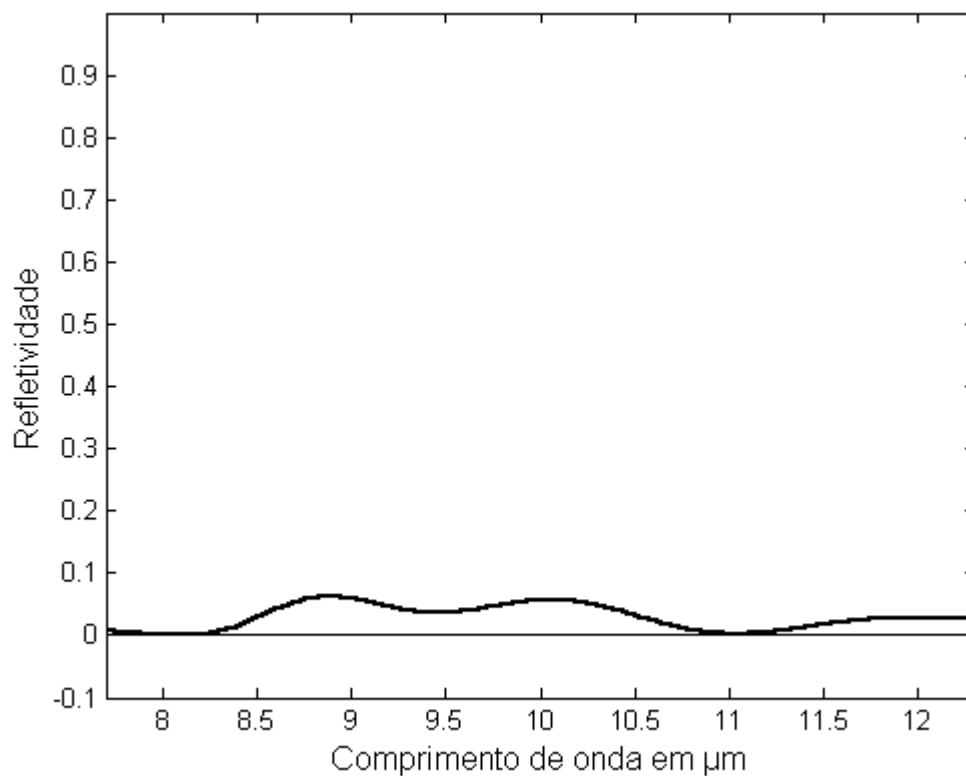


Figura 4.5. Curvas de refletividade: a de linha cheia é a simulada para a estrutura sintetizada; a linha fina é a curva alvo.

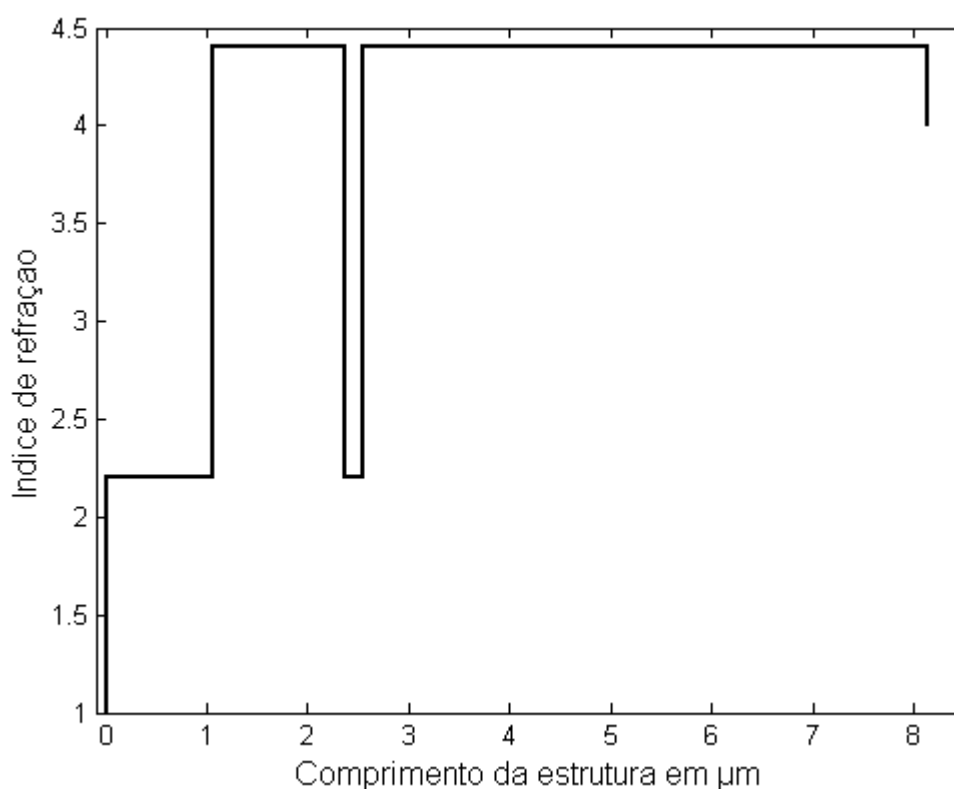


Figura 4.6 Perfil de índices para a grade do projeto 3.

Tabela 4.6 Relação das camadas obtidas para o projeto 2, numeradas da cobertura para o substrato.

Camada nº:	Índice	Espessura física (nm)
1	2.2000	1050.0
2	4.4000	1312.5
3	2.2000	175.0
4	4.4000	5600.0

A resposta de refletividade apresentou o mesmo erro máximo que o projeto originariamente obtido em [12]. Porém a estrutura conseguida através da metodologia apresentada neste trabalho é muito mais simples porque possui intencionalmente apenas 2 níveis de índices de refração predefinidos, contra uma quantidade indefinida de níveis estabelecidos no projeto da referência.

4.4. Projeto 4

Este projeto, ao contrário dos demais, não foi escolhido a título de comparação com qualquer referência. Trata-se de um refletor cujo o espectro de

refletividade se assemelha a uma rampa, o que abre a possibilidade de se criar equalizadores baseados em grades refletoras. A Tabela 4.7 exibe a lista dos parâmetros utilizados para a síntese, a Fig. 4.8 exibe a curva do perfil de índice de refração enquanto a Tabela 4.8 mostra detalhadamente a constituição de cada camada da grade:

Tabela 4.7 Parâmetros do Algoritmo Genético para o projeto 4

Parâmetro	Valor
Faixa espectral:	0.4 a 0.7 μm
Ângulo de incidência:	0°
Valores de índice de refração:	1.0583 e 1.68
Cobertura:	Ar
Substrato:	Ar
Comprimento óptico da estrutura:	2.5 μm
Probabilidade de crossover (P_C):	0.25
Probabilidade de mutação (P_M):	0.03
Número de gerações:	100

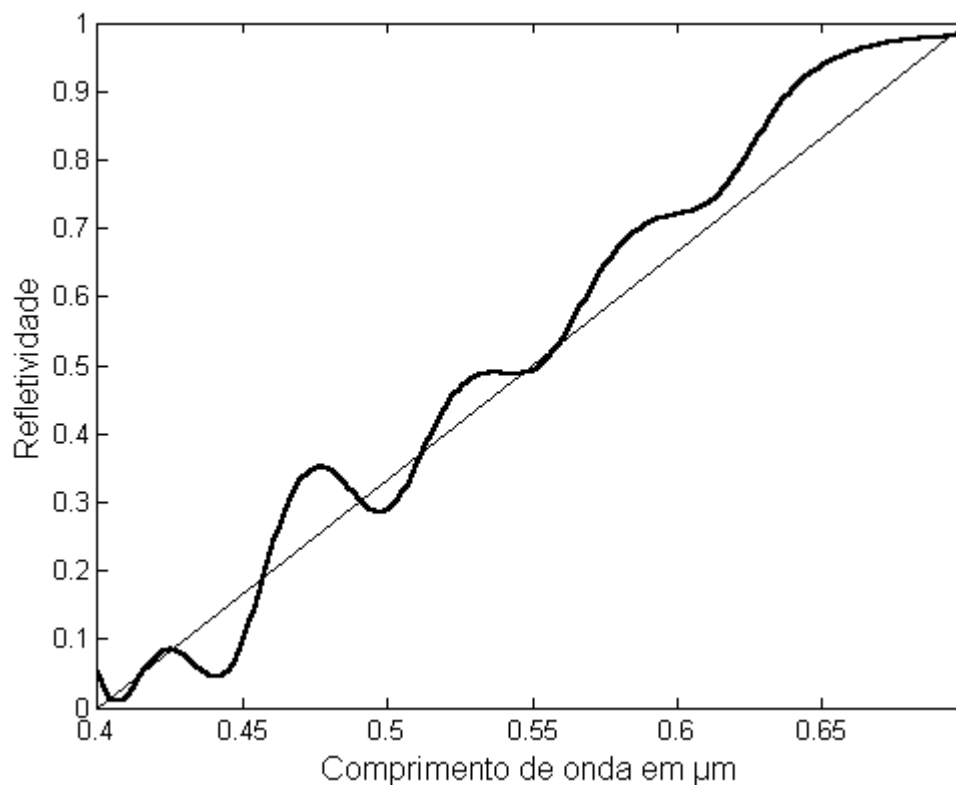


Figura 4.7. Curvas de refletividade: a de linha cheia é a simulada para a estrutura sintetizada; a linha fina é a curva alvo.

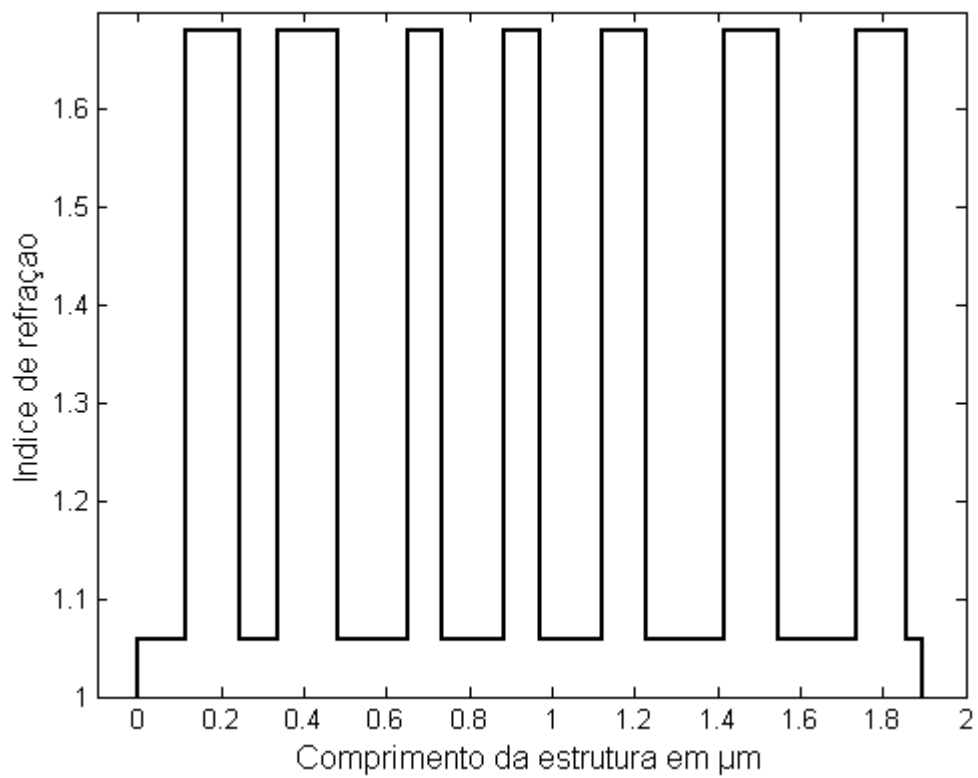


Figura 4.8 Perfil de índices para a grade do projeto 4.

Tabela 4.4 Relação das camadas obtidas para o projeto 2, numeradas da cobertura para o substrato.

Camada nº:	Índice	Espessura física (nm)
1	1.0583	113.3893
2	1.6800	130.9524
3	1.0583	94.4911
4	1.6800	142.8571
5	1.0583	170.0840
6	1.6800	83.3333
7	1.0583	151.1858
8	1.6800	83.3333
9	1.0583	151.1858
10	1.6800	107.1429
11	1.0583	188.9822
12	1.6800	130.9524
13	1.0583	188.9822
14	1.6800	119.0476
15	1.0583	37.7964