



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TELEINFORMÁTICA
SEMESTRE 2024.2

Projeto Individual - Antena Yagi-Uda

ALUNO: Abraão de Carvalho Albuquerque - 538286
CURSO: Engenharia de Telecomunicações
PROFESSOR: Sérgio Antenor de Carvalho
DISCIPLINA: TI0065 - Antenas

Sumário

1	Introdução	3
1.1	Estrutura da Antena Yagi-Uda	3
2	Fundamentação Teórica	4
3	Projeto da Antena	5
4	Resultados	6
4.1	Antena com frequência $f_1 = 1.2$ GHz e 9 diretores	6
4.2	Antena com frequência $f_2 = 1.2$ GHz e 5 diretores	8
5	Conclusão	10
6	Códigos	11
	Referências	14

1 Introdução

Por volta de 1924 que o engenheiro japonês Shintaro UDA, da Universidade de Tohoru, em Sendai (Japão), projetou a antena direcional em homenagem ao seu professor na época: Hidetsugu YAGI. A descoberta foi publicada pela primeira vez em 1926, em japonês, e em 1928, em inglês, em uma revista científica especializada publicada nos EUA com o nome de “The Proceedings of the Institute of Radio Engineers”. Operadores de rádio amador começaram a fazer experimentos com ela em 1934. Essa antena foi amplamente usada durante a Segunda Guerra Mundial para radar, mas foi com o desenvolvimento da televisão na década de 1950 que ela se espalhou aos milhões para os telhados das casas sob o nome comum de “rake”.

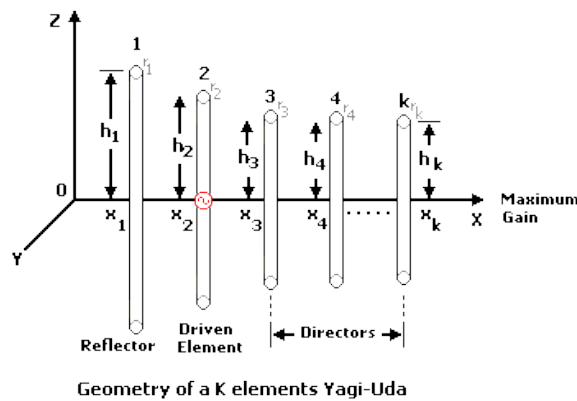


Figura 1: Antena Yagi-Uda.

A antena yagi é uma antena direcional, com ganho maior na direção para onde aponta e menor na direção oposta. Ela é composta por:

1.1 Estrutura da Antena Yagi-Uda

- **Um dipolo de meia onda:** alimentado como deve ser no meio: esse é o elemento radiador de onda.
- **Um (ou mais) elementos refletores:** Posicionado atrás do elemento ativo, garantindo que a radiação na direção oposta seja minimizada e também aumenta a intensidade de energia radiada na direção desejada.

- **Um (ou mais) elementos direcionadores:** Colocados na frente do dipolo, são elementos progressivamente menores, com comprimento típico de $0,4\lambda$ a $0,45\lambda$. Cada diretor concentra e direciona o feixe principal, aumentando a diretividade e o ganho.

2 Fundamentação Teórica

Se colocarmos um condutor com comprimento próximo de meia onda perto de um dipolo, o campo eletromagnético irradiado pelo dipolo vai induzir uma corrente de alta frequência no condutor, com a mesma frequência, mas com uma amplitude bem menor. Esse efeito é parecido com o que acontece em um transformador, onde o dipolo funciona como o enrolamento primário.

Dá pra imaginar isso como dois circuitos oscilantes ajustados na mesma frequência e acoplados. Na antena yagi, o dipolo, que emite o sinal, é chamado de “radiador”, enquanto os outros elementos que interagem com ele são chamados de elementos secundários.

Os elementos secundários, que recebem essa corrente de alta frequência, também vão irradiar como o dipolo. Se colocarmos esses elementos paralelos ao dipolo e a uma distância de aproximadamente $\lambda/10$, os campos eletromagnéticos vão interferir uns nos outros. O padrão de radiação do dipolo será alterado, e dois cenários podem acontecer:

- Se o elemento secundário for mais curto que o radiador, o lóbulo de radiação principal do dipolo será reforçado na direção do radiador para o elemento secundário. Nesse caso, o elemento secundário é chamado de diretor.
- Se o elemento secundário for mais longo que o radiador, o lóbulo de radiação principal será reforçado na direção do elemento secundário para o radiador. Nesse caso, o elemento secundário é chamado de refletor.

3 Projeto da Antena

O desempenho da antena depende do comprimento e diâmetro de cada elemento, além do espaçamento entre eles. Um diretor, que é mais curto que o radiador, se comporta como um dipolo alimentado no centro, mas com impedância capacitiva. Já o refletor, sendo mais longo que o radiador, possui uma impedância indutiva.

A diferença de fase entre a corrente que flui no radiador e a que é induzida no elemento secundário depende tanto do espaçamento entre os elementos quanto da reatância do elemento secundário. É essa mudança de fase nos campos eletromagnéticos produzidos pelos dois elementos que define o padrão geral de radiação.

Pra aumentar o ganho frontal da antena, é só adicionar mais elementos de direção. Mas não dá pra exagerar:

- Por questões mecânicas, porque a antena pode ficar muito longa e difícil de construir.
- Por limitações elétricas, já que o ganho não aumenta proporcionalmente ao número de elementos e chega num limite rápido.

Para ilustrar o funcionamento e as diferenças no desempenho, este projeto será conduzido com a mesma frequência de operação, fixada em $1.2GHz$. No entanto, será feita uma variação no número de refletores presentes nas antenas utilizadas. A primeira antena será configurada com cinco refletores, enquanto a segunda antena contará com nove refletores.

Essa escolha visa explorar o impacto do número de refletores na diretividade, no ganho e na eficiência do sistema de comunicação. A frequência de $1.2GHz$ foi selecionada por sua relevância prática, já que, no Brasil, esse espectro é regulamentado pela Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) para aplicações médicas e espaciais. Especificamente, ele é designado para comunicações via satélite, abrangendo a transmissão de sinais no sentido downlink (do espaço para a Terra) e também para enlaces intersatélites (inter-satellite links).

A aplicação desse espectro para a área médica envolve tecnologias como a telemetria de saúde e monitoramento remoto de pacientes. Já no âmbito espacial, o uso é essencial para a troca de dados entre satélites e estações terrestres, sendo crucial para missões

científicas, serviços de posicionamento global e comunicação segura. Além disso, a escolha por variar o número de refletores reflete uma abordagem experimental para avaliar como a configuração física das antenas pode influenciar o desempenho em diferentes cenários operacionais, como em ambientes urbanos densos ou em zonas de cobertura ampla.

Para os cálculos, utilizamos o seguinte comprimento de onda: $\lambda_1 = 0.25$ m para $f_1 = 1.2$ GHz e mudamos os diretores $n_1 = 5$ e $n_2 = 9$.

A simulação e o projeto foram realizados utilizando a biblioteca “Antenna Designer” do MATLAB [3]. Os códigos referentes a cada modelo estão disponíveis em [1] para n_1 e em [2] para n_2 .

4 Resultados

4.1 Antena com frequência $f_1 = 1.2$ GHz e 9 diretores

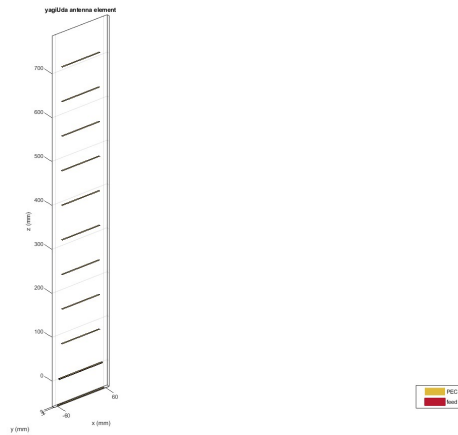


Figura 2: Estrutura Yagi-Uda com 5 diretores.

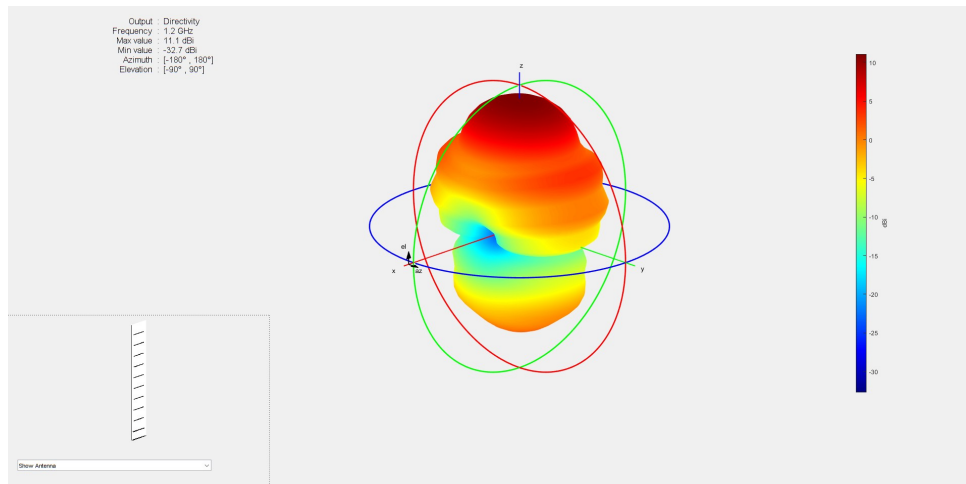
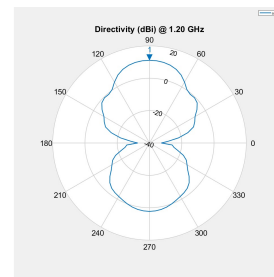


Figura 3: Diretividade com 9 diretores 1.2 GHz.



(a) Plano Azimutal



(b) Plano de Elevação

Figura 4: Diretividade da Antena

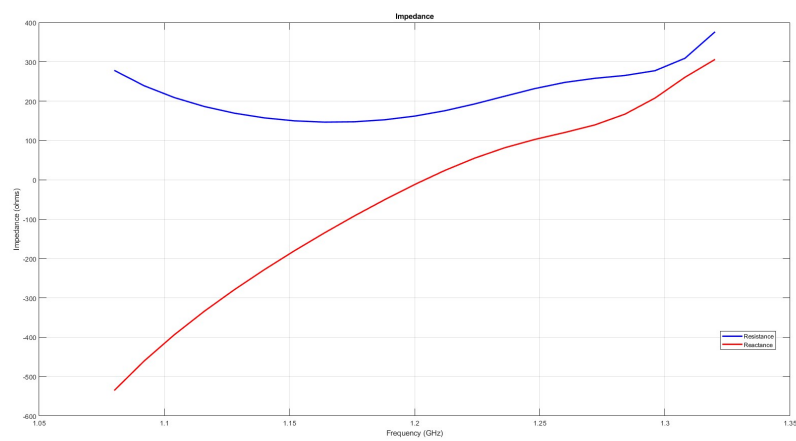


Figura 5: Impedância 1.2 GHz com 9 diretores.

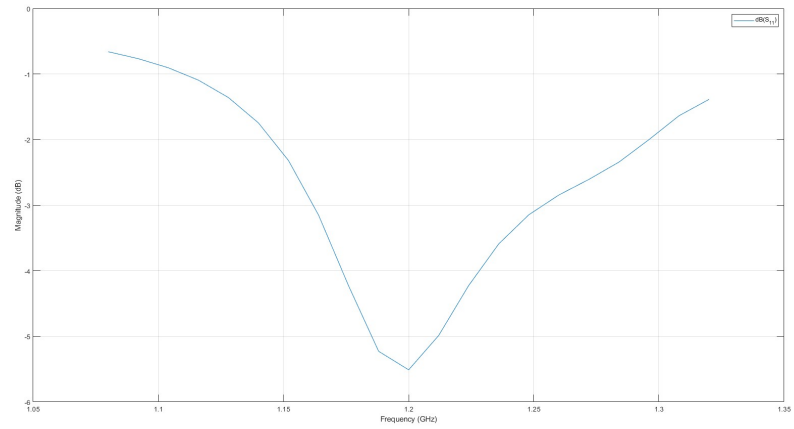


Figura 6: Parâmetro S_{11} 1.2 GHz com 9 diretores.

4.2 Antena com frequência $f_2 = 1.2$ GHz e 5 diretores

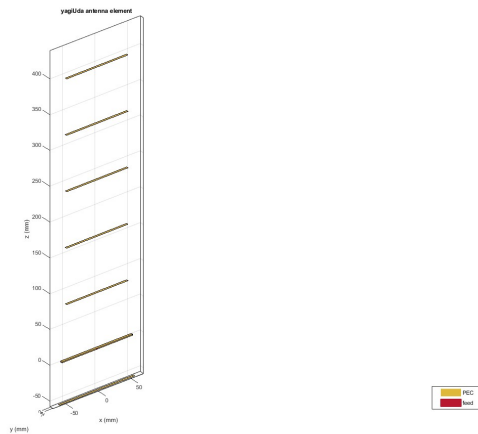
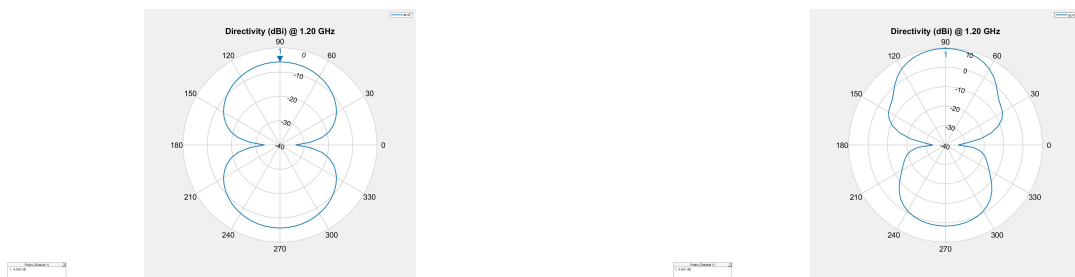


Figura 7: Estrutura Yagi-Uda 1.2 GHz com 5 diretores



(a) Plano Azimutal

(b) Plano de Elevação

Figura 9: Diretividade da Antena

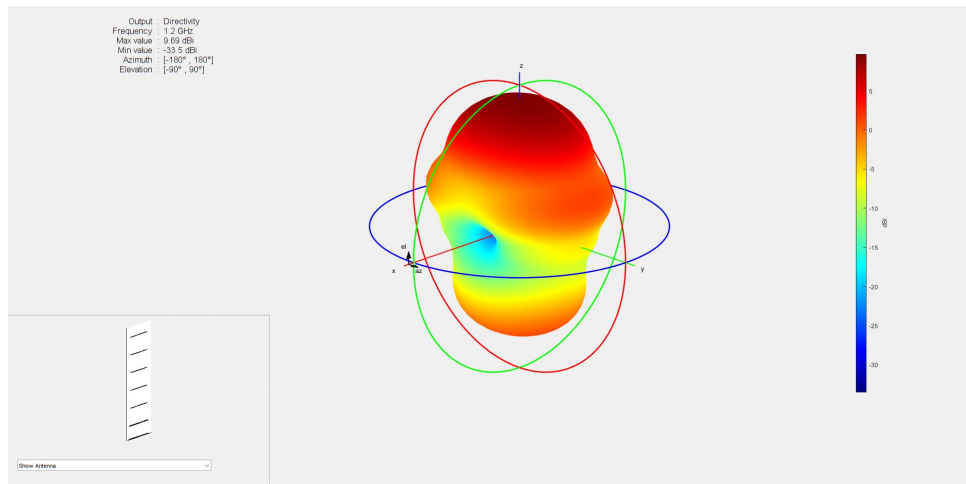


Figura 8: Diretividade 3D 1.2 GHz com 5 diretores.

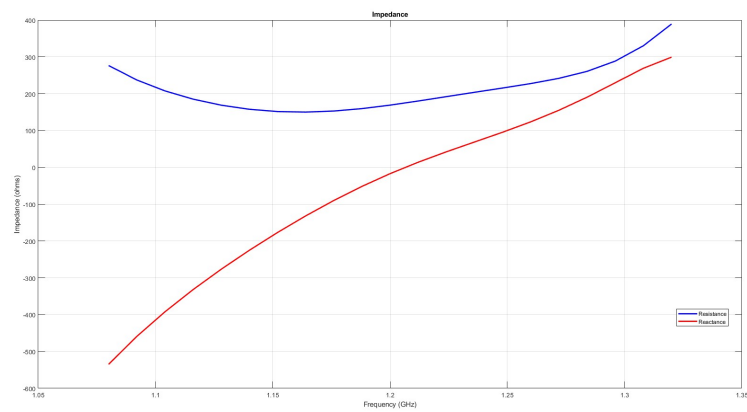


Figura 10: Impedância 1.2 GHz com 5 diretores.

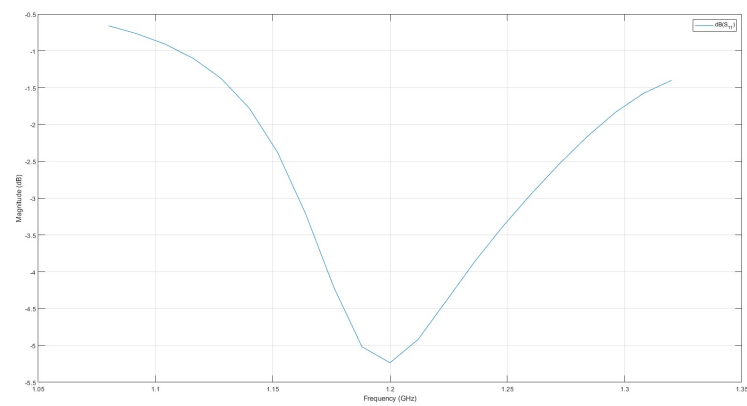


Figura 11: Parâmetro S_{11} 1.2 GHz com 5 diretores.

5 Conclusão

As antenas Yagi desenvolvidas para uma mesma frequência, mas com diferentes quantidades de diretores, exibem contrastes significativos em parâmetros como ganho, diretividade, largura de banda e casamento de impedância. No caso da Yagi de 5 elementos, composta por um refletor, um elemento ativo e três diretores, geralmente obtém-se um ganho moderado e uma largura de banda um pouco maior, o que facilita a adaptação da impedância para valores próximos de 50 Ohms, sem que a parte imaginária (reatância) se torne excessivamente sensível a variações de frequência. Já as Yagis com mais diretores (por exemplo, 7, 9 ou até 11), embora possam alcançar um ganho substancialmente maior e um feixe de radiação ainda mais concentrado, tendem a apresentar uma banda de operação ligeiramente mais estreita, o que exige ajustes mais críticos no elemento ativo ou até no uso de redes de adaptação (matching networks) para manter a reatância baixa e a parte real da impedância próxima de 50 Ohms. Essa necessidade de maior cuidado na afinação também se reflete nos valores de S_{11} , pois, ainda que seja possível obter um excelente casamento (por exemplo, S_{11} menor que -20dB) com muitas diretrizes, qualquer variação na frequência de operação pode desviar o ponto de ressonância, elevando o S_{11} e prejudicando a eficiência de radiação. Em contrapartida, uma Yagi maior oferece não apenas maior diretividade, mas também um melhor índice de frente-costas, o que pode ser desejável em aplicações que exigem isolamento de sinais indesejados vindos de direções opostas. Dessa forma, a escolha entre uma antena Yagi de 5 elementos e outra com maior número de diretores envolve considerar tanto os requisitos de ganho, directividade e controle de lobos de radiação, quanto as limitações práticas de instalação, dimensões físicas e a necessidade de estabilidade de funcionamento em uma faixa de frequência mais ampla.

6 Códigos

```
1 % Create a yagiUda antenna
2 % Generated by MATLAB(R) 23.2 and Antenna Toolbox 23.2.
3 % Generated on: 20-Jan-2025 15:00:22
4
5 %% Antenna Properties
6
7 antennaObject = design(yagiUda, 1200*1e6);
8 antennaObject.Exciter = dipoleFolded;
9 antennaObject.Exciter.Length = 0.10887;
10 antennaObject.Exciter.Width = 0.0027731;
11 antennaObject.Exciter.Spacing = 0.001424;
12 antennaObject.NumDirectors = 5;
13 % Show
14 figure;
15 show(antennaObject)
16
17 %% Antenna Analysis
18 % Define plot frequency
19 plotFrequency = 1200*1e6;
20 % Define frequency range
21 freqRange = (1080:12:1320)*1e6;
22 % Reference Impedance
23 refImpedance = 50;
24 % impedance
25 figure;
26 impedance(antennaObject, freqRange)
27 % sparameter
28 figure;
29 s = sparameters(antennaObject, freqRange, refImpedance);
30 rfplot(s)
31 % pattern
32 figure;
33 pattern(antennaObject, plotFrequency)
34 % azimuth
35 figure;
```

```

36 patternAzimuth(antennaObject, plotFrequency, 0, 'Azimuth', 0:5:360)
37 % elevation
38 figure;
39 patternElevation(antennaObject, plotFrequency, 0, 'Elevation', 0:5:360)

```

Listing 1: Código para a antena com 5 diretores

```

1 % Create a yagiUda antenna
2 % Generated by MATLAB(R) 23.2 and Antenna Toolbox 23.2.
3 % Generated on: 20-Jan-2025 15:09:50
4
5 %% Antenna Properties
6
7 antennaObject = design(yagiUda, 1200*1e6);
8 antennaObject.Exciter = dipoleFolded;
9 antennaObject.Exciter.Length = 0.10887;
10 antennaObject.Exciter.Width = 0.0027731;
11 antennaObject.Exciter.Spacing = 0.001424;
12 antennaObject.NumDirectors = 9;
13 % Show
14 figure;
15 show(antennaObject)
16
17 %% Antenna Analysis
18 % Define plot frequency
19 plotFrequency = 1200*1e6;
20 % Define frequency range
21 freqRange = (1080:12:1320)*1e6;
22 % Reference Impedance
23 refImpedance = 50;
24 % impedance
25 figure;
26 impedance(antennaObject, freqRange)
27 % sparameter
28 figure;
29 s = sparameters(antennaObject, freqRange, refImpedance);
30 rfplot(s)
31 % pattern

```

```

32 figure;
33 pattern(antennaObject, plotFrequency)
34 % azimuth
35 figure;
36 patternAzimuth(antennaObject, plotFrequency, 0, 'Azimuth', 0:5:360)
37 % elevation
38 figure;
39 patternElevation(antennaObject, plotFrequency, 0, 'Elevation', 0:5:360)

```

Listing 2: Código para antena de 9 diretores

Referências

- [1] YAGI, Hidetsugu. Beam transmission of ultra short waves. **Proceedings of the Institute of Radio Engineers**, v. 16, n. 6, p. 715-740, 1928.
- [2] Manual - A Radio. *Antena Yagi-Uda: Generalidades*. Disponível em: <http://www.manuel.la-radio.eu/RM08/RM08y/RM08y00.html>.
- [3] Create Yagi-Uda array antenna. Disponível em: <https://www.mathworks.com/help/antenna/ref/yagiuda.html>.
- [4] ANATEL - ATRIBUIÇÃO DE FAIXAS DE FREQUÊNCIAS NO BRASIL. Disponível em: <https://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/documento.asp?numeroPublicacao=349401>