PROJETO DE ANTENA PARA RECEPÇÃO DE SINAL DE TV DIGITAL UTILIZANDO FRACTAIS

Ana Flávia Matos Couto[1]
Eliézer Alves Teixeira[2],
[1]IFG/Campus Jataí/Bacharelado em Engenharia Elétrica- PIBITI, anafmcouto@gmail.com
[2]IFG/Campus Jataí/Departamento de Áreas Acadêmicas, eliezer.teixeira@ifg.edu.br

Resumo

Na natureza encontram-se diversos tipos de fractais, objetos geométricos que podem ser divididos em infinitas partes, parecidos com o modelo original. Os fractais podem ser aplicados em diversas áreas, como na matemática, na medicina, fibras ópticas fractais, misturadores fractais, no mercado financeiro, e nas antenas fractais em telefonia móvel, RFID, Wi-Fi, TV digital, entre outras aplicações. O avanço da tecnologia e a necessidade de aparelhos cada vez mais compactos, leves e eficientes, fez com que antenas projetadas utilizando a geometria fractal despertasse grande interesse nesta área. Projetar antenas utilizando a geometria fractal é uma técnica importante em telecomunicações, pois proporciona uma redução significativa na dimensão das antenas e ao mesmo tempo mantém a qualidade e a eficiência do sinal recebido. Particularmente, neste trabalho foram estudadas antenas para recepção de sinal de TV digital na faixa de frequência de 700 MHz. E para fins de testes foi utilizado o canal 34, transmitido pela TV Anhanguera na cidade de Jataí-GO, que atua na faixa de frequência de 590 MHz à 596 MHz.

Palavras-chave: Antena, TV digital, fractal, redução de dimensões e eficiência de sinal.

INTRODUÇÃO

De acordo com o ministério de telecomunicações o fim da transmissão analógica está prevista para 2018, por isso existe a necessidade de novas tecnologias na área de transmissão e recepção de sinais digitais, por tanto estudos relacionados ao tema são de grande importância.

Inicialmente foi idealizada uma antena capaz de receber o sinal de TV digital, de tamanho reduzido, portátil e tão eficiente quanto uma antena comum, e que ao mesmo tempo seja uma tecnologia de baixo custo.

Em particular foram analisados modelos fractais e sua aplicação em antenas de TV digital, para que posteriormente fosse projetado um modelo novo de antena utilizando curva fractal, que será apresentado neste trabalho.

FRACTAIS

Uma das definições mais simples de fractais é "Fractais são objetos gerados pela repetição de um mesmo processo recursivo, apresentando auto semelhança e complexidade infinita." Benoit Mandelbrot, considerado o pai dos fractais, foi o primeiro definir os fractais matematicamente, com sua publicação de “A Geometria Fractal da Natureza”, em 1967. Fractais deriva de fractus que vem do latim, que se refere a algo diminuto, fragmentado.

A geometria dos fractais está por todas as partes na natureza, desde as ramificações de uma árvore, até nas células do organismo, onde uma parte representa o todo, como mostrado a seguir na figura 1 e 2.

Figura 1: Fractal encontrados na natureza, uma árvore e suas ramificações, fonte http://deumtudo2.blogspot.com.br/2009/09/fractais-na-natureza-parte-ii.html

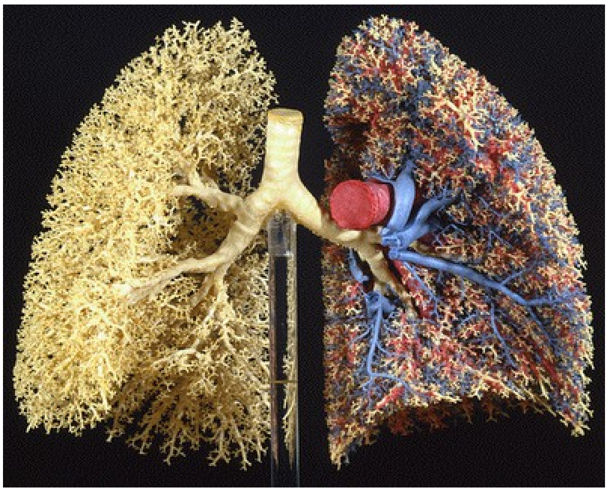

Figura 2: Fractal encontrados no corpo humano, em um pulmão, fonte http://www.colegioweb.com.br/matematica/fractais.html

Fractal de Mondelbrot

Este fractal não é uma forma encontrada na natureza como o floco de neve, por exemplo. Ele é obtido de duas equações:

$$\begin{cases} x_{n+1} = x_n^2 - y_n^2 + a \\ y_{n+1} = 2x_n y_n + b \end{cases}$$

E cada pondo é obtido do anterior, os únicos valores que podem ser alterados são a e b, o conjunto de Mandelbrot é um fractal particularmente interessante que se tornou popular fora da matemática devido à sua beleza estética, mostrado na figura 3.

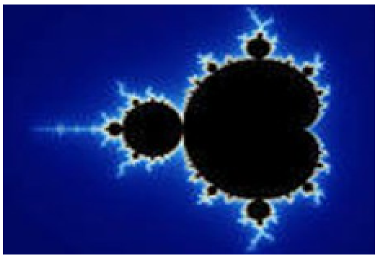

Figura 3: Fractal de Mandelbrot, fonte https://pt.wikipedia.org/wiki/Fractal.

Curva de Hilbert

A seguir é analisada a construção geométrica da Curva de Hilbert. Inicialmente vamos considerar um quadrado unitário. Do quadrado unitário retiramos a sua base, como na figura 4.

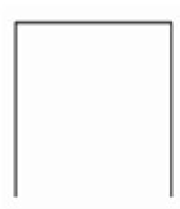

Figura 4: Fractal Curva de Hilbert 1º passo, fonte http://www2.ic.uff.br/~aconci/aula1.html.

Substituímos cada lado do quadrado por 4 novos quadrados, iguais a curva inicial, juntando cada novo quadrado por um vetor na mesma ordem do anterior, mostrado na figura 5.

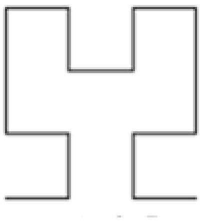

Figura 5: Fractal Curva de Hilbert 2º passo, fonte http://www2.ic.uff.br/~aconci/aula1.html.

Esta posição dos quadrados deve ser rigorosamente seguida para cada iteração.

Da mesma maneira vamos substituir cada segmento por quatro novos quadrados idênticos ao primeiro e uni-los por vetores, como vemos na figura 6.

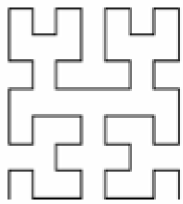

Figura 6: Fractal Curva de Hilbert 3º passo, fonte http://www2.ic.uff.br/~aconci/aula1.html.

Repetindo a operação mais duas vezes, obtemos os fractais como mostrado na figura 7.

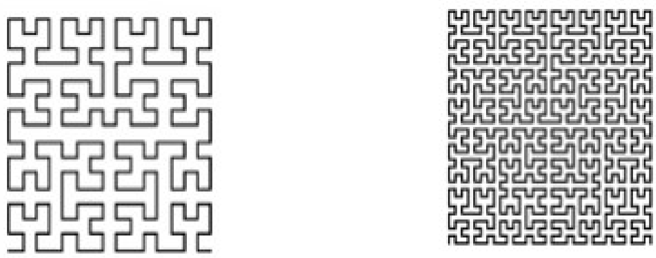

Figura 7: Fractal Curva de Hilbert 4º e 5º passo, fonte http://www2.ic.uff.br/~aconci/aula1.html.

Conjunto de cantor

Para a construção do Conjunto de Cantor, iniciemos com um segmento de reta unitário. Após, dividimos o segmento em três partes iguais (1/3) e retiramos a parte do meio, processo conhecido por “remoção do terço médio”. Dos segmentos restantes, aplica-se a mesma lei, sucessivamente. O processo repete-se fazendo o número de etapas (ou níveis), N, tende a infinito. E a figura gerada quando $N \rightarrow \infty$ é o Conjunto de Cantor, como mostrado na figura 8.

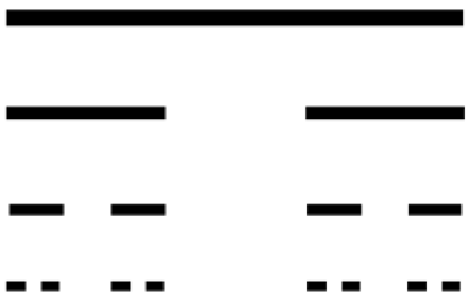

Figura 8: Fractal Conjunto de cantor, mostrando suas fases de criação, fonte http://legauss.blogspot.com.br/2012/05/conjuntos-de-cantor-generalizados.html.

Curva de piano

Primeiramente utiliza-se um segmento de reta de comprimento unitário. Substitui este segmento por uma curva de nove segmentos em escala de 1/3. Depois modifica cada segmento anterior pela curva de nove segmentos.

Substitui-se novamente cada segmento pela curva de nove segmentos. E assim sucessivamente. A curva vai preenchendo uma região quadrada, cuja diagonal dada pelo segmento inicial é um, como na figura 9.

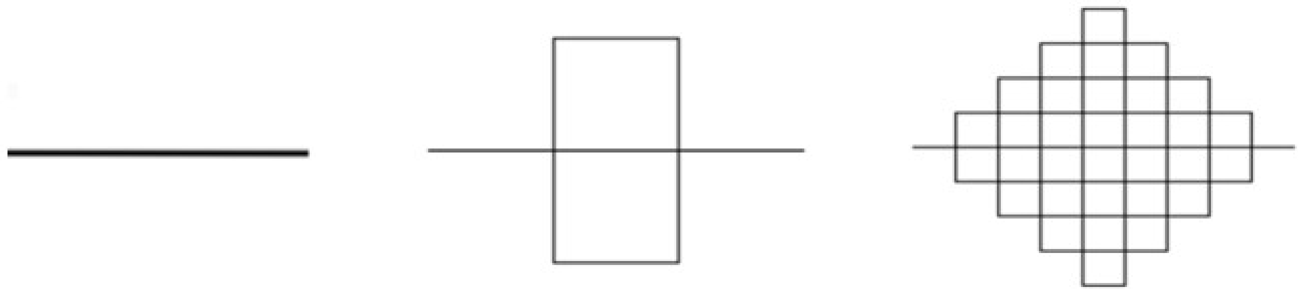

Figura 9: Fractal Curva de piano, 1ª imagem representa o primeiro passo, a 2ª imagem representa o 2º passo e a 3ª forma a curva de piano, fonte http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1809-76342006000200005&lng=en&nrm=iso

Curva de Koch

A Curva de Koch começa com uma reta. Dividimos o segmento em três partes, e no seu terço médio substituímos por um triângulo equilátero sem sua base. Na iteração seguinte, repetimos o passo dois, ou seja, em cada um dos quatro segmentos novos dividimos em três partes iguais e no seu terço médio substituímos por um triângulo equilátero sem sua base. E assim infinitamente como na figura 10.

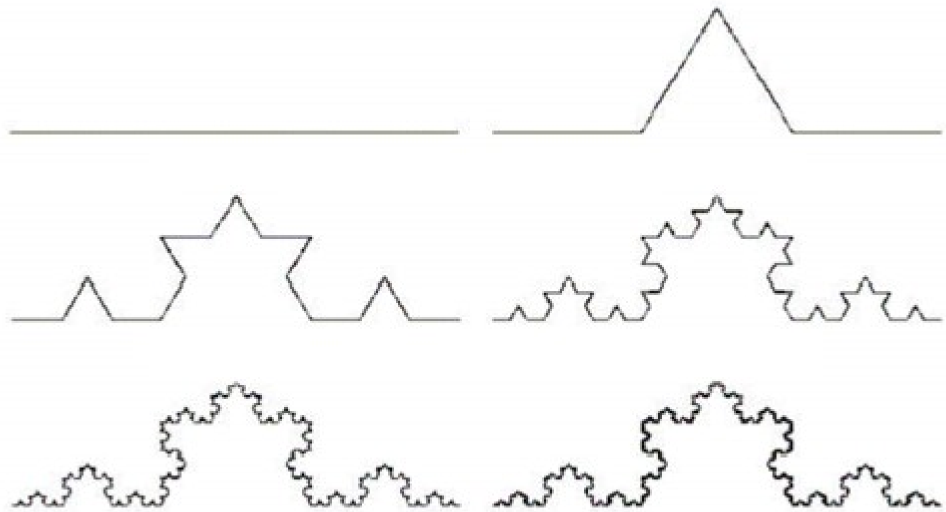

Figura 10: Fractal Curva de Koch, a imagem a cima mostra os seis passos para a construção da curva de Koch, fonte http://www.unifra.br/cursos/matematica/downloads/TFG%20FINAL%20GABRIELA%20FILLIPIN%20C.pdf

Floco de Neve de Koch

Conhecido como Ilhas de Koch, o floco de neve é uma versão das Curvas de Koch, usando um polígono regular como ponto de partida para sua construção. Esta curva tem uma simetria perfeita, por isso é considerada como um floco de neve "ideal".

O floco de neve é criado a partir de um triângulo equilátero. Inicialmente se projeta um triangulo equilátero, depois em cada lado do triângulo, divide-se em três partes iguais, e retira a do meio, substituindo por um triângulo sem um de seus lados, obtendo assim quatro segmentos iguais para cada lado do triângulo, obtendo 12 segmentos, repetindo os passos n vezes obtém-se o floco de neve, mostrado na baixo na figura 11.

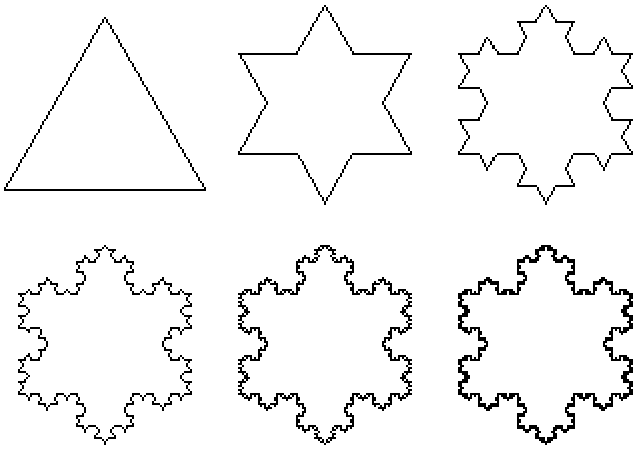

Figura 11: Fractal floco de neve de Koch, a imagem a cima mostra cinco passos para a construção do floco de neve de Koch, fonte http://www.ceticismoaberto.com/ciencia/2139/fractais-uma-nova-viso-da-natureza.

Curva de Sierpinski

Inicia-se com um segmento de reta e um triângulo equilátero tendo como base este segmento.

Substitui o segmento pelos três lados de um trapézio isósceles com vértices nos extremos do segmento inicial e nos pontos médios dos outros dois lados do triângulo.

Substituir cada segmento anterior por três segmentos como anteriormente, para cada um dos quatro triângulos equiláteros, de vértices nos pontos médios menos no do meio. E assim sucessivamente. Observa-se na figura que as duas extremidades permanecem as mesmas, o comprimento da curva vai aumentando em cada fase só os extremos não são alterados como na figura 12.

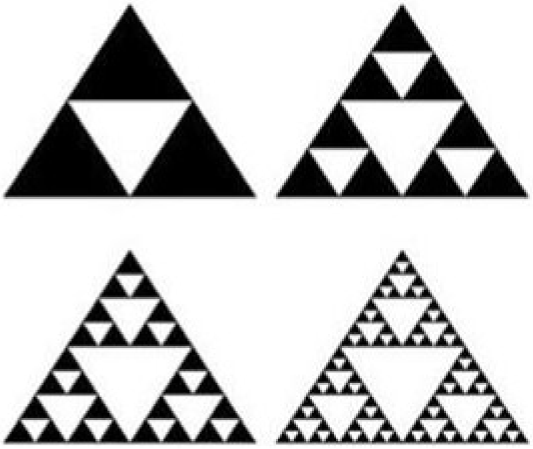

Figura 12: Fractal Curva de Sieroinnski, a imagem a cima, mostra os passos para se chegar na curva, fonte http://dspace.bc.uepb.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/1401/1/PDF%20%20Joel%20Oliveira %20Dantas.pdf.

Tapete de Sierpinski

Pode-se usar o mesmo processo de remoção usado na construção do Triângulo de Sierpinski. Iniciamos com um quadrado. Divide-se o quadrado em nove novos quadrados congruentes, e eliminamos o central. Nos oito quadrados restantes, dividir cada um em nove novos quadrados congruentes e remover o central novamente. E assim por diante como mostrado na figura 13.

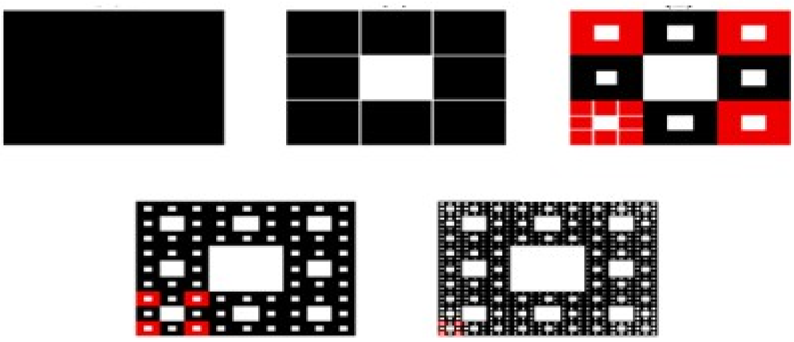

Figura 13: Fractal Tapete de Sierpinski, a imagem a cima apresenta os passos na criação do fractal, fonte http://www.igm.mat.br/aplicativos/index.php?option=com_content&view=article&id=626%3Aacc2&catid=75%3Aavaliacoes&Itemid=43.

ANTENAS

Antena é qualquer dispositivo que transforma corrente elétrica de radiofrequência oriunda do transmissor em energia eletromagnética irradiada. Na recepção, a antena realiza o inverso, ou seja, transforma a energia eletromagnética irradiada em corrente de radiofrequência para o receptor. Portanto, a antena tem um dos papeis principais em qualquer sistema de comunicação em que exista radiofrequência (CARVALHO, 2011).

Antenas transmitem ou recebem sinais em determinadas direções, mas para fins de padronização e para referência para qualquer outro tipo de antena, foi criada a teoria da antena hipotética, um radiador isotrópico, que irradia energia de forma igualitária e sem perdas, em todas as direções.

Um parâmetro importante para definir o desempenho da antena, é sua largura de banda, que corresponde a faixa de frequência em que a antena atua, seria a frequência mediana em que antena atua. Convencionalmente a largura de banda é dada em porcentagem, sendo a frequência superior subtraída da inferior, dividida pela frequência central. Obtendo assim a equação a seguir:

$$BW=(fu-fl/f0) \times 100\%$$

As antenas são classificadas de acordo com seu desempenho e operam em faixas de frequências específica. Foram definidos quatro tipos básicos de antenas que são: Antenas eletricamente pequenas, ressonantes, de banda larga e antenas de abertura. Nesse trabalho estudamos e projetamos antenas do tipo eletricamente pequenas.

Antenas eletricamente pequenas

Antenas eletricamente pequenas são aquelas cujo comprimento físico, na frequência de operação, é muitas vezes menor do que o comprimento de onda. Com estrutura bastante simples, suas características são relativamente insensíveis aos detalhes de construção. (Barbin, 2013).

Aplicabilidade dos Fractais em Antenas

A geometria da antena fractal permite um melhor preenchimento do espaço, pois recebe mais ondas eletromagnéticas, devido à geometria de suas curvas. As dimensões da antena estão relacionadas às características das ondas eletromagnéticas e depende da velocidade da luz e da frequência do sinal transmitido ou recebido. O cálculo das dimensões de antenas é dado por

$$\boldsymbol{\lambda = c/f}$$

Onde **λ** é a dimensão da antena;

c é a velocidade da luz;

f é a frequência utilizada.

Utilizando a geometria fractal, podemos reduzir o tamanho da antena, a geometria fractal, tem a particularidade de uma parte representar o todo, assim podemos dividir o tamanho original, por ½, ¼, 1/6, 1/8 e assim por diante, isso é devido a sua alto-similaridade, a geometria utilizada e sua dimensão.

Com a utilização da geometria fractal, as antenas projetadas são do tipo eletricamente pequena, operam na faixa de UHF, mas sua largura de banda de recepção é estreita.

Protótipo da Antena

Inicialmente, para este desenvolvimento, a faixa de radiofrequências de 700 MHz foi analisada, porém foi identificado o canal 34, utilizado no município de Jataí-GO pela TV Anhanguera, que atualmente transmite sinal digital e opera na faixa de frequências entre 590 MHz e 596 MHz.

Para se calcular as dimensões da antena fractal, o comprimento de onda de referência utilado foi de aproximadamente 50 cm. Partindo deste valor, 1/4 deste comprimento de onda, ou seja, 12,5 cm foi utilizado para produzir a antena compacta. Apesar da existência de vários modelos de fractais, neste trabalho optou-se por não utilizar um modelo já existente, e sim criar um novo modelo.

Durante o projeto, desenvolveu-se a geometria fractal em formato de árvore, para projetar e implementar a antena como é mostrado a baixo na figura 14.

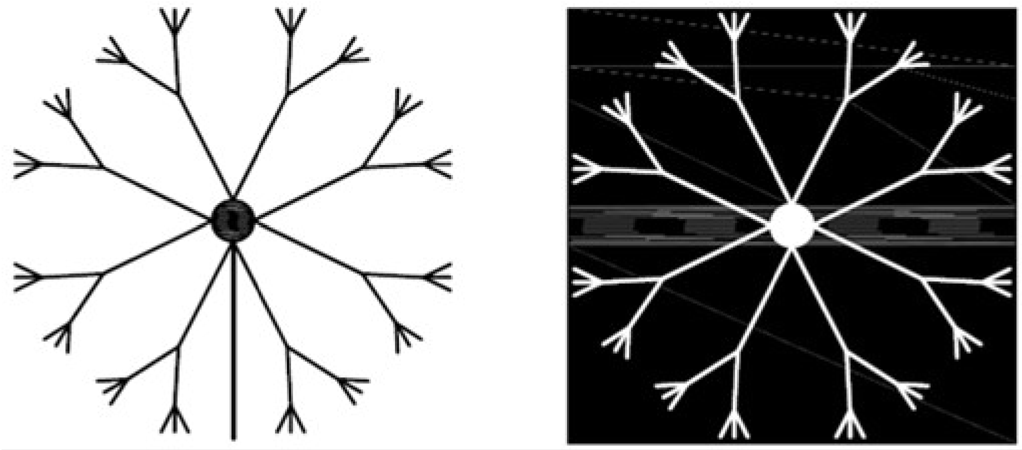

Figura 14: Antena fractal projetada. À esquerda, as trilhas se ramificam no formato de árvore. À direita, contorno da parte externa formam as trilhas da geometria fractal.

Partindo deste projeto, as duas versões de geometria apresentadas na Figura 14 foram implementadas, utilizando placa de cobre, com fibra de vidro, por ser um material leve e de baixo custo, de modo a atender o que foi proposto inicialmente. As antenas foram construídas através da corrosão das partes de cobre conforme as geometrias apresentas a cima.

Analises e testes

Os resultados foram satisfatórios, haja vista que a dimensão da antena de 50 cm foi reduzida para aproximadamente 12,5 cm, e a antena fractal implementada recebeu com qualidade o sinal do canal 34 e mais outros 5 canais locais, entre eles outro canal digital e 4 analógicos.

Considerações Finais

Neste trabalho, foi utilizada uma curva fractal em forma de árvore, com o intuito de reduzir significativamente as dimensões da antena. A curva fractal utilizada em forma de árvore demonstrou excelente desempenho na recepção do sinal do canal 34, utilizado no município de Jataí-GO pela TV Anhanguera, que opera na faixa de radiofrequências entre 590 MHz e 596 MHz. Uma antena comum projetada para operar nesta faixa deveria ter aproximadamente 50 cm, mas foi possível produzir uma antena fractal compacta de aproximadamente 12,5 cm de comprimento, reduzindo 75% do tamanho original da antena e com a mesma capacidade de recepção do sinal digital.

Referências

GLEICK, James. **A criação de uma nova ciência**. 18ª Edição. São Paulo, Editora Campus, 1993

FIELDE, Nelson. Caos**: Uma Introdução**. 2ª Edição, São Paulo, Editora Edgar Blucher LTDA. 2002

MONTEZ, Carlos; Becker, Valdecir. **TV Digital Interativa: conceitos, desafios e perspectivas para o Brasil.** 2ª edição, Florianópolis: Ed. da UFSC, 2005.

CARVALHO, Álvaro ; BADINHAN, Luiz. **Habilitação Técnica em Eletrônica.** Única Edição, São Paulo, Centro Paula Souza, 2011

BARDIN, Vitório. **Antenas**. In: HESSEL, Fabiano; VILLAR, Reinaldo. **IMPLEMENTANDO RFID NA CADEIA DE NEGÓCIOS Tecnologia a serviço da Excelência.** Porto Alegre: ediPUCRS, 2013. Páginas 77 à 108.

OLIVEIRA,Eder. MARTINS,Ronaldo, ASSUNÇÃO, Adaildo. OLIVEIRA, João. **ANTENAS DE MICROFITA UTILIZANDO A CURVA DE FRACTAL DE MINKOWSKI** https://sigaa.ufrn.br/sigaa/verProducao?idProducao=705050&key=7775dab93d15153340d7166ea0d86e8b acessado em 19/04/15