

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ  
PAULO GUILHERME LANZILOTTI**

**MÉTODO DE CODIFICAÇÃO DE INFORMAÇÃO  
ATRAVÉS DE MATRIZES BIDIMENSIONAIS  
POLARES**

**Taubaté - SP  
2018**

**PAULO GUILHERME LANZILOTTI**

**MÉTODO DE CODIFICAÇÃO DE INFORMAÇÃO  
ATRAVÉS DE MATRIZES BIDIMENSIONAIS  
POLARES**

Trabalho de Graduação apresentado para  
obtenção do Certificado de Graduação do  
curso de Engenharia Mecânica do  
Departamento de Engenharia Mecânica da  
Universidade de Taubaté.

Orientador(a): Me. Fábio Henrique  
Fonseca Santejani

Coorientador(a): Me. Ivair Alves dos  
Santos

**Taubaté – SP  
2018**

**SIBi – Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU**

L297m Lanzilotti, Paulo Guilherme Queiroz  
Método de codificação de informação através de matrizes bidimensionais  
polares / Paulo Guilherme Queiroz Lanzilotti. -- 2018.  
45 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de  
Engenharia Mecânica e Elétrica, 2018.  
Orientação: Prof. Me. Fábio Henrique Fonseca Santejani, Departamento  
de Engenharia Mecânica.  
Coorientação: Prof. Me. Ivair Alves dos Santos, Departamento de  
Engenharia Mecânica.

1. Código. 2. Matriz. 3. Rastreabilidade. I. Título. II. Graduação em  
Engenharia Mecânica.

CDD – 658.514

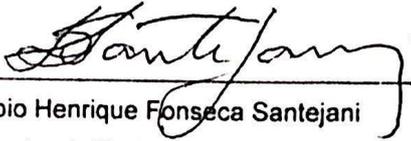
Ficha catalográfica elaborada por Shirlei Righeti – CRB-8/6995

**PAULO GUILHERME LANZILOTTI**

**Método de Codificação de Informação Através de Matrizes Bldimensionais  
Polares**

**ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE  
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE GRADUADO EM  
ENGENHARIA MECANICA**

**APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**



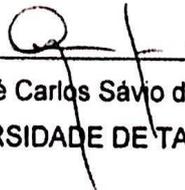
Me. Fabio Henrique Fonseca Santejani  
Coordenador de Trabalho de Graduação

**BANCA EXAMINADORA:**

Me. Fábio Henrique Fonseca Santejani  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Me. Ivair Alves dos Santos  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



Me. José Carlos Sávio de Souza  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

10/12/2018

Dedico este trabalho ao meu pai Paulo Lanzilotti, minha fonte de inspiração e quem me ensinou a pensar como um engenheiro desde cedo.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente aos meus pais Paulo e Renata, que sempre incentivaram meu desenvolvimento estudantil e sempre acreditaram no meu potencial.

À minha namorada Amanda pelo apoio e incentivo durante todo o período de desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu amigo Adriano Junqueira pela ajuda oferecida nas primeiras etapas do trabalho e por ter debatido a ideia comigo até que se tornasse concreta.

À Universidade de Taubaté – UNITAU, que ofereceu um excelente ambiente educacional com profissionais qualificados

Ao meu orientador, Me. Fábio Henrique Fonseca Santejani por todo o incentivo e motivação na orientação deste trabalho.

Aos Professores Me. José Carlos Sávio de Souza, Me. Ivair Alves dos Santos e Me. Fábio Henrique Fonseca Santejani por aceitarem compor a banca examinadora.

Às funcionárias da Secretaria pela dedicação, presteza e principalmente pela prontidão em ajudar.

*“Matemática é a única linguagem que temos  
em comum com a natureza”  
(STEPHEN HAWKING)*

## RESUMO

A codificação de informações em um formato facilmente interpretado por scanners e câmeras tem se mostrado uma excelente ferramenta para a área de rastreabilidade. Hoje a melhor forma de se compactar informações em forma de códigos legíveis por aparelhos eletrônicos é através dos códigos de barras bidimensionais (ou matriciais), como o *QR Code*, muito utilizado nos dias de hoje. O intuito deste tipo de código é justamente imprimir uma grande quantidade de informações em uma área exponencialmente menor que a ocupada por um texto ou número por escrito. Entretanto, a geometria de código que mais se popularizou foi o quadrado, que, dependendo das limitações da superfície em que será impresso, pode acarretar em uma grande perda de área útil de informação, visto que seus vértices podem ser limitantes dentro de alguns perfis (para isto imagina-se o quadrado inscrito em um círculo ou em um polígono regular). Tendo em mente esta perda de informação, o presente trabalho tem então por objetivo idealizar um novo modelo de código matricial com o perfil circular, comprovando matematicamente o ganho de área disponível para os dados codificados deste com relação aos modelos tradicionais quadrados. Para isto, foram dispostos os módulos em um círculo, a partir de seu centro, em formato de uma espiral aritmética no sentido anti-horário. Estes pontos podem todos ser localizados dentro da área do código com o uso de coordenadas polares. Foi comparado então a proporção da área impressa com a quantidade de informação contida em cada um dos casos. Depois de feitos os cálculos, foi comprovado um ganho de área útil em todos os cenários analisados. Admitindo que esta nova tecnologia tem o potencial de se desenvolver tanto quanto o *QR Code*, poderemos aproveitar melhor a densidade de informação contida nos códigos bidimensionais.

**Palavras-chave:** Código, Matriz, Rastreabilidade.

## ABSTRACT

Encoding information in a format easily interpreted by scanners and cameras has proven to be an excellent tool for the traceability area. Nowadays, the best way to compile information in a code form readable by electronic devices is through two-dimensional barcode (or matrix), such as the QR Code, which is widely used. The purpose of this type of code is precisely to print a large amount of information in an area exponentially smaller than that occupied by a written text or number. However, the most popular geometry is the squared one, which, depending on the limitations of the surface on which it will be printed on, can lead to a great loss of useful information area, since its vertices can be limiting within some geometric profiles (for that is imagined the square inscribed into a circle or a regular polygon). With this information loss in mind, the present paper has the objective of idealizing a new model of matrix code with a circular profile, mathematically proving the available area gain for the encoded data of this one, in relation to the traditional square models. For this, the modules were arranged in a circle, starting from its center, in the form of an arithmetic spiral in the counterclockwise direction. These dots can all be located within the coding area using polar coordinates. The proportion of the printed area was then compared to the amount of information contained in each case. After the calculations were made, a gain of useful area was certified in all the analyzed scenarios. Admitting that this new technology has the potential to develop as much as the QR Code, we can better take advantage of the density of information contained in bidimensional codes.

**Keywords:** Matrix, Code, Traceability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Código de Barras.....	16
Figura 2 –	Uso Mundial do Código de Barra.....	17
Figura 3 –	Sentido de Inserção e Leitura de Dados dos Códigos.....	19
Figura 4 –	Métodos de Escaneamentos dos Códigos 1 e 2D.....	21
Figura 5 –	Alguns Códigos de Barras Bidimensionais Existentes.....	22
Figura 6 –	Espiral Arquimedes ou Espiral Aritmética.....	26
Figura 7 –	Coordenadas Polares.....	27
Figura 8 –	Patterns Padrão do QR Code.....	30
Figura 9 –	Símbolo Zero Peça.....	32
Figura 10 –	Um dos Primeiros Modelos de Spin Code já Desenvolvidos.....	34
Figura 11 –	Exemplo de Comparação de Área Útil.....	35
Figura 12 –	Best Case.....	36
Figura 13 –	Worst Case.....	37
Figura 14 –	Pentágono.....	38
Figura 15 –	Hexágono.....	39
Figura 16 –	Heptágono.....	40
Figura 17 –	Octágono.....	41

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pentágono.....	38
Tabela 2 – Hexágono.....	39
Tabela 3 – Heptágono.....	40
Tabela 4 – Octógono.....	41
Tabela 5 – Resultados.....	42

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS:**

IBM - International Business Machines

EAN - European Article Number

BIT - Binary digit

CPF – Cadastro de pessoa física

URL - Uniform Resource Location

AIM - Association for Automatic Identification Industry

JIS - Japanese Industrial Standard

JAMA - Japan Automobile Manufacturers Association

ISO - International Organization of Standardization

IEC - International Electrotechnical Commission

ASCII - American Standard Code for Information Exchange

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>15</b>
2.1	CÓDIGO DE BARRAS.....	15
2.1.1	Funcionamentos.....	16
2.1.2	Aplicações.....	17
2.1.3	Sócios Econômicos.....	18
2.2	CÓDIGOS BIDIMENSIONAIS.....	19
2.2.1	Funcionamentos dos Códigos Bidimensionais.....	20
2.2.2	Tipos de Códigos 2D.....	21
2.2.3	O que é e Como Surgiu o QR Code? .....	22
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>24</b>
3.1	TÉCNICA DE PESQUISA.....	24
3.2	COLETA DE DADOS.....	24
3.3	MÉTODO DE ANÁLISE DOS DADOS.....	24
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b> .....	<b>25</b>
4.1	SPIN CODE.....	25
4.2	DISPOSIÇÃO DOS MÓDULOS.....	25
4.3	LEITURA DE MÓDULOS.....	28
4.4	INTERAÇÃO DE MÓDULOS.....	29
4.5	MÓDULOS ESPECIAIS.....	30
4.5.1	Patterns do Spin Code.....	32
4.6	COMPROVAÇÃO MATEMÁTICA.....	34
4.6.1	Best Case.....	35
4.6.2	Worst Case.....	37
4.6.3	Pentágono.....	38
4.6.4	Hexágono.....	39
4.6.5	Heptágono.....	40
4.6.6	Octágono.....	41
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>42</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>43</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>44</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A busca por otimização de processos e redução de custos nas empresas está cada vez maior e é papel da engenharia desenvolver métodos que acelerem essas mudanças. Uma dessas ferramentas é o código QR, código de barras bidimensional, que trouxe ao mercado velocidade de leitura, antes feita por código de barras convencional, devido a flexibilidade de ângulo e distância do leitor.

Com o propósito de contribuir com os estudos de engenharia mecânica, o trabalho se desenvolve baseado nas áreas dos códigos afim de diminuir a perda da área de leitura. A mudança do formato quadrado para circular acarretará no aumento do espaço disponível para o cadastro de informações a serem codificadas e permitirá mais detalhes na descrição do produto.

A necessidade foi identificada a partir da observação de perda de área de códigos presentes em produtos de formatos com cinco ou mais pontas, motivando o desenvolvimento de um modelo de código circular que armazene mais informações e ocupe menos espaço, desta forma é possível minimizar o retrabalho e otimizar a precisão das informações no escaneamento.

Para relacionar as frentes do trabalho, as metodologias utilizadas foram estudos de desenhos técnicos, que comprovam a efetividade do objetivo do trabalho através de formas geométricas, e cálculos, que revelam matematicamente o aproveitamento de área proposto.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentados artigos e estudos que envolvem a história, funcionamento, aplicações e aspectos econômicos do código de barras e do QR Code.

### 2.1 CÓDIGOS DE BARRAS

Em 1948, o engenheiro Joseph Woodlan estudou a criação de símbolos simples que fosse lido por *scanner* para transmitir as informações necessárias dos produtos e criou o "Aparato de Classificação", que acabou não entrando em vigor devido ao preço dos materiais para fabricação serem muito caros (MARS, 2014).

No ano de 1973, um grupo de donos de lojas de varejo liderado por Alan Haberman, queriam a implantação de algum tipo de símbolo que poderia ser legível por leitores óticos para diminuir as filas dos caixas, eles apresentaram a ideia a 14 empresas e pediram soluções para esse empasse, umas das empresas que buscou desenvolver foi a IBM (International Business Machines) (MARS, 2014).

George Laurer, funcionário da IBM, foi encarregado de colocar os estudos de Woodlan em prática, porém ele acreditava que o modelo elaborado inicialmente não preenchia as necessidades propostas devido ao formato de alvo. Baseado nisso ele produziu um símbolo retangular que armazenava grande número de informação em um pequeno espaço, que ficou conhecido como código de barras. (MARS,2014).

O uso deste código levou cerca de duas décadas para ser universalizado. Na Europa, segundo dados da EAN Internacional, até 1981 poucos dos 21 países filiados à entidade utilizavam efetivamente o sistema. Em 1985, cerca de 92% das lojas automatizadas em todo o mundo estavam concentradas em somente seis países (A ORIGEM DAS COISAS, 2014).

No Brasil, a tecnologia do código de barras chegou em meados dos anos 1990, a primeira reação do brasileiro foi a resistência, pois os sindicatos reclamavam da possibilidade de desemprego e os consumidores temiam ser trapaceado. Com o passar dos anos já é outro panorama pois a maioria dos estabelecimentos nos dias atuais usam o código de barras pois agilizam o trabalho desejado (BRODBECK, 2013)



## 2.1.2 Aplicações

Criado para ajudar e auxiliar os mercados a aumentar a velocidade no processo de averiguar a saída dos produtos, os códigos de barra estão na grande maioria de todas atividades comerciais nos dias atuais. Com essa ferramenta, podemos identificar o produto de maneira rápida e pratica, podemos controlar sua entrada e saída do estoque. (BZ TECH, 2016)

Com o uso do código de barras temos uma grande diminuição de erros chegando a quase zero, a partir do momento que são padronizados e lidos automaticamente. (BZ TECH 2016)

Com esse instrumento o método de compra e venda foi modificado, pois as filas de supermercado seriam muito grandes e muito mais demoradas se não estivessem implantados a leitura de código de barras (BZ TECH,2016).

Nos dias atuais a grande maioria dos estabelecimentos emprega os códigos de barras para agilizar e automatizar as tarefas do dia a dia como controle de estoque, centro logístico, venda de produtos, controle interno de laboratório e hospitais. (BZ TECH, 2016)

O código de barras e praticamente indispensável nos grandes centros de distribuição, pois auxiliam eficiência e é um método muito prático, já as pequenas empresas se beneficiam em ganhar maior organização e melhor atividade internas e administrativas. (BZ TECH, 2016)

O código de barra foi criado pela necessidade de ler dados em forma rápida e precisa, suas vantagens são o aumento da segurança no processo de leitura de informação, eliminação de erros, eficiência e rapidez no desempenho (BZ TECH,2016).

**Figura 2 - Uso Mundial do Código de Barra**



**Fonte: Código de Barras Nacional**

### 2.1.3 Sócios Econômico

Atualmente, no Brasil, quase 81% dos produtos que circulam possui o código de barras. De acordo com uma pesquisa realizada pela Associação Brasileira de Automação-GS1 Brasil em parceria com a consultoria H2R Pesquisas, 91% as empresas que vendem diretamente ao consumidor final usando o código de barras, afirmam que auxilia no crescimento do negócio e 88% consideram a tecnologia um fator facilitador da administração e gestão da empresa. (BZ TECH, 2016)

“Além de simplificar o processo de gestão do estoque e da rastreabilidade do produto, o código de barras também pode ser usado aumentar o controle do ponto de vendas, especialmente quando integrado a um sistema de gestão” (ZIMMERMANN, 2016).

Desde setembro de 2006, um decreto N°5.903 exige que alguns estabelecimentos tenham terminais de consulta de produto por código de barras. Atualmente, nove a cada dez consumidores do país utilizam o terminal para obter mais informações sobre o produto. (ESTADÃO,2016). Com o aprimoramento dos equipamentos e a frequência com que eles são instalados nos estabelecimentos do país, os consumidores desejam mais informações sobre o produto, como por exemplo a data de validade.

As empresas que investem em leitura de código de barras conseguem perceber diversos benefícios neste deste método, como aumento da eficiência da cadeia de abastecimento e da velocidade de chegada dos produtos ao mercado, facilidade no acesso ao mercado de grande escala, redução da perda de vendas, melhora do relacionamento com os consumidores e gerenciamento do estoque em tempo real. Muitas empresas escolhem a ferramenta de código de barras porque “os códigos podem conter dados de horário, data e localização, além dos dados de identificação” (LAUDON, 2014).

Todas essas vantagens podem ser percebidas em grandes e pequenas empresas em que o sistema é implantado, mostrando a revolução que o código de barras causou no mercado e na sua forma de funcionamento. (ESTADÃO, 2016).

## 2.2. CÓDIGOS BIDIMENSIONAIS

Os códigos bidimensionais ou matriciais representam sua informação através de pequenos quadrados pretos e brancos distribuídos na horizontal e na vertical, organizados em uma matriz quadrada. (TEIXEIRA, 2015).

De acordo com a Denso-Wave (2011), nos códigos de barras a informação é codificada em apenas um sentido (uma dimensão), na horizontal, enquanto os códigos 2D, permitem que os dados sejam dispostos tanto na horizontal quanto na vertical (figura 1), sendo capaz de armazenar muito mais informação.

**Figura 3-Sentidos de Inserção e Leitura de Dados dos Códigos**



Fonte: Sandro L. Jr. (2012)

Segundo a Bz Tech, a grande diferença dos códigos de barras unidimensionais para os bidimensionais está em sua capacidade de armazenamento. Os códigos 1D tradicionais guardam apenas caracteres alfanuméricos de forma limitada, enquanto os que apresentam duas dimensões, como o QR Code, conseguem compactar em uma área muito menor, uma quantidade exponencialmente maior de dados, cerca de 7 mil caracteres numéricos. É possível ainda inserir caracteres especiais, caracteres Kanji e Kana e ainda criar links de redirecionamento através de URLs (2016).

Uma outra vantagem deste sistema de codificação é permitir o acesso às informações prontamente na leitura do código, sem haver a necessidade de estar conectado a um banco de dados central, dispensando então a interligação de computadores para o acesso aos dados. (OXXCODE, 2011).

Códigos bidimensionais possuem como característica um grande volume de dados (até 7089 caracteres numéricos), alta densidade de gravação (até 100 vezes maior que em códigos lineares) e alta velocidade de leitura. Estes demonstram ainda uma superioridade tanto em performance quanto em funcionalidade. (SOON, 2008).

### 2.2.1 Funcionamentos dos códigos bidimensionais

Em termos de programação, a matriz codifica textos em *bits*, e como resultado temos *strings* que são separadas de 8 em 8 bits (comprimento de um *byte*). Estes *bytes* são então convertidos em binários de acordo com uma norma de conversão que melhor atenda as necessidades do código em si, entre elas a norma ISO 8859-1 e a UTF-8. (THONKY, 2015).

Segundo Thonky, após ter sido gerado o código equivalente à informação a ser inserida e este ter sido separado na ordem e sequência correta de seus *bytes*, estes dados binários são dispostos ao longo da matriz de uma forma organizada e bem específica. É então adicionado ao código os padrões que servem para orientar o leitor ou scanner ao fazer a leitura (2015).

No código de barras 2D, os dados estão armazenados geralmente em linhas e colunas, e por isto pode ser lido em qualquer posição, e inclusive, em algumas situações, parcialmente danificado devido ao seu sistema de redundância de informação (até 40%), que pode ser configurado pelo gerador do código. (OXXCODE, 2011)

Existe uma grande diferença no quesito leitura quando tentamos comparar estes códigos que possuem duas dimensões com seu predecessor, de apenas uma. O código de barras tradicional é composto por barras pretas e brancas, cada uma das duas opções representando um valor binário (0 e 1 respectivamente), de modo que ao incidir-se um feixe de laser na horizontal sobre este, seja gerado um padrão de *bits* que possa ser interpretado pelo software do leitor ou pelo smartphone. Por outro lado, por se tratar de um código bidimensional, é necessário que existam dois feixes, um para cada sentido de leitura (figura 2). No caso de câmeras de dispositivos móveis, a leitura é feita via software, que analisa a imagem de várias formas possíveis. (BZ TECH, 2016).

**Figura 4 - Métodos de Escaneamento dos Códigos 1 e 2D**



Fonte: BZ TECH (2016)

### 2.2.2 Tipos de códigos 2D

Existem diversos códigos bidimensionais no mercado (figura3), e segundo a Bz Tech (2016), os principais são:

1. QR Code: O mais famoso dos códigos de barras 2D utilizado em diversos lugares como produtos, revistas e peças publicitárias, capaz de armazenar uma grande quantidade de caracteres e codificar e-mail, URL, contato telefônico, entre outros.
2. Data Matrix: Mais encontrado na indústria, este código de barras possui a característica de armazenar grande quantidade de informações em um micro espaço. Utilizado em peças e componentes eletrônicos.
3. PDF147: Com uma das maiores capacidades dos códigos de barras 2D, mas não muito compacto, este tipo de código é utilizado em grande escala em ambientes de logística e governamentais.
4. AZTEC: com grande resistência, este código 2D possui uma facilidade na leitura e se adequa a baixas resoluções. Utilizado em companhias aéreas, tickets etc.

Além dos citados acima, existe ainda o Shotcode (figura 3), que é o único código de barras bidimensional circular no mercado. Inspirado no formato de um alvo, este também pode ser interpretado por um celular ou dispositivo móvel com câmera. Todos os Shotcodes devem conter pelo menos 3,5 centímetros de diâmetro para serem lidos, e não podem ser alterados. Ele pode ser impresso em praticamente qualquer material, desde que haja um grande contraste, e seus módulos podem ser de diversas cores, apesar de preto e branco ser recomendável ao se ler um código de barras (BARCODING, 2009).

Figura 5-Alguns dos Códigos de Barras Bidimensionais Existentes



Fonte: Oxxcode (2011)

### 2.2.3 O que é e como surgiu o QR code?

O QR Code é um código de barras bidimensional que pode ser facilmente escaneado por qualquer dispositivo móvel que tenha uma câmera fotográfica. Após ser decodificado, a informação contida é mostrada, que pode ser um trecho de texto ou um link de redirecionamento para alguma página da web. (PRASS, 2011).

Apesar de ter se popularizado apenas na última década, o QR Code foi desenvolvido no ano de 1994 pela Denso Wave, empresa pertencente ao grupo Toyota, com a intenção de facilitar a identificação de peças de carros nas fabricas, melhorando também o processo de logística como um todo. Foi exatamente a sua rapidez de processamento a responsável pela escolha de seu nome, sendo QR uma sigla para *Quick Response*, traduzido do inglês como resposta rápida. (KARASINSKI, 2003)

Embora esta tecnologia pareça ter se desvirtuado de seu intuito original, o QR code pode ser utilizado como uma maneira eficiente de adicionar dados no formato de um cartão de visita em aparelhos celulares. (PRASS, 2011).

Para Soon, para tornar o seu uso mundialmente aceito, o mais importante dentro de toda a infraestrutura é a padronização dos símbolos. Para tal, o QR Code foi estabelecido como um padrão internacional AIM (AIM-ITS 97/01), que é um *standard* da indústria de identificação automática, em 1997. Ele foi então registrado nos padrões industriais japoneses (JIS-X0510) em 1999, e também adotado como o símbolo bidimensional padrão na indústria automobilística japonesa (JAMA-EIE001),

no mesmo ano. Com base nestas padronizações, o código foi então aceito como uma norma internacional ISO/IEC JTC1 em 2000 (ISO/IEC 18004). (2008).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 TÉCNICA DE PESQUISA:

Esta é uma pesquisa descritiva que pretende demonstrar de forma quantitativa a perda de área útil de informação que se tem ao utilizar um modelo de código de barras bidimensional quadrado, apontando uma alternativa em que se tenha maior proveito desta área, comprovando o ganho de informação em determinados cenários. Ambas as comprovações foram feitas matematicamente.

#### 3.2 COLETA DE DADOS:

A coleta dos dados foi feita através de cálculos, onde foi encontrada a área interna de cada uma das figuras consideradas para o código, sendo quadrado o modelo utilizado como referência (QR Code) e circular o modelo proposto pelos autores para ser introduzido como alternativa.

Após obtidos esses valores, as figuras foram inscritas em outras formas geométricas, estas representando o perfil da superfície que receberá o código impresso, assim sendo possível obter a área útil desperdiçada para cada um dos cenários através das relações métricas da figura inscrita, como o raio, a apótema, e as diagonais.

#### 3.3 MÉTODO DE ANÁLISE DE DADOS:

Para a análise dos resultados, os dados obtidos para cada um dos tipos de código foram confrontados entre si, colocando em evidência qual dos dois possui uma menor perda de área útil em um maior número de situações, apontando qual dos dois seria mais versátil no quesito aproveitamento de área em situações onde é necessário imprimir um código bidimensional em uma superfície de área reduzida que corresponda a um valor próximo ao da área do código, como em componentes eletrônicos ou na cabeça de um parafuso.

## 4 DESENVOLVIMENTO

O código idealizado pelo autor, referido como *spin code*, tem um princípio de funcionamento similar ao QR, ao qual será comparado, porém ajustado para que se tenha um formato final circular. Para que fosse possível que os dados fossem interpretados sequencialmente em uma ordem lógica, como é o caso do código de referência, foi necessária uma profunda reestruturação no sistema de leitura e posicionamento dos módulos, a qual será detalhada e comparada ao QR em vários quesitos.

### 4.1 SPIN CODE

É o código de barras bidimensional circular idealizado pelo autor para servir de alternativa ao nosso código de referência, o *QR code*. Criado em 2015, seu nome foi atribuído como referência ao formato de espiral no qual seus módulos são distribuídos ao longo de sua área, causando uma impressão de giro. Ele funciona basicamente da mesma forma que qualquer código matricial, distribuindo os bits da informação a ser inserida em forma de módulos binários, pretos (1) ou brancos (0), em um espaço bidimensional, e em uma ordem lógica para que possam ser interpretados por um algoritmo. Para que esta sequência seja compreendida, o código deve ser lido por um scanner ou câmera de celular e interpretado por um algoritmo que contenha a sequência correta de leitura dos bits. Esta sequência é definida pelo desenvolvedor do código.

Como no caso do código de referência seu formato quadrado permite que os módulos sejam encontrados como em um plano cartesiano, onde se pode criar facilmente um padrão de leitura para as coordenadas, o primeiro desafio ao se mudar o seu perfil seria justamente a localização de seus pontos.

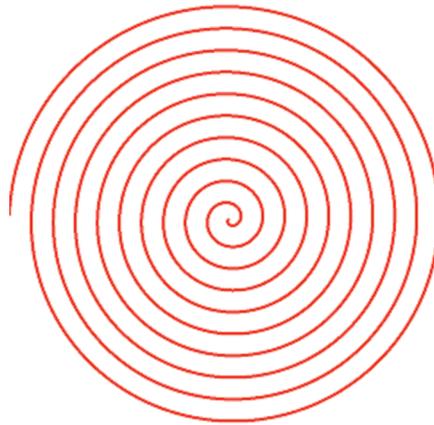
### 4.2 DISPOSIÇÃO DOS MÓDULOS

Como se descobriu, há a necessidade de todos os pontos pertencerem à alguma lógica matematicamente calculável de modo que estes possam ser

localizados por um algoritmo, e por isso, levando em consideração o formato circular pretendido pelo autor, o método de interpretação de dados tradicional não era mais viável pelo fato de seus módulos não mais se alinharem a um plano cartesiano.

Considerando então o novo perfil, foi definido que seus módulos seriam dispostos a partir do centro da circunferência, em forma de uma espiral aritmética e em sentido anti-horário (Figura 6).

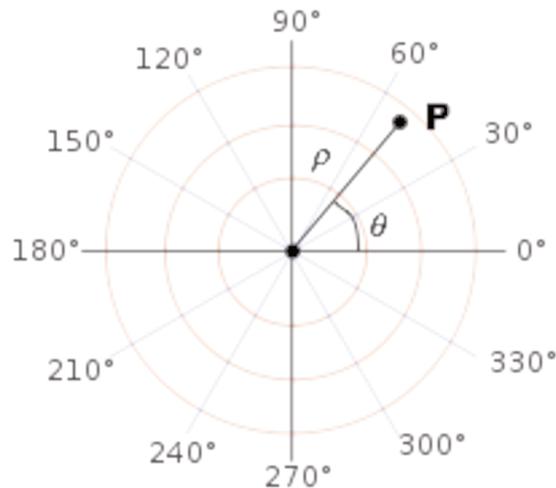
**Figura 6 – Espiral de Arquimedes ou espiral aritmética**



**Fonte: Microsoft (adaptado pelo autor)**

Para que essa configuração fosse possível, o sistema teria de passar então a interpretar os módulos utilizando coordenadas polares, e para isso foi definido que o ponto central do código seria o ponto de referência, e que cada *bit* do plano seria localizado pela sua coordenada radial, sendo esta a distância do módulo ao ponto de referência, e pela coordenada angular, que corresponde ao ângulo formado com relação ao plano horizontal (Figura 7).

**Figura 7 – Coordenadas polares**



**Fonte: Adaptado pelo autor**

Estas coordenadas são normalmente representadas por letras do alfabeto grego, onde a letra  $\rho$  (*rho*) representa a distância radial e a letra  $\phi$  (*phi*) representa a distância angular (ISO 31-11). É possível encontrar materiais onde é utilizado também as letras  $r$  e  $\theta$  (*theta*) respectivamente, e em casos isolados, com o intuito de simplificar e facilitar a didática da disciplina, podem ser referidas simplesmente como  $r$  e  $t$ .

Quando os módulos são dispostos no plano do código, ao se comparar as coordenadas de um bit com as de seu sucessor na sequência de leitura é possível observar que a distância entre os pontos permanece constante, tanto na sua coordenada radial quanto na angular. Esta característica nos permite então definir duas equações, uma para cada coordenada, sendo que as variações nas distâncias de  $\rho$  e  $\phi$  correspondem às constantes  $Dr$  (*diferença radial*) e  $Dt$  (*diferença angular*).

Foram adicionados ainda dois novos elementos, uma variável  $Mod$ , que corresponde à posição numérica que o módulo em questão ocupa na sequência lógica de leitura, e a constante  $Ini$ , que é a distância radial entre o ponto de referência e o primeiro módulo do código. Vale ressaltar que a distância angular deste primeiro módulo não é considerada pois admite-se que ele estará sempre a  $0^\circ$ .

$$Mod_r = Ini + Dr * Mod - Dr \quad (1)$$

$$Mod_t = Dt * Mod - Dt \quad (2)$$

Deste modo, para que seja calculada a posição de um módulo qualquer dentro do plano bidimensional do código, basta sabermos a distância radial do primeiro bit e a distância constante entre cada módulo.

Observa-se também que a variável *Mod* deu origem a duas novas, *Mod<sub>r</sub>* (equação 1) e *Mod<sub>t</sub>* (equação 2), que correspondem às coordenadas do módulo *Mod*, sendo estas a radial e a angular respectivamente. Assim a coordenada global de um módulo *x* é expressa por *Mod* (*Mod<sub>r</sub>* , *Mod<sub>t</sub>*)

### 4.3 LEITURA DE MÓDULOS

O desenvolvimento do algoritmo para a leitura não pertence ao escopo deste trabalho, porém o seu método de funcionamento será detalhado descritivamente ao longo deste subtópico.

Como definido acima, os elementos do código serão todos localizados matematicamente de acordo com as equações 1 e 2, a partir de seu centro. Desta forma podemos considerar nosso ponto de referência como o marco zero do código. Este ponto tem uma função extremamente importante, pois além de ser usado como referência para os cálculos, este deve funcionar também como um comando para que seja iniciada a leitura. Foi atribuída ainda pelo autor uma função extra para este módulo em específico, que deverá funcionar também como uma referência de posicionamento para que se evite uma leitura errônea do código caso este seja escaneado por exemplo de cabeça para baixo. Essas funções serão detalhadas com mais precisão no subitem Módulos Especiais.

Outro elemento importante é o primeiro bit da sequência de leitura. Como já citado este deve estar sempre a 0° do ponto zero, ou seja, deve estar à direita e alinhado com o mesmo. Sua principal importância se resume à sua distância com relação ao centro do código, pois este é um valor fundamental para que seja possível realizar as equações definidas acima, sendo este valor a constante *Ini* da equação 1. Não podemos considerar em termos de coordenadas globais este módulo como ponto zero, mas é a partir deste que se dará a leitura dos demais pontos.

Outro fato importante é que ao se utilizar a equação 2, a coordenada angular pode ultrapassar os 360 graus do plano, e por isso é interessante utilizarmos uma correção dentro do próprio algoritmo, onde um verificador automaticamente subtrai

360 de qualquer valor inserido para a coordenada  $\phi$  maior que 360 graus. Deste modo eliminamos o risco de alguma falha na leitura da coordenada angular. Um fato curioso é que dois pontos distintos podem ter exatamente a mesma coordenada angular, mudando apenas a sua radial, o que não acontece com a coordenada  $\rho$  uma vez que a informação é disposta em espiral.

Uma vez localizados e lidos todos os módulos do corpo do código, o valor binário resultante de cada uma das leituras é então transcrito para uma tabela, onde os *bits* são organizados por ordem de leitura, resultando em uma sequência de zeros e uns. Estes *bits* precisam então ser transformados em *bytes* antes de serem convertidos em uma linguagem compreensível por nós, e isto significa separá-los em blocos de oito. Veremos mais à fundo como funciona este processo no próximo subitem.

Para que o algoritmo saiba quando deve parar de calcular coordenadas e converter a informação, temos então de informar ao leitor, e isso deve ocorrer de forma parecida com o início da leitura. Para isso foi criado então um módulo com esta função, o qual será explicado também mais à frente.

O número total de pontos dentro de um *spin code* é proporcional ao raio do código e às dimensões de seus módulos, o que é chamado de densidade de código, conceito já discutido na revisão bibliográfica. Tendo isto em mente é então possível se criar diferentes versões deste mesmo código, como é o caso do QR, onde cada versão possua sua densidade única, desta forma sendo possível então padronizar alguns elementos como as suas dimensões, raio do módulo central e até a constante *Ini*.

#### 4.4 INTERPRETAÇÃO DE MÓDULOS

Para que a informação seja interpretada de forma correta, é necessário um padrão de conversão entre os bits contidos na codificação e símbolos interpretáveis por humanos, no caso caracteres alfanuméricos. Padrões deste tipo já existem, e um dos mais utilizados mundialmente é a tabela ASCII, do inglês *American Standard Code for Information Exchange*, traduzido livremente como código padrão americano para intercâmbio de informações. Nesta tabela é possível encontrar a conversão de diversos símbolos, entre hexadecimais, octadecimais, e o mais importante para este

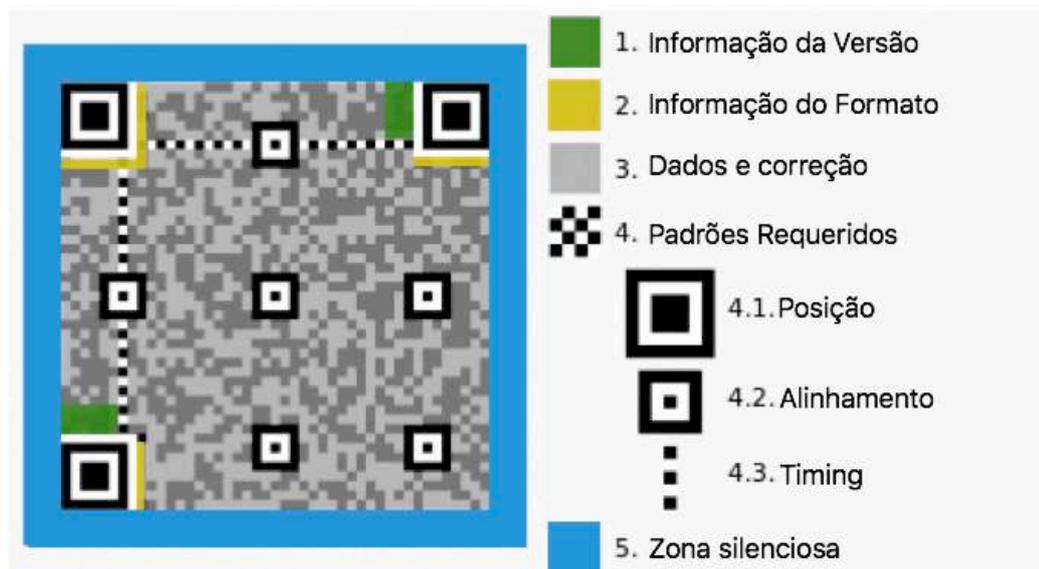
caso, binários. Por estas características ela foi escolhida como o padrão de conversão do *Spin Code*.

Desta forma então, toda vez que se forma um bloco de oito módulos, ou seja, um *byte* de informação, ele pode ser convertido diretamente para um caractere, seja ele alfanumérico ou um caractere especial, tal como espaço, pontuação de texto, quebra de linha ou basicamente qualquer símbolo que possa ser inserido em um computador através de um teclado comum, já que desta forma que é convertido o sinal emitido pelas teclas em letras e números no monitor.

#### 4.5 MÓDULOS ESPECIAIS

Uma das principais características do *QR Code* é o fato deste possuir alguns padrões específicos para a sua leitura, denominados *patterns* (Figura 8). Estes módulos especiais ocupam parte da área do código, porém são imprescindíveis para uma leitura correta da informação disposta, e por este motivo têm de estar presentes também no *Spin Code*, com suas devidas alterações e adaptações.

Figura 8 – Patterns padrão do *QR Code*



Fonte: Adaptado pelo autor

A primeira informação que um leitor de QR recebe é a sua versão (1). Localizada nos cantos próxima aos padrões de posição, corresponde à área destacada em verde na figura e informa qual a versão está sendo lida no momento. Existem atualmente 40 versões diferentes de QR, e saber qual está sendo utilizada no código em questão nos informa sua resolução, isto é, quantos módulos o código tem de altura e largura e quantos ele comporta no total. As resoluções podem ir de 21x21 até 177x177 módulos.

Na sequência o leitor recebe as informações do formato QR (2) e qual sua função, ou seja, esta área (destacada em amarelo) informa se o código é constituído apenas de números, se possui outros caracteres alfanuméricos, ou se este possui um link que irá te redirecionar para um website ou cartão de visita.

A informação propriamente dita está contida na área cinza da figura (3), onde vamos encontrar os dados (bits) espalhados ao longo do corpo do código. Os módulos ali contidos são separados em blocos de oito, e como cada módulo corresponde a 1 bit de informação, cada um destes blocos configura então um Byte. Nesta área também se encontra o sistema de correção, que previne erros de leitura caso parte dos bits tenham sido danificados.

Porém, antes que a informação possa ser devidamente interpretada, o leitor precisa identificar qual a posição correta para a leitura do código, e para este fim são utilizadas as patterns ou padrões requeridos (4).

A primeira e mais importante é a de posição (4.1), que é constituída pelos três quadrados grande inseridos nos cantos do código, que servem como orientadores mostrando a posição correta para a leitura. Isto significa que mesmo que o QR seja scaneado de cabeça para baixo o algoritmo irá identificar corretamente a posição destas 3 patterns e fazer os ajustes necessários para que a leitura seja concluída com êxito.

Os padrões de alinhamento (4.2) funcionam como uma guia de alinhamento para que o código possa ser lido mesmo com leves distorções na superfície e os padrões de Timing (4.3) ajuda o leitor a identificar as linhas e colunas do código. Por fim a zona silenciosa (5) funciona como uma borda, que delimita a área do código.

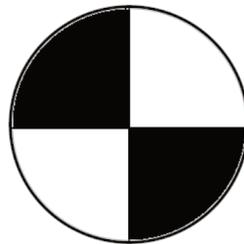
É válido ressaltar que este modelo é o resultado de anos de evolução do código.

#### 4.5.1 *Patterns* do *Spin Code*

Para o *Spin Code*, o módulo principal de localização se encontra no centro do código, sendo ele o nosso ponto de referência, onde a partir deste será calculado a posição dos demais pontos. O perfil circular do código dificulta o processo de posicionamento, e por este motivo o ponto de referência deve ser diferente dos demais com alguma característica que permita ao leitor identificar se o código está na posição correta.

Um bom exemplo seria o símbolo de zero peça (Figura 9) utilizado em desenhos técnicos e principalmente na área de usinagem em CNC, pois este já limita a possibilidade de leitura para apenas duas posições, a posição  $0^\circ$  e a  $180^\circ$ , então com mais um elemento de posicionamento já podemos diminuir a chance de erro de leitura por posicionamento significativamente. Se for possível ainda fazer um programa capaz de identificar apenas um quarto do símbolo preto, esta *pattern* já faria o alinhamento por si só.

Figura 9 – Símbolo zero peça



Fonte: Autor

Também se fez necessária a criação de uma *pattern* para que o programa finalize a leitura, que será colocada obrigatoriamente na última posição da sequência de leitura. Para fins demonstrativos, em uma das primeiras versões desenvolvidas pelo autor foi utilizado o próprio símbolo de zero peça como citado anteriormente, tanto para o início quanto para o fim do código.

O fato de se ter uma mesma *pattern* para duas funções distintas dentro do código não atrapalha necessariamente o correto funcionamento do mesmo, sendo que uma função de checagem dentro do próprio algoritmo pode reconhecer quando o símbolo representa o início ou o fim do código simplesmente verificando se algum

dado já foi lido antes deste módulo, e em caso de resultado positivo, a *pattern* significa então o final do código, e em caso negativo, representa o começo.

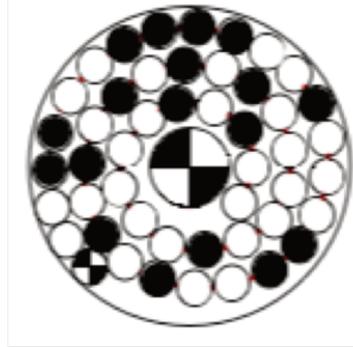
Diversos outros padrões podem ser adicionados ao código para facilitar a leitura do scanner mesmo em situações difíceis como superfícies distorcidas ou módulos danificados, assim como no código de referência já detalhado acima, mas para os fins deste trabalho não se fez necessária a elaboração de sistemas mais sofisticados de leitura.

Vale lembrar que a primeira versão do *QR Code* possuía apenas as *patterns* de posição e que só comportava 21x21 módulos, e considerando sua evolução ao longo dos anos, pode-se concluir que ainda existe um grande potencial de desenvolvimento para o *Spin Code* provindo de um aprimoramento nos seus padrões, densidades de módulos e no próprio algoritmo de leitura.

Para complementar a função de finalização de leitura, observou-se que nem sempre o número total de módulos presentes na área do código é múltiplo de oito, ou seja, após transformados seus *bits* em blocos de oito (*byte*), pode ocorrer de alguns módulos ficarem sobrando no final do código. Para corrigir este problema, tomou-se como base a solução aplicada no próprio código de referência, onde os últimos módulos inserido se repetem até que se complete o restante da área útil. O algoritmo por sua vez descarta estes últimos módulos que não puderam formar seu próprio *Byte*, evitando que se leia um *bit* pela metade o que poderia acarretar em falhas de leitura.

Deste modo então já existem elementos suficiente para tornar este código funcional, sendo que se tem o módulo que informa o começo da leitura, este que também informa a posição correta para interpretação, existe um sistema matemático que nos permite calcular a posição de cada um de seus módulos e coloca-los em ordem para serem convertidos em informação, e por fim, um módulo que finaliza a leitura. Com isto já foi possível desenvolver os primeiros rascunhos do código, e este passou então a tomar forma (Figura 10).

Figura 10 – Um dos primeiros modelos de *Spin Code* já desenvolvidos



Fonte: Autor

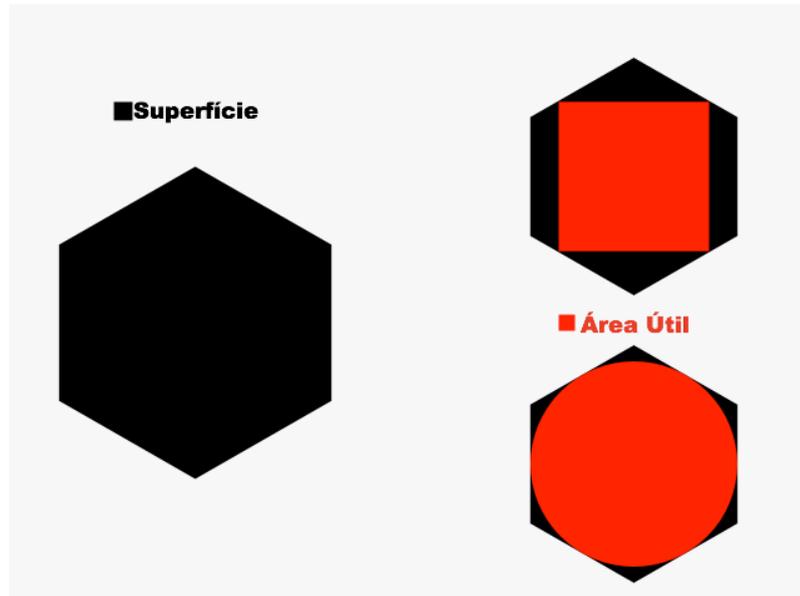
#### 4.6 COMPROVAÇÃO MATEMÁTICA

Para que a eficácia fosse comprovada, o *Spin Code* foi então comparado ao código de referência em diversos perfis de superfície com o intuito de se estabelecer qual a real área útil disponível para impressão em determinados perfis.

Foram escolhidos como base polígonos regulares por serem os perfis geométricos mais utilizados, o que também ajudou a simplificar os cálculos.

Dentro de cada um dos perfis selecionados foram inscritos uma circunferência e um quadrado (figura 11), e através da ajuda do software utilizado para fazer os desenhos, que já nos informa as dimensões dos lados de cada figura bem como o raio das circunferências, foi possível calcular então qual seria a área da figura inscrita em cada caso, que configura a maior área possível a ser ocupada dentro de um determinado perfil.

Figura 11 – Exemplo de comparação de área útil



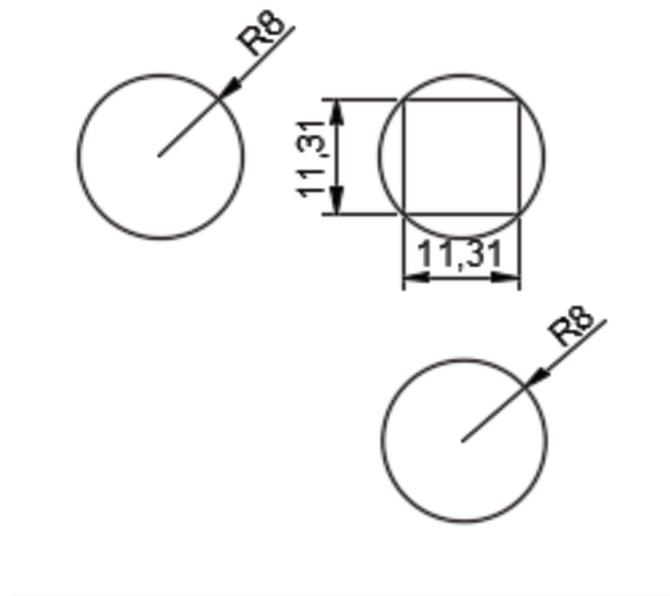
Fonte: Autor

Após calculadas as áreas correspondentes em cada caso, os dados foram então confrontados, resultando nas informações que serão utilizadas para confirmar ou negar a eficácia do *spin code*. Caso o formato circular oferecesse maior aproveitamento de área útil em mais da metade dos perfis calculados, considerar-se-ia que ele é de fato eficaz, uma vez admitido que o novo formato de código possa ser desenvolvido a ponto de ter uma densidade igual ao das últimas versões do *QR Code*. Os cálculos serão detalhados a seguir.

#### 4.6.1 *Best case*

O melhor cenário possível para esta comparação seria em uma superfície circular, uma vez que um código deste mesmo formato ocuparia toda a extensão da superfície, enquanto em um modelo quadrado teríamos o desperdício de uma área considerável.

Figura 12 – Best Case




---

Fonte: Autor

Levando em consideração as cotas da imagem acima, podemos calcular facilmente a área ocupada por cada uma das figuras. Para que o resultado fosse obtido em forma de proporção, as fórmulas de suas áreas foram igualadas, resultando na seguinte equação:

$$\pi r^2 = lado^2$$

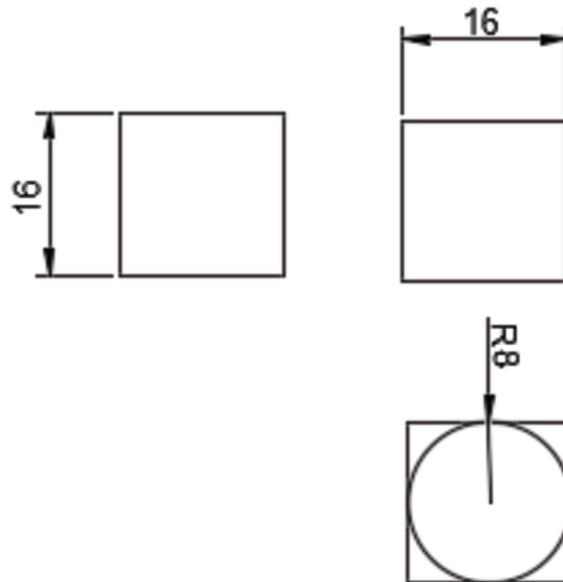
Substituídos os valores da Figura 12 na equação acima, foi encontrada a seguinte proporção:

$$201,06 = 127,92$$

Dividindo então 201,06 por 127,92 obtemos a proporção final de 1,57, o que significa que o modelo circular correspondente ao Spin Code cobriria 1,57 vezes mais área do que o modelo quadrado convencional. Isso significa também que um QR Code seria capaz de aproveitar apenas pouco mais de 63,62% da área total disponível em uma superfície redonda.

#### 4.6.2 Worst Case

Figura13 – Worst Case



Fonte: Autor

Seguindo esta linha de raciocínio, podemos então dizer que nosso pior caso seria em uma superfície quadrada, pelos mesmos motivos do tópico anterior. Neste novo caso, o raio da circunferência corresponde à metade dos lados do quadrado, assim podemos expressar a proporção das áreas da seguinte forma:

$$lado^2 = \pi \frac{lado^2}{4}$$

Substituindo os valores das cotas da figura (13) na equação acima, temos a seguinte proporção:

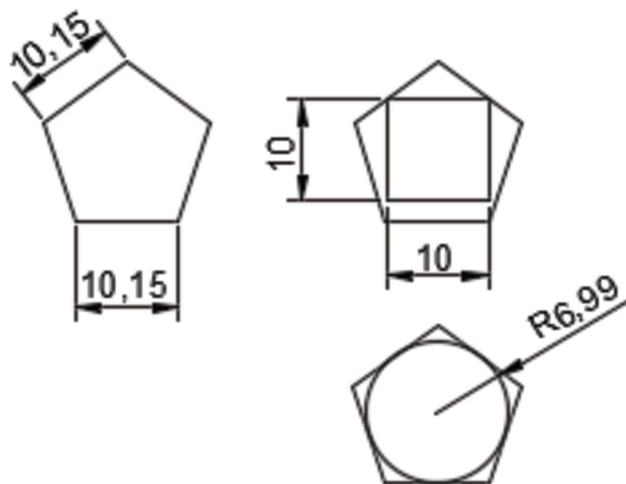
$$64 = 50,265$$

Dividindo então 64 por 50,265 chegamos à proporção final, que nos mostra que o modelo quadrado ocuparia 1,273 vezes mais área que o circular, significando também que um Spin Code seria capaz de ocupar 78,53% de uma superfície quadrada, o que configuraria uma perda menor de área útil do que quando comparado ao nosso best case, onde apenas 63,62% da área total poderia ser preenchida pelo modelo quadrado.

### 4.6.3 Pentágono

Agora que definido nosso melhor e pior cenário, resta analisar os demais polígonos estudados onde a discrepância dos valores são menores. O primeiro caso trata-se de um pentágono, e os valores da figura abaixo foram utilizados para gerar a tabela 1.

Figura 14 - Pentágono



Fonte: Autor

Tabela 1 - Pentágono

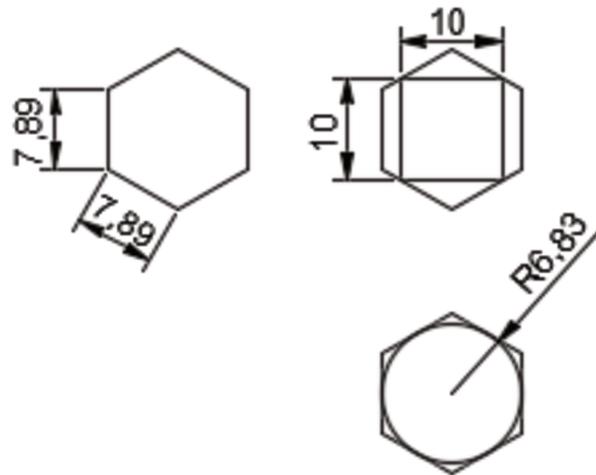
Figura	Área útil	% da área total ocupada
Base (pentágono)	177,25	100%
Quadrado (QR)	100	56,41%
Círculo (Spin Code)	153,49	85,59%

Fonte: Autor

Apesar de neste caso em específico o quadrado não estar perfeitamente inscrito no polígono por dificuldades encontradas com o software utilizado para a criação dos desenhos, é importante ressaltar a diferença de quase 30% na área ocupada, tornando esta divergência do desenho desprezível.

#### 4.6.4 Hexágono

Figura 15 - Hexágono



Fonte: Autor

Para esta superfície foram obtidos os seguintes resultados:

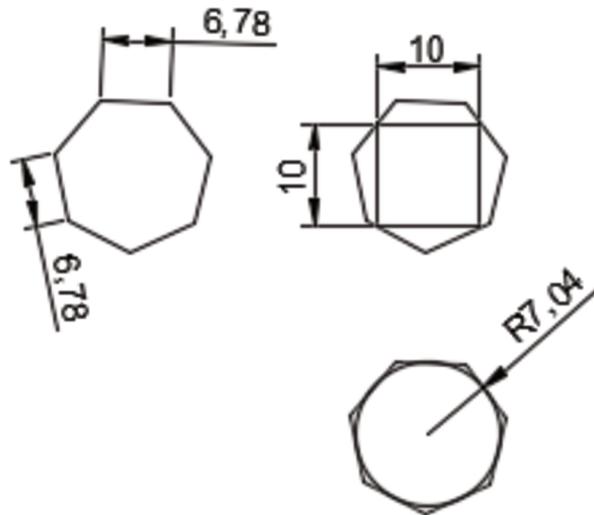
Tabela 2 – Hexágono

Figura	Área útil	% da área total ocupada
Base (hexágono)	161,74	100%
Quadrado (QR)	100	61,83%
Círculo (Spin Code)	146,55	90,60%

Fonte: Autor

#### 4.6.5 Heptágono

Figura 16 - Heptágono



Fonte: Autor

Ao calcular as áreas das figuras acima, foram obtidos os seguintes resultados:

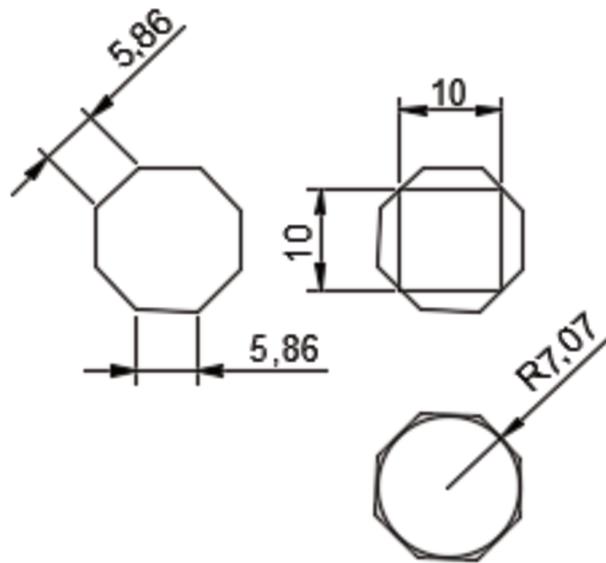
Tabela 3 - Heptágono

Figura	Área útil	% da área total ocupada
Base (pentágono)	167,05	100%
Quadrado (QR)	100	59,86%
Círculo (Spin Code)	155,70	93,2%

Fonte: Autor

#### 4.6.6 Octógono

Figura 17 - Octógono



Fonte: Autor

Ao calcular a área das figuras acima, foram obtidos os seguintes resultados:

Tabela 4 - Octógono

Figura	Área útil	% da área total ocupada
Base (pentágono)	177,25	100%
Quadrado (QR)	100	56,41%
Círculo (Spin Code)	153,49	85,59%

Fonte: Autor

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos através do cálculo da área dos polígonos regulares e de suas figuras inscritas podem ser observados na tabela 5, assim como a proporção de área ganha ou perdida quando utilizamos o modelo circular em cada um dos casos.

**Tabela 5 - Resultados**

Superfície	Área máxima aproveitada por um círculo	Área máxima aproveitada por um quadrado	Ganho/Perda de área ao utilizar o Spin Code
Circular	100%	63,62%	36,38%
Quadrada	78,53%	100%	-21,47%
Pentagonal	85,59%	56,41%	29,18%
Hexagonal	90,60%	61,83%	28,77%
Heptagonal	93,2%	59,86%	33,34%
Octogonal	85,59%	56,41%	29,18%

Fonte: Autor

Como esperado, na maior parte dos casos a área total ocupada pelo modelo circular foi superior à do modelo tradicional quadrado.

A última coluna à direita mostra qual foi o ganho ou a perda de área que o Spin Code teria em cada uma das superfícies em porcentagem da área total desta, estando os ganhos destacados em verde e as perdas em vermelho. Desta forma, em uma superfície hexagonal, o Spin Code seria capaz de cobrir 28,77% mais da área disponível que o QR Code.

Outra observação importante é que no caso em que se houve perda, o valor desta é consideravelmente menor do que o caso em que se houve menor ganho, confirmando a eficácia do modelo.

## 6 CONCLUSÃO

Após terem sido efetuados os cálculos pertinentes para cada uma das superfícies de referência abordadas neste trabalho, tendo os dados sido confrontados mediante cada situação, podemos concluir de que existe uma grande diferença com relação ao aproveitamento da área útil em cada um dos casos, onde em 5 casos houve um ganho considerável de espaço, enquanto em apenas um caso resultou em perda.

Desta forma, ao admitirmos que o Spin Code tem o potencial de se desenvolver ao patamar do QR, atingindo densidades próximas às maiores possíveis até então, podemos confirmar que o modelo quadrado não é o ideal ao se tratar de aproveitamento de área, visto que o desperdício de espaço pode chegar a 36,38% no nosso *best case* e a 33,34% nos demais casos estudados quando comparado ao aproveitamento do modelo circular.

Mesmo se analisarmos nosso *worst case*, onde houve um ganho de área por parte do QR Code quando comparado ao Spin Code, esse ganho de 21,47% é consideravelmente mais baixo do que qualquer outro ganho do Spin Code nos demais casos, sendo que o menor ganho do modelo circular foi de 28,77%.

Desta forma concluímos que quando tratamos de superfícies pequenas onde o código ocuparia quase toda a totalidade da área disponível para impressão, seria mais vantajoso utilizarmos um código de barras bidimensional redondo, assim como o Spin Code.

## REFERENCIAS

ALVES P. **Como funciona o código de barras?** Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/dicas-e-tutoriais/noticia/2014/05/como-funciona-o-codigo-de-barra.html>>. Acesso em: 11 dez. 2018.

BARCODING INC. **Shotcode Barcode: The Circular 2d Barcode for Mobile Tagging**. Barcoding inc. website, 2009. Disponível em: <<https://barcoding.com/blog/shotcode-barcode-the-circular-2d-barcode-for-mobile-tagging/>>. Acesso em: 08 mai. 2018.

BZ TECH. **O que é um Código de Barras e sua Importância**. Disponível em: <<https://www.bztech.com.br/blog/o-que-e-um-codigo-de-barras-e-sua-importancia>>. Acesso em: 1 de abr. 2018.

BZ TECH AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL. **Saiba como Funcionam os Códigos 2D ou QR Code**. Bz Tech website, 2016. Disponível em: <<https://www.bztech.com.br/blog/saiba-como-funcionam-os-codigos-2d-ou-qr-code>>. Acesso em: 06 mai. 2018.

DENSO-WAVE. **What is a QR Code?**. Disponível em: <<http://www.qrcode.com/en/about/>>. Acesso em: 02 mai. 2018.

ESTADÃO. **Código de Barras geram Benefícios as Empresas**. Disponível em: <<http://economia.estadao.com.br/noticias/releases-ae,codigos-de-barras-geram-beneficios-as-empresas,10000094035>>. Acesso em: 2 abr. 2018.

KARASINSKI, L. **O que Significa cada Quadrado de um QR Code?**. Tecmundo, 2013. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/qr-code/37372-o-que-significa-cada-quadrado-de-um-qr-code-.htm>>. Acesso em: 02 mai. 2018.

ORIGEM DAS COISAS. **Origem do Código de Barra**. Disponível em: <<http://origemdascoisas.com/a-origem-do-codigo-de-barras/>>. Acesso em: 27 abr. 2018.

OXXCODE SOLUÇÕES DE MOBILIDADE. **Código Bidimensionais 2D**. Oxxcode website, 2011. Disponível em: <<http://www.oxxcode.com.br/codigo-datamatrix-2d/>>. Acesso em: 06 mai. 2018.

BRODBECK P. **Código de Barra faz 30 Anos no Brasil**. Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/economia/codigo-de-barras-faz-30-anos-no-brasil-b5gs6rd4z9fa4kl5cokasj80e>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

PRASS, R. **Entenda o que são 'QR Codes', Códigos lidos pelos Celulares**. G1, 2011. Disponível em: <<http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2011/05/entenda-o-que-sao-os-qr-codes-codigos-lidos-pelos-celulares.html>>. Acesso em: 02 mai. 2018.

REDAÇÃO MUNDO ESTRANHO. **Como funciona o código de barras?** Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-funciona-o-codigo-de-barras/>>. Acesso em: 30 abr. 2018

MARS R. **A História do Código De Barras**. Disponível em:  
<[Http://gizmodo.uol.com.br/a-historia-nao-contada-da-origem-dos-codigos-de-barras/](http://gizmodo.uol.com.br/a-historia-nao-contada-da-origem-dos-codigos-de-barras/)>. Acesso em: 25 abr. 2018.

SOON, T. J. **QR Code**. Synthesis jornal, 2008. Disponível em:  
<[https://foxdesignsstudio.com/uploads/pdf/Three\\_QR\\_Code.pdf](https://foxdesignsstudio.com/uploads/pdf/Three_QR_Code.pdf)>. Acesso em: 02 mai. 2018.

TEIXEIRA, R. C. **Dos Códigos de Barras aos Códigos Bidimensionais de Resposta Rápida**. Atlântico Expresso, 2015. Disponível em:  
<[http://sites.uac.pt/rteixeira/files/2015/03/Atlântico\\_Expresso\\_RT6A.pdf](http://sites.uac.pt/rteixeira/files/2015/03/Atlântico_Expresso_RT6A.pdf)>. Acesso em: 06 mai. 2018.

THONKY. **QR Code Tutorial**. Thonky website, 2015. Disponível em:  
<<https://www.thonky.com/qr-code-tutorial/introduction>>. Acesso em: 07 mai. 2018.