

USO DA ÁLGEBRA LINEAR COMO FERRAMENTA PARA O PLANEJAMENTO DE ESTRUTURAS CIRCULARES DE ARQUITETURA CONTEMPORÂNEA

Rodrigo L S – lelis-rodriigo@hotmail.com

Faculdade Nordeste - FANOR

Endereço: Avenida Santos Dumont, 7800 - Manoel Dias Branco, 60190-800 –
Fortaleza – Ceará

João E M F – jfelix@fanor.edu.br

Faculdade Nordeste - FANOR

Endereço: Avenida Santos Dumont, 7800 - Manoel Dias Branco, 60190-800 –
Fortaleza – Ceará

Resumo: *Este trabalho propõe aos estudantes de engenharia uma nova forma de pensar em relação a aplicabilidade das matérias vistas em sala, tendo como base de estudo o planejamento e estruturação de construções circulares utilizando-se de marcações na planta do terreno embasadas em divisões quadráticas com coordenadas cartesianas em contraponto as coordenadas polares comumente utilizadas, e com a álgebra linear como ferramenta do projeto, visando a otimização do tempo e do espaço durante a construção. A álgebra linear, como ferramenta das engenharias, traz as mais diversas aplicações, dentre elas o cálculo e o planejamento de uma estrutura física com o formato circular, através de equações geométricas e com o uso de matrizes. Através da marcação de pontos na planta de estrutura, como uma dada divisão quadrática do terreno em si, é possível elaborar uma equação de uma circunferência que será a base da estrutura arquitetônica moderna circular. Com essa equação são marcados os pontos que vão compor as vigas do “esqueleto” da estrutura. No terreno esses pontos serão marcados com estacas de acordo com a planta, diferentemente das usuais cordas ou linhas de níveis usadas que impossibilitam o trabalho na região interna enquanto a externa é construída. Esse planejamento, feito na construção da planta, possui grande potencial de otimização do tempo e de espaço durante a obra.*

Palavras-chave: *Álgebra linear, Construções circulares, Educação em engenharia, Arquitetura contemporânea, Coordenadas cartesianas,*

1. INTRODUÇÃO

Leonardo Benevolo (2007, p. 15) diz que “[...] o ciclo da arquitetura moderna pode ser de alguma forma confiado à história, a cultura arquitetônica pode deixar de refletir sobre si própria e fletir antes sobre o cenário físico mundial.”

É notório o quanto mercado de construção civil vem crescendo, quer seja em grandes centros urbanos ou em locais mais afastados. A cada dia, esse crescimento exige mais dos profissionais que atuam na área, sendo necessário um contínuo estudo de métodos e práticas que viabilizem a otimização do tempo durante a obra.

Muitos processos são realizados mecanicamente, sem se saber os motivos, por ser um processo padrão e por não haver outra opção de como o trabalho possa ser realizado. Um exemplo disso seria os “telhados em V” que ainda são usados em prédios de até 4 andares.

Alguns desses processos feitos, muitas vezes, por desconhecimento ou falta de opção, levam a problemas de demora na construção das estruturas e a não otimização do tempo, por não ser possível realizar os trabalhos simultâneos enquanto um dado trabalho está sendo mecanicamente realizado.

Pensando nisso, especificamente, em construção de estruturas circulares, que são uma tendência da arquitetura contemporânea, dentre os muitos aspectos que poderiam ser abordados, o trabalho em questão tem por intuito o ensino pedagógico de cálculo de regiões circulares por coordenadas cartesianas, propostas e calculadas pela equação da circunferência (apresentada geometricamente) que é feita através de determinantes com o auxílio dos conhecimentos da álgebra linear como ferramenta.

A fim de se propiciar o melhor custo benefício durante a execução do projeto, em relação tempo/produção, o uso e cálculo prévio das coordenadas cartesianas com a equação da circunferência, traz vantagem no que se diz respeito a não “inutilização” da região onde se constrói a estrutura circular, sendo possível a realização de trabalhos simultâneos, aproveitando melhor o espaço da construção.

1.1. Justificativa

O trabalho em questão foi desenvolvido com intenção de contribuir com o contexto nacional, quando trata-se da didática de ensino na engenharia, levando em consideração os modos contemporâneos circulares de construção. Estruturas desse tipo crescem exponencialmente com o passar dos anos, e se faz necessário que os profissionais envolvidos estejam cada vez mais hábeis para que tal execução ocorra de modo bilateral, ou seja, que agrade tanto na questão estética como também obedeça as normas de segurança.

Os textos existentes são escassos em relação ao assunto, e as poucas considerações teóricas que são feitas se apresentam de maneira muito simplificada, que acaba por dificultar o entendimento sobre esse método de construção.

A complexidade do assunto acaba sendo também um fator motivador, a fim de esclarecer melhor a adequação e uso dos métodos de cálculos disponíveis na engenharia de estruturas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo o estudo, ensino e comparação de métodos de análise para estruturas circulares, bem como a aplicação seletiva e sistematizada destes métodos, para fins tanto educacionais como estruturais.

2.2. Objetivos específicos

- Comparar o método atual de construção com o proposto nesse trabalho;
- Apontar os pontos positivos e negativos dos métodos apresentados;
- Comprovar a validade do método de cálculo estudado;
- Proporcionar aos estudantes de engenharia uma nova perspectiva das matérias vistas em sala.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O trabalho em questão baseia-se na definição de uma circunferência, onde afirma que geometricamente, a circunferência é o conjunto de todos os pontos que estão equidistantes de um ponto central, distância essa que é denominada como raio, analiticamente falando, a circunferência é o lugar geométrico dos pontos que possuem distância fixa de um determinado ponto central (ANTON RORRES, 2009).

Sendo assim, conhecendo suas propriedades, torna-se possível a elaboração de equações que acabam por viabilizar a execução deste projeto.

3.1. METODOLOGIA

A metodologia adotada consistiu em estudar e selecionar os métodos empregados hoje na construção de estruturas circulares, de forma a viabilizar uma análise crítica dos resultados provenientes desses métodos.

4. MÉTODOS DE CONSTRUÇÃO

4.1. Coordenadas polares

Atualmente, o método mais empregado para as construções circulares é o uso de coordenadas polares. Após definido o centro da circunferência, é colocado na área do projeto cordas que seguem até sua extremidade, ou seja, o raio.

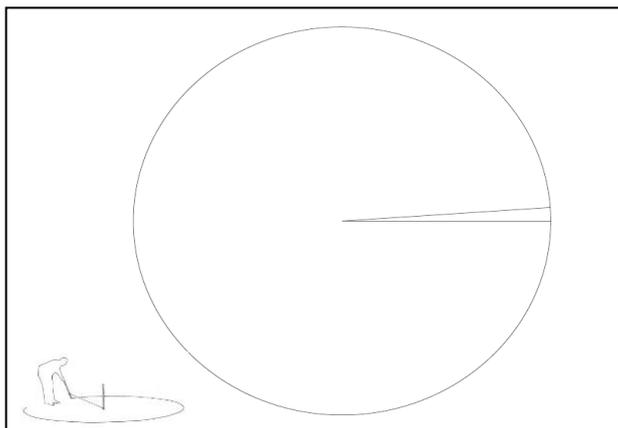


Figura 1: Exemplo da marcação do raio em um projeto de estrutura circular.

O problema se dá justamente na distribuição dessas cordas (ou linhas de níveis), onde o acréscimo contínuo delas acaba por inutilizar toda a área interna. Sendo assim, o período de marcação do raio (que dura em torno de 1 turno a 2) até a construção das vigas e/ou colocação de estacas para construção das paredes, toma de 2 a 5 dias da obra, com uma região sem qualquer “avanço” na construção.

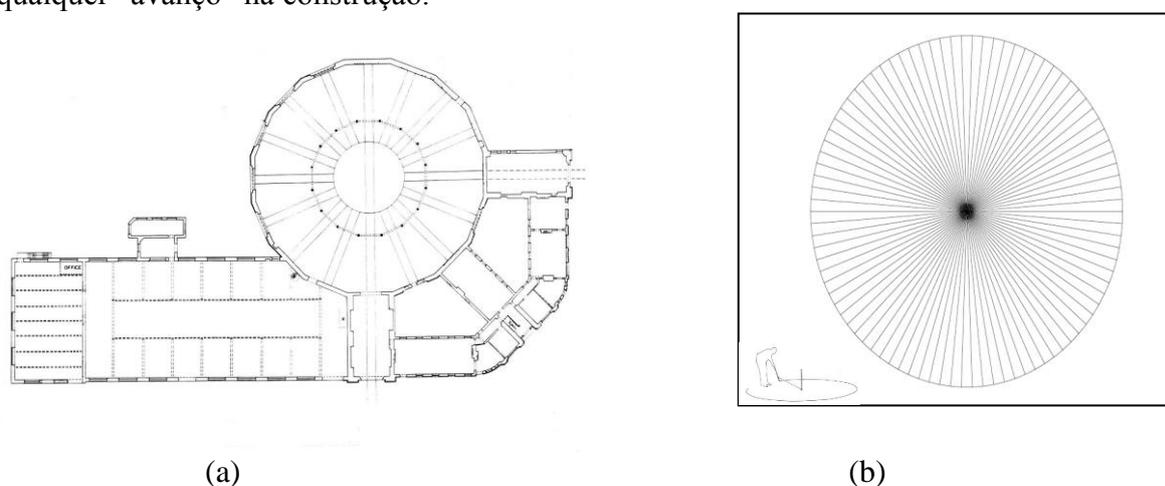


Figura 2: Exemplificação de linhas de níveis em uma estrutura circular com vista superior da marcação de um terreno (a) e (b).

Atualmente, uma saída interessante para esse problema seria a realização de apenas uma parte do circular por vez, por exemplo, realizando a construção de meio círculo por vez ou de um quarto de círculo por vez. Mesmo assim há a “perda de tempo” na região em que estão marcando os pontos e ainda assim, as demais partes do círculo dependem das marcações que irão “inutilizar” a área para trabalhos simultâneos.

Um exemplo de como é feita essa saída está representado na Figura 3, abaixo.

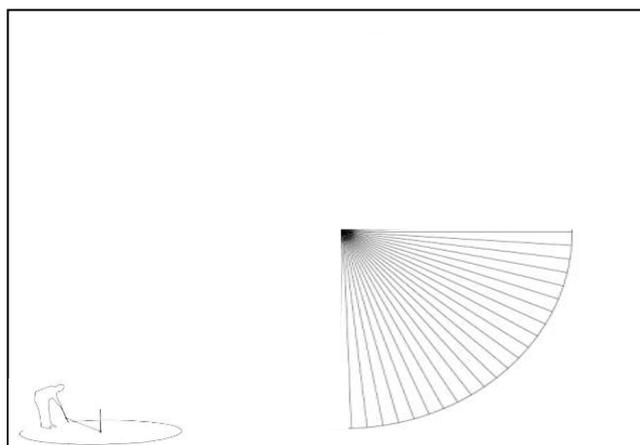


Figura 3: Marcação de um quarto de círculo e demonstração do espaço ocupado.

4.1.1 Análise qualitativa

Pontos positivos

- Fácil marcação;
- Execução mais simples;
- Menor probabilidade de erros na marcação dos pontos.

Pontos negativos

- Inutilização da área interna enquanto a externa é construída;
- Atrasos na entrega.

4.2. Coordenadas cartesianas

Esse método consiste na marcação de pontos na planta do terreno. Após de definido o centro da circunferência, marca-se três pontos distintos nas extremidades.

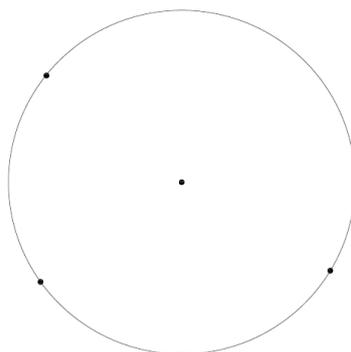


Figura 4: Marcação de três pontos distintos na circunferência

Devido a essa marcação, torna-se possível a elaboração de uma equação da circunferência a partir do cálculo de seu determinante, como fica explicitado na equação abaixo:



$$|x_0^2 + y_0^2 \quad x_0 \quad y_0 \quad 1|$$

$$\begin{vmatrix} x^2 + y^2 & x_1 & y_1 & 1 \\ x_1^2 + y_1^2 & x_2 & y_2 & 1 \\ x_2^2 + y_2^2 & x_3 & y_3 & 1 \end{vmatrix} = 0 \quad (1)$$

Para que possamos visualizar melhor a aplicabilidade desse método, consideremos o seguinte exemplo: Encontre a equação da circunferência que passa pelos três pontos (1,7); (6,2); (4,6).

Solução:

A partir do uso da Equação (1), faz-se necessário a substituição dos valores proposto.

$$|x_0^2 + y_0^2 \quad x_0 \quad y_0 \quad 1|$$

$$\begin{vmatrix} 50 & 1 & 7 & 1 \\ 40 & 6 & 2 & 1 \\ 52 & 4 & 6 & 1 \end{vmatrix} = 0$$

Após feito isso, torna-se possível simplificar esse determinante:

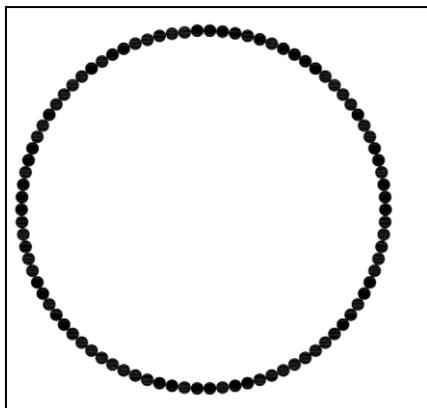
$$\rightarrow 10(x^2 + y^2) - 20x - 40y - 200 = 0$$

Onde a forma reduzida desta equação é:

$$(x - 1)^2 + (y - 2)^2 = 5^2$$

Portanto, o círculo tem o centro (1, 2) e R = 5.

Desta forma, podemos visualizar o método proposto na figura seguinte, onde retira-se as linhas de níveis e as substitui por estacas ou material semelhante que possa desempenhar a mesma função.



(a)



(b)

Figura 5: Exemplificação da substituição das linhas de níveis por pontos (estacas) na planta do terreno; vista superior (a); em (b), vista lateral.

4.2.1 Análise qualitativa

Pontos positivos

- Melhor aproveitamento do espaço;
- Execução mais exata;
- Ganho de tempo durante a execução.

Pontos negativos

- Método teórico com maior complexidade de aplicação;
- Necessita de mais atenção para determinar onde serão marcados os pontos;
- Fácil erro de execução se os dois tópicos anteriores não forem devidamente considerados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os métodos estudados apresentam resultados próximos entre si, a principal diferença não se dar no produto final, mas sim no caminho desenvolvido até ele, que acaba por acarretar atrasos desnecessários na conclusão do empreendimento.



O método que utiliza as coordenadas polares fornece resultados satisfatórios, contudo, há limitações no que se refere ao tempo/execução do serviço, haja vista, o desenvolvimento desse método se apresenta de maneira mecânica de tal forma que toda a área interna fica inutilizável enquanto a parte externa é construída.

Quando trata-se do método que envolve as coordenadas cartesianas, podemos considera-lo a melhor solução analítica para as construções circulares de arquitetura contemporânea. Onde observamos que, ele propõe e exemplifica uma construção simultânea, ou seja, um melhor aproveitamento de tempo e espaço com a execução bilateral tanto da parte interna quanto da externa.

No que trata do ensino a engenharia, pôde ser exemplificado aqui a aplicabilidade dos conteúdos vistos em sala de aula, possibilitando e incentivando aos estudantes de engenharia um novo olhar sobre as técnicas e aperfeiçoamento de construções, tendo como principal objetivo o desenvolvimento do senso crítico desses alunos.

Agradecimentos

Quero agradecer primeiramente a Deus, porque até aqui ele vem nos ajudado. Agradeço a Faculdade Nordeste pertencente ao Grupo DEVRV – BRASIL por proporcionar recursos que garantissem minha participação nesse evento. Deixo aqui também meus sinceros agradecimentos aos meus colegas. Por último, mas não menos importante, quero agradecer ao meu orientador, João Ermeson, por todo o apoio e empenho dedicado para a concretização desse trabalho.

REFERÊNCIAS

BENEVOLO, Leonardo. **A arquitetura no novo milênio**. Estação liberdade, 2007

GREGORY, Rob. **As mais importantes edificações contemporâneas: plantas cortes e elevações**. Bookman, 2009

RORRES, Anton. **Álgebra linear com aplicações**. 8ª edição. Bookman, 2001

STEVEN, J Leon. **Álgebra linear com aplicações**. 8ª edição. Ltc, 2011

USE OF LINEAR ALGEBRA AS A TOOL FOR PLANNING CIRCULAR STRUCTURES OF CONTEMPORARY ARQUITERURA

Abstract: *This paper proposes to engineering students a new way of thinking regarding the applicability of the materials seen in the classroom, based on study of the planning and structuring of circular structures using markup in the site plan based on solid quadratic divisions with Cartesian coordinates in contrast the commonly used polar coordinates , and*



linear algebra as a tool of the project , aiming to optimize the time and space during construction . The linear algebra as a tool of engineering , brings a variety of applications , among them the calculation and planning of a physical structure with circular shape through geometric equations and using arrays . By marking points on the plant structure as a given quadratic divide land itself , it is possible to develop an equation of a circle that will be the foundation of modern architectural circular structure . With this equation are marked the points that will make up the beams of the " skeleton " of the structure . On the ground these points will be marked with stakes according to plan , unlike the usual ropes or lines used levels that preclude work in the inner region while the outer is built . This planning made in the construction of the plant , has great potential for optimizing the time and space during construction .

Key-words: *Linear algebra, Circular constructions, Engineering education, Contemporary architecture, Cartesian coordinates,*