

PLANIFICAÇÃO DE SUPERFÍCIES: APLICAÇÃO DE UM MODELO MATEMÁTICO NO ENSINO DE ENGENHARIA

Rosana Maria Luvezute Kripka^a
Neuza Terezinha Oro^b
Nilson Luiz Maziero^c

RESUMO

O processo tradicional de planificação, geralmente, é ensinado em disciplinas de cursos de engenharia mecânica, onde são apresentados conceitos de geometria descritiva. São utilizados conceitos matemáticos que fundamentam o processo de planificação para que seja realizado de forma coerente e com maior precisão possível, uma vez que a construção do desenho de planificação depende da precisão dos instrumentos utilizados para realizá-lo. Foi desenvolvido, na Universidade de Passo Fundo (UPF), um modelo matemático que representa as relações existentes entre conceitos de geometria descritiva, utilizados no processo tradicional de planificação, e conceitos de geometria analítica e trigonometria correspondentes. Apresenta-se neste artigo um aplicativo que realiza a planificação de superfícies de maneira automática e precisa, que pode ser utilizado tanto na fabricação de peças mais comumente construídas no ramo da indústria metalúrgica como no processo de ensino-aprendizagem, na forma de ferramenta de apoio na resolução de problemas teóricos de planificação de superfícies. A resolução da planificação é genérica, desde que a peça que se deseja planificar, esteja descrita espacialmente, de acordo com a posição de pontos ordenados que definam suas bases. Estes são gerados de forma específica para cada situação, levando em consideração somente informações básicas da peça.

Palavras-chave: Planificação de superfícies. Ensino-aprendizagem. AUTOCAD.

ABSTRACT

The traditional process of surface unfolding, generally, is taught in Mechanical Engineering's courses, where concepts of descriptive geometry are presented. Mathematical concepts are used to define the traditional process of surface unfolding, so that it is performed correctly, with the highest precision possible, since that construction of the surface unfolding drawing depends on the precision of the used instruments. It was developed, at University of Passo Fundo (UPF), a mathematical model to represent the existing relations between concepts of descriptive geometry, used in the traditional process of surface unfolding, and concepts of corresponding analytical geometry and trigonometry. It is presented in this article a software to solve the surface unfolding automatically, with precision, that can be used in the fabrication of basic solids of the metallurgic industry, as in the teaching-learning process, as a tool of support in the resolution of simulation problems of surfaces unfolding. The resolution of the surface unfolding is generic for solids that are described in the space, considering the position of orderly points that define their bases. These points are generated for each situation taking into account only the characteristics of the solid sample.

Key words : Surface unfolding process. Teaching-learning. AUTOCAD.

^a Professora Mestre da Universidade de Passo Fundo, Instituto de Ciências Exatas e Geociências, BR 285, Bairro São José, CP 611, CEP 99001-970, Passo Fundo - RS, tel. (54) 3316-8345, fax: (54) 3316-8347. E-mail: rkripka@upf.br.

^b Professora Mestre da Universidade de Passo Fundo, Instituto de Ciências Exatas e Geociências, BR 285, Bairro São José, CP 611, CEP 99001-970, Passo Fundo - RS, tel. (54) 3316-8345, fax: (54) 3316-8347. E-mail: neuza@upf.br.

^c Professor Doutor da Universidade de Passo Fundo, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, BR 285, Bairro São José, CP 611, CEP 99001-970, Passo Fundo - RS, tel. (54) 3316-8201, fax: (54) 3316-8347. E-mail: nlm@upf.br.

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da superfície de uma peça a ser construída é de suma importância na indústria de caldeiraria, já que as peças utilizadas neste ramo são geralmente de grande porte e das mais variadas formas e dimensões, tais como tubulações de usinas hidroelétricas, ventiladores industriais, etc. Dessa forma, é importante que a tarefa de desenvolvê-las seja realizado de modo rápido e preciso.

O processo manual de planificação de superfícies é ensinado, tradicionalmente, em disciplinas de cursos de engenharia mecânica, onde são utilizados apenas conceitos de geometria descritiva e a planificação é construída por meio de desenhos. Assim, o processo manual é lento e pouco preciso, pois a precisão depende muito da habilidade do desenhista.

Acredita-se que a construção manual é importante no processo de ensino-aprendizagem para a compreensão do processo de planificação, bem como para a análise de resultados obtidos.

Com o advento dos microcomputadores, praticamente qualquer universidade ou empresa tem ao seu dispor equipamento necessário para automatizar, via *software*, a tarefa de desenvolver a planificação de superfícies de tubulações. Dessa forma, este artigo aborda a aplicação de um algoritmo desenvolvido por Kripka et al. (2001), que faz uma generalização da resolução da planificação da superfície lateral de peças que possuem bases de forma circular, polígono regular, ou ambas, as quais podem ser paralelas ou não.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Um dos desafios da educação, em qualquer área, consiste em elaborar atividades que estimulem a capacidade de aprender a aprender (DEMO, 1996).

Nesse contexto, uma estratégia atualmente utilizada, visando vencer esse desafio, é a introdução da modelagem matemática como metodologia de ensino (SOARES; PINTO, 2005; MÜHL et al., 2005; BASSANEZI, 2002). Cury (2001) sugere a inclusão da modelagem matemática como “metodologia adequada ao desenvolvimento da habilidade de formular e resolver problemas” (2001, p. 1), com o intuito de desenvolver competências e habilidades necessárias ao futuro engenheiro, segundo as novas diretrizes curriculares da engenharia, aprovadas pelo MEC.

Giorgetti (2001) apresenta em seu artigo o relato de uma experiência de inclusão da modelagem matemática na resolução de problemas reais aplicados ao ensino de engenharia, onde salienta, pelos resultados obtidos, a importância dessa prática como uma metodologia de ensino.

Kripka et al. (2001) apresentam o desenvolvimento de um algoritmo, obtido por meio da modelagem matemática do problema de planificação de superfícies de corpos cilíndricos e cônicos, utilizando-se para isso do método de triangulação. A partir do sólido modelado em 3D, é mapeada a superfície pelo método de triangulação para obter a planificação da superfície do sólido. A planificação obtida também utiliza o método de triangulação para calcular a posição dos pontos no plano. O algoritmo elaborado executa a planificação de forma genérica. Inicialmente, o algoritmo calcula as coordenadas espaciais que definem a superfície lateral da peça a ser planificada, de forma ordenada, e, em seguida, o processo de planificação realizado é o mesmo para qualquer superfície lateral considerada. Observa-se que a principal diferença entre o método proposto e os demais existentes está efetivamente no processo de planificação. O método proposto consiste na planificação de pontos, realizando a transformação de pontos do espaço para o plano. Os demais métodos existentes (PERTENCE, 2001; RAJ, 1995; ARAÚJO, 1976; COOKSON, 1964; LOBJOIS, 1977; CASTRO, 1991), trabalham com procedimentos de planificação específicos para peças específicas. O algoritmo foi implementado, resultando num *software* que foi denominado de “Planificação de Superfícies”.

Pelas características da elaboração do *software*, ele pode ser utilizado tanto como exemplo de aplicação da modelagem matemática no ensino de disciplinas de engenharia como um aplicativo eficiente na construção de peças reais da indústria metalúrgica.

Pertence (2000) apresenta a implementação de um *software* didático em linguagem Visual Basic que permite obter a planificação de sólidos. Para isso, ele determina expressões matemáticas que resultam da análise das projeções de primitivas básicas, tais como cilindros e cones, obtendo-se equações correspondentes às coordenadas nas direções x e y das bases superior e inferior e da superfície lateral.

Raj (1995) apresenta o desenvolvimento de um algoritmo para planificação de superfícies

para dutos complexos, onde desenvolve a solução para o caso do caracol de uma turbina tipo Francis, utilizando como base de modelagem as seções dos dutos.

Os métodos de desenvolvimento manual são apresentados em Araújo (1976), Cookson (1964), Lobjois (1977). Já Castro (1991) apresenta conceitos matemáticos para solução de planificação de superfícies de peças cilíndricas e cônicas que possuem interseção.

Existe também o *software* comercial Caldsoft (2003), que permite executar a planificação da superfície de peças predefinidas no sistema. Este não permite a obtenção da planificação de uma peça que possa ser criada a partir de novas definições, ou seja, de uma peça modelada em 3D obter a sua planificação.

A relevância deste trabalho consiste em apresentar um aplicativo computacional desenvolvido pelos autores desse artigo, no qual se utiliza a modelagem matemática de peças para a obtenção de coordenadas espaciais e planificadas, que permite realizar a planificação de superfícies laterais de maneira automatizada. O aplicativo apresentado pode ser utilizado tanto na fabricação de peças mais comumente construídas no ramo da caldeiraria industrial como no processo de ensino-aprendizagem, na forma de ferramenta de apoio na resolução de problemas teóricos de planificação de superfícies.

METODOLOGIA

O aplicativo desenvolvido possui duas opções para o usuário escolher a forma de especificar a tubulação que se quer planificar.

A primeira opção consiste em disponibilizar, de modo rápido, as peças mais utilizadas. Assim, o usuário possui ao seu dispor peças básicas, tais como cilindro, cone, prismas, pirâmides, etc., que são modeladas de acordo com suas características básicas, tais como altura, raio, aresta, etc., não exigindo, assim, grandes conhecimentos por parte do usuário, para se obter a planificação da peça desejada. Assim, cada peça específica disponível no sistema é modelada em 3D, separadamente, para a identificação e análise da forma do sólido. Para as tubulações em questão, não é necessário proceder a nenhuma espécie de modelamento por parte do usuário, simplesmente basta solicitar o tipo de tubulação e informar as dimensões básicas necessárias.

A outra opção consiste em definir pelo usuário a tubulação específica que se deseja planificar. Para isso o sistema permite, por exemplo, criar uma tubulação a partir de duas seções circulares no espaço. Desse modo, o usuário tem a flexibilidade de criar formas que não estejam definidas no sistema básico, como representar cilindros ou cones oblíquos.

Nas duas opções oferecidas pelo aplicativo as bases são representadas independentemente por conjuntos de pontos, o que permite, inicialmente, modelar em 3D a tubulação resultante através desses conjuntos de pontos.

Uma vez realizada a modelagem espacial da peça, aplica-se o algoritmo apresentado por Kripka et al. (2001) para resolver o problema da planificação.

O algoritmo genérico de planificação, com simplificações é apresentado a seguir, onde pode ser observado que, no modelo matemático desenvolvido, foram aplicados conceitos de geometria analítica, descritiva e trigonometria.

Algoritmo Planificação de Superfície:

Início

Faça a Leitura de Dados

Início

Escolha uma opção.

Caso Bases: Circulares

Calcule n

Caso Bases: Polígonos Regulares

Calcule raio(s) R e r definido(s) pelo(s) ângulo(s)

Fim de Faça a Leitura de Dados

Calcule as Coordenadas no Espaço

Início

Para $i = 1, \dots, n + 1$ faça

$$\alpha_i = (i - 1) * \left(\frac{2\pi}{n} \right)$$

$$\overline{P_{2i-1}} = (R \cos(\alpha_i), R \sin(\alpha_i), 0),$$

$$\overline{P_{2i}} = (r \cos(\alpha_i) + dx, r \sin(\alpha_i) + dy, h)$$

Fim de Calcule as Coordenadas no Espaço

Cálculo as Geratrizes

Início

Para $i=1, \dots, n+1$ faça

$$G_i = d(\overline{P_{2i-1}}, \overline{P_{2i}}) e$$

$$D_i = d(\overline{P_{2i}}, \overline{P_{2i+1}}),$$

fim de Calcule as Geratrizes

Faça a Planificação da Superfície Lateral

Início

$$P_1 = (0,0) \text{ e } P_2 = (0, G_1)$$

Para $i=1, \dots, n+1$ faça

Início do para

$$ci = d(\overline{P_{2i-1}}, \overline{P_{2i+1}})$$

$$d(P_{2i}, P_{2i+1}) = D_i$$

$$d(P_{2i-1}, P_{2i+1}) = ci$$

$$p = \frac{(D_i + G_i + ci)}{2}$$

$$\sqrt{p(p - D_i)(p - G_i)(p - ci)}$$

$$= \frac{1}{2} \begin{vmatrix} x_{2i-1} & y_{2i-1} & 1 \\ x_{2i+1} & y_{2i+1} & 1 \\ x_{2i} & y_{2i} & 1 \end{vmatrix}$$

$$cs = d(\overline{P_{2i}}, \overline{P_{2i+2}})$$

$$d(P_{2i+1}, P_{2i+2}) = G_{i+1}$$

$$d(P_{2i}, P_{2i+2}) = cs$$

$$p = \frac{(D_i + G_{i+1} + cs)}{2}$$

$$\sqrt{p(p - D_i)(p - G_{i+1})(p - cs)}$$

$$= \frac{1}{2} \begin{vmatrix} x_{2i} & y_{2i} & 1 \\ x_{2i+1} & y_{2i+1} & 1 \\ x_{2i+2} & y_{2i+2} & 1 \end{vmatrix}$$

fim do para

Fim de Faça a Planificação da Superfície Lateral

Faça o Desenho da planificação

Fim do Programa Principal

onde:

n : número de pontos que descrevem as bases;

R e r : raios das circunferências que contêm as bases superiores e inferiores, respectivamente;

α_i : ângulos internos dos setores da circunferência dividida em n partes iguais.

dx : deslocamento no eixo x , quando o sólido é oblíquo;

dy : deslocamento no eixo y , quando o sólido é oblíquo;

$\overline{P_i}$: coordenadas espaciais do ponto i ;

G_i : medida da geratriz i , que une o ponto $2i-1$ ao ponto $2i$;

D_i : medida da diagonal i , que une o ponto $2i$ ao ponto $2i+1$;

P_i : coordenadas planificadas do ponto i ;

ci : medida da corda inferior entre os pontos $2i-1$ ao ponto $2i+1$;

cs : medida da corda inferior entre os pontos $2i$ ao ponto $2i+2$;

p : perímetro do triângulo i .

A implementação do algoritmo é realizada com a utilização do *software* de CAD, AUTOCAD (1992), sendo a programação em linguagem C/ C++ no ambiente ADS (PERRY,1994).

Cada nova tubulação solicitada pelo usuário, é gerada em uma nova camada (*layer*) automaticamente. Para uma melhor visualização, o usuário pode solicitar a representação do sólido em 3D.

O sistema também propicia a obtenção de peças que possuem bases não circulares, desde que as bases sejam polígonos regulares. Além das representações gráficas, a aplicação permite determinar o peso da peça.

Como o sistema é integrado ao CAD, as funções mover, copiar, rotacionar, etc. podem ser utilizadas para manusear os resultados gráficos, permitindo obter a disposição das peças sobre a chapa a ser cortada.

IMPLEMENTAÇÃO

A implementação foi realizada de duas formas: obtenção da planificação a partir de uma peça predefinida (cilindro, cone, tronco de cone, tee, etc.); a partir da definição das bases circulares ou poligonais regulares numa determinada posição do espaço.

Com peças predefinidas, primeiramente, é feita a modelagem em 3D dos sólidos desejados, para se obter um conjunto de pontos que representam o sólido. No caso de base circular, o número de pontos deste conjunto é definido

em função da precisão desejada da curvatura da base.

De posse desses pontos, os mesmos são aplicados no algoritmo de planificação, obtendo-se a transposição da superfície da peça do espaço para o plano.

Inicialmente foram selecionadas as peças mais utilizadas em caldeiraria para a referida aplicação.

INTERFACE COM O USUÁRIO

A interface com o usuário é feita com a utilização do AUTOCAD, sendo a tela configurada de modo a apresentar opções específicas para a planificação. Porém, opções como escolher a tubulação disponível para a obtenção da planificação, gerar uma tubulação com bases circulares onde as suas posições são determinadas pelo usuário e representar a tubulação em 3D não utilizam os recursos de modelagem 3D do AUTOCAD.

Para a visualização dos resultados é possível obter vistas frontal, superior e lateral do objeto, assim como uma visão isométrica.

Outras opções disponíveis são as propriedades da planificação, as quais permitem obter o peso da peça planificada, bem como gerar a trajetória (coordenadas) para o programa CNC que poderá ser utilizado em máquinas computadorizadas de corte a *laser*, chama, etc.

MODELAGEM EM 3D DE TUBULAÇÕES

A modelagem em 3D consiste em determinar uma quantidade de pontos que permita uma identificação e representação adequada da tubulação em questão.

No presente caso, são admitidas somente peças que possuem como base seções circulares, polígonos regulares, ou ambas simultaneamente, onde o processo de definição e representação em 3D são semelhantes.

No caso da base ser circular, o princípio utilizado é o de dividir uma circunferência num determinado número de partes, de modo que o comprimento da corda seja muito próximo do comprimento do arco de circunferência definido. Dessa forma, pode-se assumir um determinado valor aceitável como sendo o erro, que é a diferença entre os comprimentos da corda AB e o arco AB (Fig. 1).

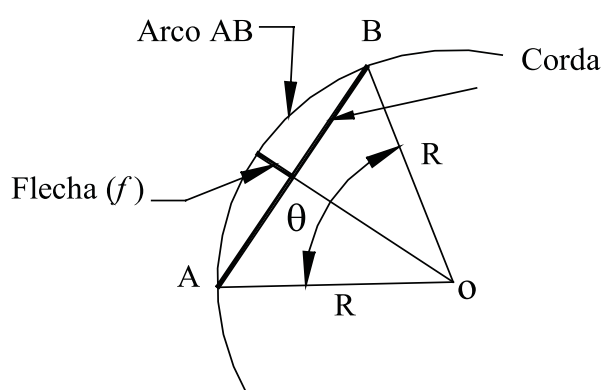


Figura 1 - Parâmetros para cálculo das divisões.

Quanto menor a diferença entre o comprimento do arco AB e o comprimento da corda AB, maior será a precisão da peça obtida e, conseqüentemente, maior será a quantidade de pontos necessária para representar a seção da peça. Este número de pontos pode ser obtido em função da flecha (f) (Fig. 1) que ocorre em função da curvatura. Este valor (f) é fornecido pelo usuário e permite a determinação do ângulo θ , que é calculado na equação (1):

$$\theta = 2 \cdot \arccos\left(\frac{R-f}{R}\right) \quad (1)$$

onde:

θ : ângulo formado pelo triângulo AOB, conforme Figura 1;

R : raio da circunferência;

f : flecha considerada no problema.

Conhecendo-se θ , pode-se determinar qual deve ser o número de divisões (N) (equação (2)) mais adequado para a circunferência, que deve ser um número inteiro e par, para facilitar o processo de planificação, calculado inicialmente por:

$$N = \frac{2\pi}{\theta} \quad (2)$$

Caso o valor de N não seja um número par, assume-se para N a parte inteira do número calculado mais uma unidade, ou seja, o próximo número par maior que o valor calculado.

No caso de a base ser poligonal, o princípio utilizado é o de dividir a circunferência, no qual o polígono estará inscrito, num número de partes igual ao número de vértices do mesmo.

CASO PARTICULAR

Esta análise é feita numa peça denominada de TEE, a qual é resultante da interseção ortogonal de dois cilindros, um denominado de vertical e outro, horizontal (Fig. 2 e 3).

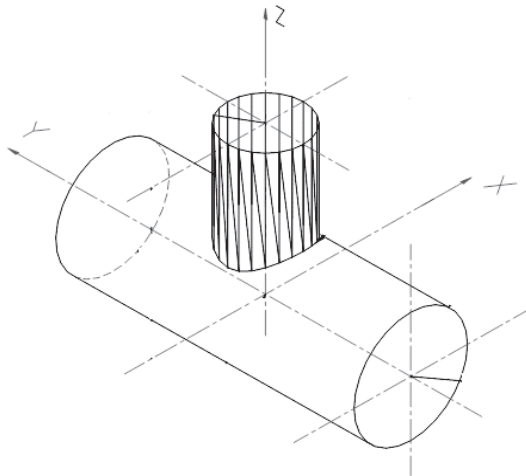


Figura 2 - Representação do TEE em 3D

A solução consiste em marcar as geratrizes do cilindro vertical, espaçadas igualmente, de modo a obter uma solução modular. Essas geratrizes interseccionam o cilindro horizontal de modo a definir os pontos de interseção entre as duas superfícies cilíndricas, resultando na linha de interseção (Fig. 3).

Conhecida a divisão executada na vista superior do cilindro vertical (Fig. 3), é possível identificar as geratrizes na vista frontal, que, no caso em análise, corresponde a geratriz entre os pontos 1 e 2.

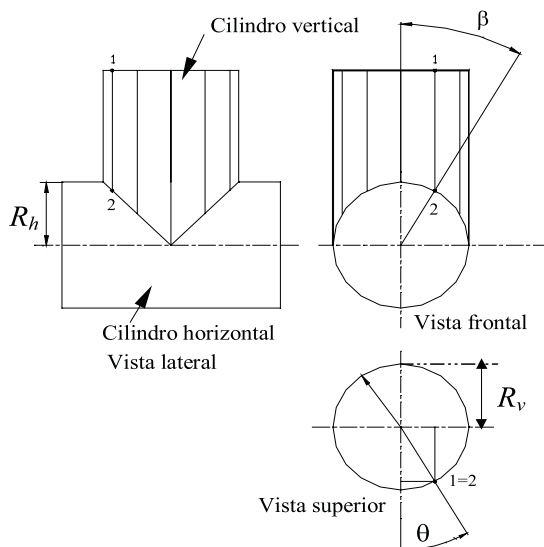


Figura 3 - Representação do TEE (vistas ortogonais)

Na vista superior tem-se a posição do ponto 1, que é definido pelo raio e pelo ângulo θ , permitindo determinar as coordenadas x e y dos pontos 1 e 2.

Definindo as coordenadas do ponto 1 como $(\overline{x_1}, \overline{y_1}, \overline{z_1})$ e do ponto 2 como $(\overline{x_2}, \overline{y_2}, \overline{z_2})$, tem-se:

$$(\overline{x_1}, \overline{y_1}, \overline{z_1}) \tag{3}$$

$$\overline{x_1} = \overline{x_2} = R_v \cdot \text{sen}\theta \tag{4}$$

onde:

θ : calculado pela equação (2);

N : número de divisões da circunferência

R_v : raio da base do cilindro vertical.

Para determinar as cotas dos respectivos pontos, tem-se:

$$\overline{z_1} = h \tag{5}$$

$$\overline{z_2} = R_h \cdot \text{cos } \beta \tag{6}$$

onde R_h : raio da base do cilindro horizontal e

$$\beta = \arcsen \left(\frac{\overline{x_1}}{R_h} \right)$$

Desse modo são determinados dois conjuntos de pontos, um que define a interseção e outro que define a base superior do cilindro vertical, onde a cada variação de θ resulta num novo valor de β .

Com a união dos pontos de índice ímpares de uma das bases com pontos consecutivos de índice pares da outra base, tais como a união dos pontos 1 e 2, (Fig. 3), obtém-se uma superfície formada por trapézios; ao se unirem vértices opostos destes obtém-se triângulos, os quais permitem a resolução da planificação. Com a união desses pontos de forma adequada, é possível efetuar a triangulação da superfície, consequentemente, a planificação e a geração da tubulação em 3D, não sendo necessário utilizar-se dos recursos de modelagem do AUTOCAD. Para a modelagem do cilindro horizontal, o processo é feito de forma semelhante.

REPRESENTAÇÃO EM 3D

A representação em 3D é feita com a utilização dos pontos definidos na modelagem e de acordo com a seqüência em que foram feitos, sendo desenhadas as linhas que representam o sólido utilizando-se dos recursos de desenho em 3D, ou seja, posicionando as referências de acordo com o 3D do AUTOCAD. Desse modo, o usuário tem uma visão tridimensional do objeto (Fig. 7).

OBTENÇÃO DA PLANIFICAÇÃO

Uma vez conhecidas as coordenadas espaciais dos pontos que definem a peça a ser planificada, a planificação da superfície lateral da peça é realizada conforme o algoritmo desenvolvido por Kripka et al. (2001), resultando, assim, uma superfície plana delimitada por segmentos de retas, que unem os pontos planificados calculados (Fig. 6, 7, 8 e 9). No caso de as bases serem circulares, quanto maior a quantidade de pontos definida no modelo 3D (nas seções) maior será a precisão da planificação.

A planificação de peças como o Y, o TEE, a curva em gomos, etc., é realizada em partes. Neste caso, para cada peça a planificação das partes deve ser realizada de acordo com a escolha de opções apresentadas pelo programa, as quais aparecem assinaladas de forma individualizada no menu de opções (Fig. 4 e 5).

CÁLCULO DO PESO DA PEÇA

De posse da planificação, da qual são conhecidos todos os pontos, é possível, com a aplicação do cálculo do determinante, calcular a área da figura fechada formada pelo conjunto de pontos que formam a superfície lateral da peça planificada. A medida da área multiplicada pela espessura da chapa utilizada fornece o valor do volume da peça.

O peso da chapa, que depois de dobrada resultará na peça, é obtido pela multiplicação do volume da peça, calculado pelo peso específico do material, ou seja:

$$peso = \frac{1}{2} \cdot e \cdot \gamma \cdot \begin{vmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ \vdots & \vdots \\ x_n & y_n \\ x_1 & y_1 \end{vmatrix} \quad (7)$$

onde:

- (x_i, y_i) : coordenadas dos vértices que unem segmentos de retas que delimitam a superfície planificada, com $i = 1, \dots, n$;
- e : espessura da chapa utilizada;
- γ : peso específico do material da chapa.

Desse modo é possível determinar o peso total dos componentes utilizados, bem como auxiliar para determinação dos custos com relação aos materiais.

GERAÇÃO DA TRAJETÓRIA DE CORTE

Com a utilização de máquinas CNC, é necessário gerar um programa no formato CN para que a máquina possa entender o contorno da peça e, então, efetuar o corte automático.

Para isso, há uma função que permite gerar um arquivo no formato CN (.txt), de modo que os dados sejam transferidos para a máquina CNC com as respectivas informações. Este arquivo é gerado automaticamente a partir do desenho obtido.

EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

Aqui são apresentados dois exemplos de peças, por meio das duas opções disponíveis.

O primeiro caso mostra a obtenção da planificação de uma peça a partir de peças disponíveis no sistema.

No menu de opções do sistema pode ser escolhida a opção TEE reto, no qual aparecem as partes específicas a serem planificadas como opções (Fig. 4).



Figura 3 - Quadro de apresentação das peças disponíveis

Uma vez escolhida a peça a ser planificada, o *software* permite especificar as dimensões da tubulação (Fig. 4 e 5).

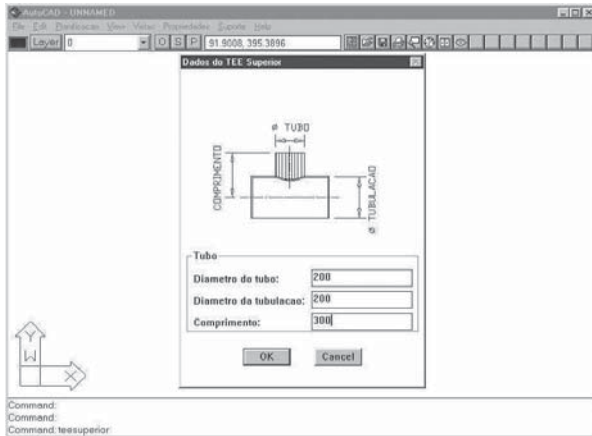


Figura 5 - Definição de parâmetros dimensionais

Como resultado da planificação da tubulação TEE parte vertical, a Figura 6 mostra a superfície planificada e a superfície com os triângulos resultantes do processo. As linhas internas podem ser eliminadas no caso de uma aplicação real.

Como resultado final, pode-se obter a tubulação em 3D, conforme a Figura 7.

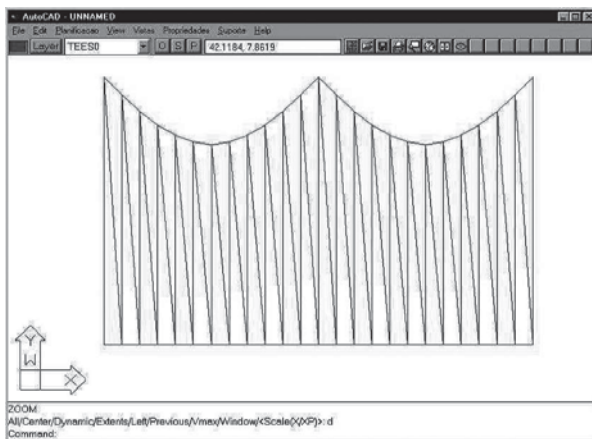


Figura 6 - Planificação do cilindro vertical do TEE

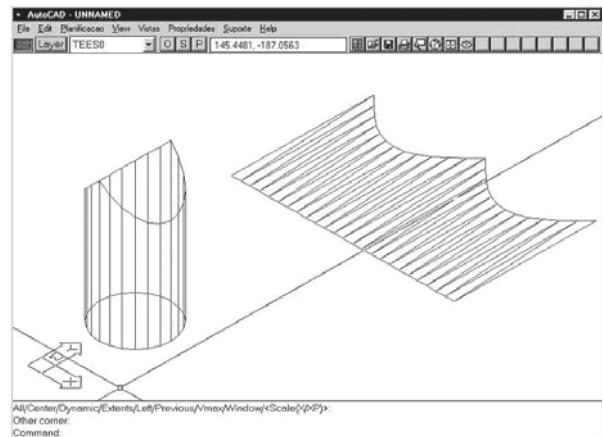


Figura 7 - Peça em 3D e a planificação (visão isométrica)

No segundo exemplo mostra-se a opção de realizar a planificação de uma peça que não está predefinida no sistema, onde se utiliza o princípio de definir, inicialmente, as posições das bases da tubulação a ser planificada. Para esta aplicação é necessário definir o diâmetro da seção superior e a respectiva posição das coordenadas do centro $(\bar{x}_c, \bar{y}_c, \bar{z}_c)$; em seguida, definir o diâmetro da seção inferior e também suas respectivas coordenadas do centro. Com esses dados o *software* pode executar a planificação. Na Figura 8 visualiza-se a tubulação em 3D.

Esta aplicação permite a execução de tubulações que não são padrões do sistema, permitindo maior flexibilidade.

Com o uso das funções disponíveis no AutoCAD é possível manusear a planificação resultante, permitindo ao usuário movê-la para efetuar análise da disposição da planificação sobre a chapa a ser recortada (Fig. 9).

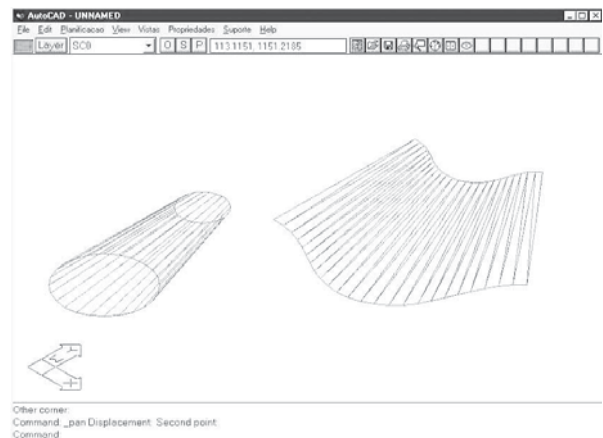


Figura 8 - Planificação e modelo 3D de uma tubulação tronco cônica oblíqua definida pelas bases (visão isométrica)

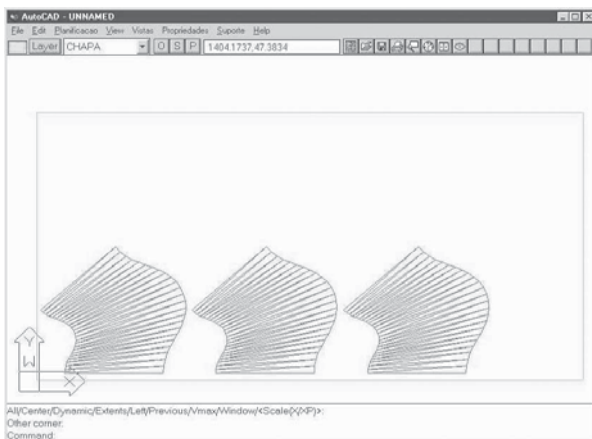


Figura 9 - Disposição para o corte

CONCLUSÕES

A utilização do método descrito no artigo no traçado automático do contorno da superfície planificada torna o processo mais rápido e preciso, se comparado ao método tradicional feito manualmente.

Os resultados apresentados mostram que o *software* “Planificação de Superfícies” permite ao usuário flexibilidade para criar formas que não estejam definidas no sistema básico, especificamente formas que representam seções de peças com interseção. Dessa forma, é possível a planificação de peças mais complexas sem a necessidade de se desenvolver novo processo de planificação. Além disso, com a utilização desta metodologia é possível obter o modelo 3D da peça, armazenar as informações e manipulá-las de acordo com a necessidade.

Outro ponto positivo com relação ao usuário é a facilidade de operar o sistema, pois, sendo a plataforma de um sistema comercial, com o qual ele já está familiarizado, torna-se muito rápido o seu aprendizado.

Do ponto de vista de ensino-aprendizagem, o presente trabalho permite vislumbrar aplicação prática de conceitos matemáticos presentes no ensino básico nos semestres iniciais dos cursos de engenharia, onde muitas vezes os alunos questionam sobre a aplicabilidade dos conceitos estudados, permitindo diminuir o distanciamento entre conceitos teóricos trabalhados em sala de aula e a resolução de problemas práticos com auxílio desses instrumentais.

Do ponto de vista prático, a utilização do aplicativo na indústria torna o processo de planificação mais eficiente e preciso, além de poder

ser realizado por usuários que não tenham necessariamente conhecimento específico de geometria descritiva, pois para gerar a superfície planificada basta que informem apenas características básicas da peça que desejam fabricar.

AGRADECIMENTOS

À Universidade de Passo Fundo, pelo apoio ao projeto de pesquisa em desenvolvimento junto ao Instituto de Ciências Exatas e Geociências e Faculdade de Engenharia e Arquitetura.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, E. C. *Curso técnico de caldeiraria*. São Paulo: Hemus, 1976.
- AUTODESK INC. *AUTOCAD Development System: programmer's reference*. Manual. USA: Auto DESK, 1992.
- BASSANEZI, R. *Ensino-aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia*. São Paulo: Contexto, 2002, 389 p.
- CALDSOFT: software comercial para planificações em caldeiraria industrial. Disponível em: <<http://www.caldsoft.com.br/cald/>>. Acesso em: 2 abr. 2003.
- CASTRO, M. M. O. *Método analítico para planificação de interseções entre superfícies cilíndricas e cônicas*. Niterói: Universidade Federal Fluminense EDUFF, 1991. v. 1 e 2.
- COOKSON, W. *New methods for sheet metal work*. Londres: The Technical Press, 1964. 227 p.
- CURY, H. N. Diretrizes curriculares para os cursos de engenharia e disciplinas matemáticas: opções metodológicas. *Revista de Ensino de Engenharia*, v. 20, n. 2, p. 1-7, dez. 2001.
- DEMO, P. *Educação e qualidade*. Campinas: Papirus, 1996.
- GIORGETTI, Marcio F. Mathematical simulation of engineering problems: on the art of formulation of mathematical models. In: FRONTIERS IN EDUCATION CONFERENCE (FIE-2001), Reno, Nevada, USA, Oct. 2001.
- KRIPKA, R. M. L.; ORO, N. T.; MAZIERO, N. L. Um processo analítico para planificação da superfície lateral de sólidos de bases circulares ou polígonos regulares. *Ciência & Engenharia*, Uberlândia, MG, v. 10, n. 1, p. 76-83, 2001.
- LOBJOIS, C. H. *Desenvolvimento de chapas*. São Paulo: Hemus, 1977. 309p.

MÜHL, V. J. L. et al. A modelagem matemática como metodologia de ensino. *Espaço Pedagógico*, Passo Fundo - RS, v. 11, n. 2, p. 81-91, 2004.

PERRY, Greg. *Programação orientada para objeto com turbo C++*. Rio de Janeiro: Berkeley, 1994.

PERTENCE, A. E.; DE MELLO JÚNIOR, L. M. L. Desenvolvimento de um programa didático para cálculo automatizado do processo de planificação de superfícies. *Revista de Ensino de Engenharia*, v. 19, n. 1, p. 11-17, 2000.

RAJ, S. V. P. Evolution of generic mathematical models and algorithms for the surface development and manufacture of complex ducts. *Journal of Engineering for Industry, ASME*, v. 117, p. 177-185, maio 1995.

PINTO, N. B.; SOARES, M. T. C. Metodologia da resolução de problemas. In: *REUNIÃO ANUAL DA ANPED*, 24. Caxambú - MG, 2001. *Anais...*

DADOS DOS AUTORES



Rosana Maria Luvezute Kripka

Possui graduação em Matemática com ênfase em Computação pela Universidade de São Paulo - São Carlos (1992) e mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional pela Universidade de São Paulo - São Carlos (1995). Atualmente é Professor Adjunto II da Universidade de Passo Fundo. Recebeu prêmio pelo segundo melhor trabalho apresentado oralmente no Cobenge 2006. Tem experiência na área de Matemática Aplicada, atuando com projetos em modelagem matemática e otimização. Trabalha também com projeto de ensino-aprendizagem, envolvendo lógica matemática.



Neuza Terezinha Oro

Possui graduação em Matemática pela Universidade de Passo Fundo (1987) e mestrado em Matemática pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (1997). Atualmente é Professor Titular I da Universidade de Passo Fundo. Tem experiência na área de matemática aplicada, atuando com projetos em modelagem matemática e otimização. Trabalha também com projeto de ensino-aprendizagem, envolvendo lógica matemática.



Nilson Luiz Maziero

Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade de Passo Fundo (1982), especialização em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina (1986) e doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Catarina (1998). Atualmente é Professor Titular III da Universidade de Passo Fundo. Tem experiência na área de engenharia mecânica, com ênfase em processos de fabricação.