

## UM SISTEMA PARA RECONHECIMENTO DE FORMAS CARACTERISTICAS EM OBJETOS COM SIMETRIA AXIAL

**Autores:** Amarilis Megale

Ingrid G. R. de Camargo

Flavius P. R. Martins

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

---

### 1. INTRODUÇÃO

A aplicação de modelagem geométrica na elaboração de ferramentas de auxílio à Engenharia possibilitou o desenvolvimento de sistemas CAD 2-D e 2 1/2 D que têm dado uma forte contribuição ao aumento da produtividade e da qualidade dos projetos de Engenharia.

A utilização de elementos puramente geométricos na representação de objetos, característica fundamental dos sistemas acima mencionados, não é adequada, contudo, ao tratamento de problemas que operam com informações derivadas da topologia dos objetos. A integração de sistemas CAD-CAM por meio de um sistema de planejamento automático de processos é um desses problemas: sua abordagem requer o emprego de técnicas de modelamento de sólidos.

O planejamento de processos consiste, em linhas gerais, de um conjunto de procedimentos que descrevem o processo de fabricação de um dispositivo. Esse trabalho considerará apenas o processo de fabricação por usinagem, que envolve uma sequência de operações de corte, realizadas em uma ou mais máquinas-ferramenta, removendo material de uma peça em bruto para a obtenção da forma final desejada.

A especificação das fases de usinagem necessárias à produção da peça é realizada a partir de considerações bastante variadas, como: formas das cavidades, dimensões, material utilizado, rigidez da peça, tolerâncias requeridas, acabamentos superficiais, número de peças a serem produzidas, características tecnológicas das máquinas-ferramenta disponíveis, etc.

O elo de ligação convencional entre projeto e manufatura é o planejador de processos, profissional que interpreta os desenhos de

Engenharia segundo os aspectos já mencionados, e produz uma planilha contendo a descrição do processo de fabricação da peça.

Assim sendo, enquanto as bases de dados geradas pelos modeladores de sólidos descrevem o objeto por meio de entidades geométricas (faces, arestas e vértices na representação B-Rep, ou volumes elementares, na representação CSG) e informações topológicas (grafos de adjacência, na representação B-Rep ou operações booleanas, na representação CSG), o planejamento de processos é feito em um nível conceitual mais elevado. Nele opera-se com "formas elementares características", constituídas por grupos de entidades utilizadas na representação do objeto. Assim, por exemplo, furos, ranhuras, canais e rebaixos são algumas das formas elementares que podem ser empregadas na descrição de um dispositivo mecânico.

Para que se venha a automatizar plenamente as fases de projeto e fabricação de componentes mecânicos é necessário o desenvolvimento de uma interface capaz de, a partir da representação gerada por um modelador de sólidos, reconhecer e extrair as formas elementares características. Dessa maneira o objeto é descrito segundo uma linguagem passível de ser utilizada em um sistema especialista em planejamento de processos.

## 2. ESTRATÉGIAS DE RECONHECIMENTO DE FORMAS CARACTERÍSTICAS

Para o reconhecimento das formas elementares características empregam-se diferentes estratégias que dependem, naturalmente, da forma de representação utilizada na descrição do objeto.

Tem-se observado que a representação CSG oferece consideráveis dificuldades para a extração dessas formas características. Essa constatação tem levado muitos pesquisadores (1) a sugerirem, inclusive, que a melhor forma de se resolver esse problema via representação CSG consiste em converter a base de dados CSG do sólido para uma base B-Rep equivalente. Apesar disso, muitas tentativas têm sido feitas com a representação CSG.

Woo (2), em 1982, apresentou um método baseado no uso de envoltórias convexas, através do qual a peça é descrita na "forma normal disjuntiva", ou seja, constituída por um volume inicial positivo do qual se subtraem volumes menores, correspondentes às cavidades a serem produzidas durante o processo de usinagem. Essa

técnica, no entanto, pode conduzir a situações em que a decomposição fica incompleta, fato que ocorre quando se opera sobre formas mais complexas (1).

A base de dados CSG também foi utilizada para a extração de formas características no "Advanced Numerical Control Project", (CAM-I) (3). Nesse projeto, a estratégia adotada consistiu em se efetuar a diferença booleana entre a peça inicial em bruto e a peça final a ser produzida. O objeto resultante, representando o material a ser retirado, é então decomposto (partindo da superfície correspondente à peça em bruto e dirigindo-se para a superfície correspondente à peça acabada) em volumes elementares associados a processos de usinagem apropriados; as características geométricas desses volumes são localizadas em uma biblioteca de elementos-padrão.

O número de sistemas para reconhecimento de formas características a partir de uma base B-Rep é bem maior, o que, de certa forma, é um indicador da adaptabilidade desse método de representação ao problema em análise.

Kyprianou (4), em 1980, apresentou algoritmos que se baseiam na concavidade ou convexidade de contornos fechados para, assim, localizar cavidades e protuberâncias.

Staley, Henderson e Anderson (5) desenvolveram um sistema para reconhecimento de furos em objetos produzidos pelo modelador Romulus. Nesse sistema, grupos sequenciais de arestas são descritas segundo uma gramática que utiliza como primitivas básicas segmentos de reta unitários e orientados. A partir da análise dos grupos de primitivas produzidas, identificam-se e classificam-se os diversos tipos de furo.

S. Joshi e T.C. Chang (6) utilizam uma descrição B-Rep do objeto na forma de um grafo de adjacências com atributos. Nesses grafos os nós representam as faces e os arcos entre os nós representam as arestas de fronteira entre as respectivas faces. Um arco recebe o atributo 0 se representa uma aresta côncava, e 1 se convexa. A partir do grafo do objeto completo, buscam-se sub-grafos representativos de furos, ranhuras e "pockets" (cavidades com uma única face de abertura), utilizando-se, para tanto, heurísticas que possibilitam a separação do grafo original em diversos sub-grafos.

O sistema denominado "Features", desenvolvido por Henderson e Anderson (7), reconhece furos, ranhuras e "pockets", utilizando programação lógica. Através de regras que se valem dos conceitos de adjacências entre faces, tipo das faces (planas ou cilíndricas), direção normal e número de contornos internos, são reconhecidos e, posteriormente armazenados em um grafo de características, as formas anteriormente mencionadas.

### 3.UM SISTEMA PARA PLANEJAMENTO DE PROCESSOS DE USINAGEM

O IPT vem desenvolvendo um Sistema Para Planejamento automático de Processos de Usinagem em torno (SEPPU) (fig 1) Esse sistema, que visa à integração das fases de projeto e fabricação, é constituído por um modelador geométrico B-Rep, um "tradutor", que reconhece formas características, e um sistema especialista que utiliza regras de produção para representar o conhecimento do especialista em planejamento de processos.

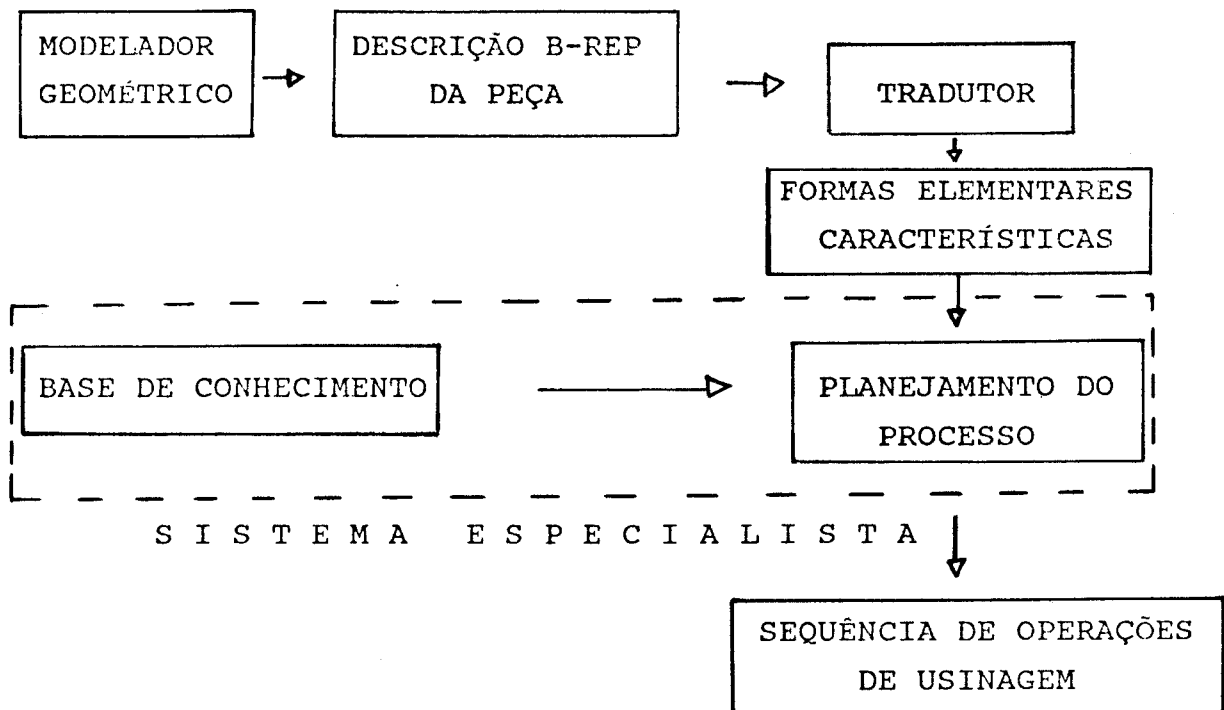


Fig.1:Sistema Para Planejamento automático de Processos de Usinagem

No próximo item serão apresentados os aspectos essenciais do "tradutor" (subsistema de reconhecimento).

#### 4.SUB-SISTEMA DE RECONHECIMENTO

O tradutor produz, a partir da descrição B-Rep de uma peça com simetria axial (utilizando grafo de adjacências de arestas do tipo "winged"), um conjunto de formas características que serão usadas pelo sistema especialista. Além das faces (planas, cilíndricas e cônicas) a serem produzidas, que coincidem com as faces originais do modelo geométrico, 4 formas elementares são identificadas: furos, anéis, canais e discos (fig.2).

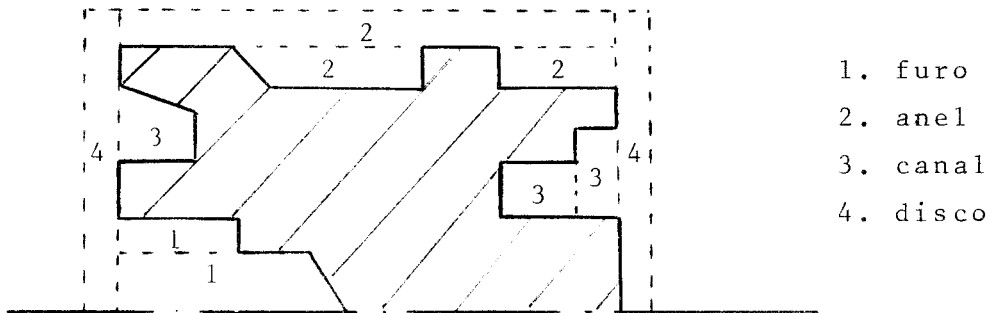


Fig.2: Formas características

A geração dessas informações realiza-se em duas fases.

Na primeira fase as faces cilíndricas e cônicas são submetidas a um processo de classificação que considera relações de continência entre faces, concavidades de faces e arestas e adjacência entre faces.

As faces podem ser classificadas em:

- Externa: Se não fôr contida por nenhuma outra face.
- Elemento de Furo: Se fôr côncava e, além disso, não contiver outras faces.
- Elemento de Canal: Se não fôr nem externa nem elemento de furo.
- Extremidade de Canal: Se fôr elemento de canal e mantiver a maior distância da face de abertura do mesmo encadeamento de canais.

No caso de uma face ser parcialmente encoberta por outra, conforme se observa no exemplo da figura 3, a face é dividida em duas novas faces que, a seguir, são classificadas separadamente.

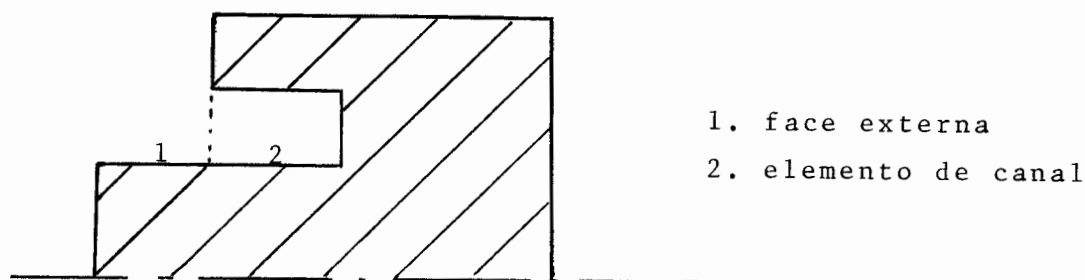


Fig.3: Face parcialmente encoberta.

Estando classificadas as faces cilíndricas e cônicas, procede-se à classificação das faces planas, que se faz a partir das informações geradas pela classificação anterior. Assim, por exemplo, se uma face plana fôr adjacente a pelo menos uma face externa, ela é classificada como externa.

Um exemplo do resultado da classificação de faces pode ser observado na figura 4.

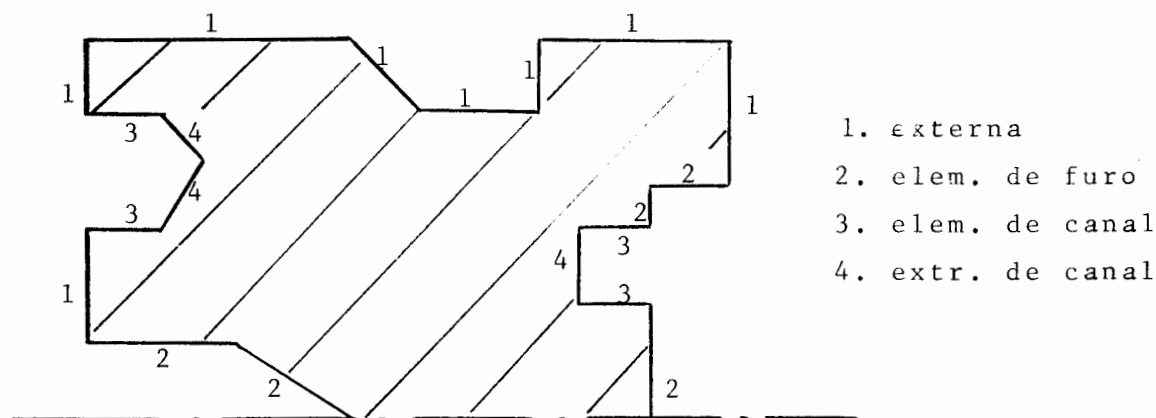


Fig.4: Classificação das faces.

Concluída a classificação das faces, tem início o processo de reconhecimento propriamente dito das formas elementares características.

Localizam-se inicialmente os canais, uma vez que esses apresentam uma forte característica identificadora: não possuem em seu interior nenhum elemento que não seja também canal. O reconhecimento é feito a partir das faces denominadas "extremidade de canal", que constituem a base de qualquer encadeamento de canais, conforme se pode observar na figura 5.

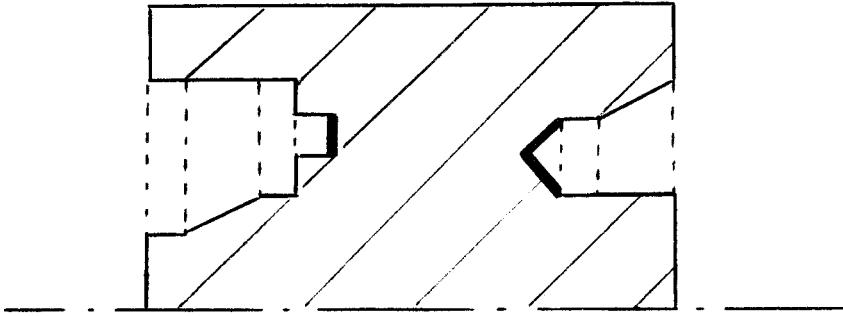


Fig.5: Encadeamento de Canais.

Dessa forma, para cada face plana do tipo "extremidade de canal", ou para cada par de faces cônicas adjacentes desse mesmo tipo, tem início um procedimento recursivo de reconhecimento que identifica todos os canais. Esse procedimento pode ser descrito através do seguinte diagrama B-N:

```

<CANAL ENCADEADO>:= <CANAL BASE> <CANAL INTERMEDIARIO> !
                        <CANAL BASE>

<CANAL BASE>:= <FACE DE BASE> <FACES LATERAIS>
<FACE DE BASE>:= <FACE NULA> ! <FACE PLANA> !
                        <CONJUNTO DE FACES PLANAS>
<FACE NULA>:= intersecção de duas faces "extremidade de
canal".
<CONJUNTO DE FACES PLANAS>:= conjunto de faces pertencentes
ao mesmo plano separadas por regiões vazias.
<FACES LATERAIS>:= conjunto de faces cilíndricas ou cônicas.
<CANAL INTERMEDIARIO>:= <CANAL BASE> <CANAL INTERMEDIARIO> !
                        <CANAL BASE>
  
```

Após a localização dos canais, procede-se à identificação dos furos e anéis, adotando-se estratégia análoga à anterior. No caso de haver combinação desses elementos com canais (fig. 6), como eles já foram previamente reconhecidos são, então, ignorados; assim, o reconhecimento prossegue como se houvesse faces virtuais nas faces de abertura desses canais.

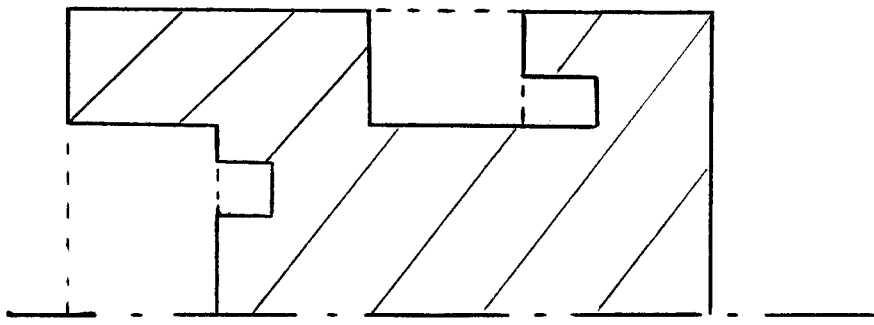


Fig.6: Furo e anel combinados com canal.

Finalmente são criados os discos a partir das superfícies de referência definidas pela peça em bruto (fig.7).

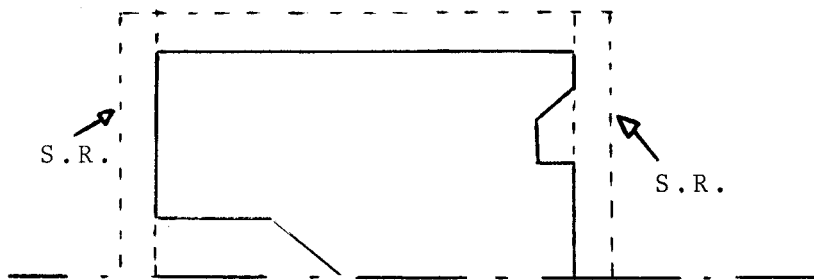


Fig.7: Reconhecimento dos discos.

## 5. CONCLUSÕES

Um aspecto fundamental que se observa no tradutor apresentado no item anterior é que, diferentemente dos demais sistemas de reconhecimento de formas características que partem de uma base de dados B-Rep, ele não se defronta com o problema de "interação de duas formas elementares características" (6) motivada pela partilha de um determinado número de arestas ou faces entre duas dessas formas. Isso se deve à introdução do conceito de "face parcialmente encoberta" que promove a divisão da mesma em duas faces e a criação de uma aresta de fronteira entre ambas. Dessa forma eliminam-se muitas dificuldades, e o problema de reconhecimento fica restrito à identificação apenas de formas características isoladas e encadeadas.

Um protótipo do SEPPU foi implementado no IPT, em convênio com a SID Informática, no âmbito do projeto ESTRÁ. Tanto o modelador geométrico como o tradutor foram desenvolvidos em linguagem C. O sistema especialista, com cerca de 108 regras, foi escrito em



O protótipo tem sido submetido a testes variados e os resultados até então obtidos têm-se mostrado bastante promissores.

-----

#### BIBLIOGRAFIA

- (1)Woodwark,J.R. "Some speculations on feature recognition".  
Computer-Aided Design. 20(4):189-196, 1988.
- (2)Woo,T.C.H. "Feature extraction by volume decomposition".  
Proc. MIT Conf. CAD/CAM, Tech. Mech. Eng. 76-94, 1982.
- (3)Pratt,M.J. "Solid modelling and the interface between  
design and manufacture". IEEE Computer Graphics and  
Applications. 4(7):52-59, 1984.
- (4)Kyprianou,L.K. "Shape classification in computer-aided  
design". PhD thesis, Cambridge University, 1980.
- (5)Staley,S.M; Henderson,M.R.; Anderson,D.C. "Using  
syntactic pattern recognition to extract feature  
information from a solid geometric data base".  
Computers in Mechanical Engineering. Sept:61-66,1983.
- (6)Joshi,S.; Chang,T.C.. "Graph-based heuristics for  
recognition of machined features from a 3D solid model"  
Computer-Aided Design. 20(2):58-66, 1988.
- (7)Henderson,M.R.; Anderson,D.C. "Computer recognition and  
extraction: a CAD/CAM link". Computers in Industry.  
5():329-339, 1984.