

**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROJETO E PROCESSOS DE
FABRICAÇÃO - MESTRADO PROFISSIONAL**

**SISTEMATIZAÇÃO DE PLANOS DE PROCESSOS COM AUXÍLIO
DE BANCOS DE DADOS**

Nilson da Luz Freire

**Dissertação para obtenção do Título de
Mestre em Projeto e Processos de Fabricação**

Passo Fundo, dezembro, 2013

SISTEMATIZAÇÃO DE PLANOS DE PROCESSOS COM AUXÍLIO DE BANCOS DE DADOS

Nilson da Luz Freire

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, da Faculdade de Engenharia e Arquitetura, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de

Mestre em Projeto e Processos de Fabricação

Orientador: Prof. Dr. Luiz Airton Consalter

Comissão de Avaliação: (na versão apresentada à banca) ou Aprovada por: (na versão final)

Banca examinadora

Prof. Dr. João Carlos Espíndola Ferreira

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Nilson Luiz Maziero

Universidade de Passo Fundo

Prof. Dr. José Antonio Portella

Universidade de Passo Fundo

Prof. Dr. Charles Leonardo Israel
Coordenador do ppgPPF

Passo Fundo, dezembro, 2013

“A competitividade de um país não começa nas indústrias ou nos laboratórios de engenharia. Ela começa na sala de aula”.

(Lee Iacocca)

AGRADECIMENTOS

Em especial ao meu orientador, prof. Dr. Luiz Airton Consalter, por todo seu incentivo, sua orientação e dedicação e por acreditar em nosso trabalho. Agradeço, ainda, pela oportunidade de crescimento profissional e pessoal que me proporcionou por meio de seus ensinamentos.

Ao prof. Dr. Charles Leonardo Israel, pelo incentivo e apoio durante a graduação de Engenharia Mecânica e este mestrado.

Ao prof. Dr. Nilson Maziero, pelo incentivo, apoio e pela orientação durante toda esta caminhada na Universidade de Passo Fundo, desde o curso de Matemática – Licenciatura Plena e Engenharia Mecânica até esta etapa que ora concluo.

Ao Departamento de Engenharia Mecânica, em especial à coordenação do mestrado, pelo apoio e pelas oportunidades.

À minha esposa Liziane, por ser tão importante na minha vida, estando sempre ao meu lado, pondo-me para cima e fazendo-me acreditar que posso mais que imagino. Graças ao seu companheirismo, à sua paciência e compreensão, este trabalho pôde ser concretizado.

A todas as pessoas que, de alguma forma, acompanharam e contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma metodologia sistemática de planejamento de processos com auxílio de bancos de dados, aplicável para componentes de diferentes concepções ou setores de aplicação, observando atentamente: os recursos tecnológicos, as atividades de planejamento de processo e as características produtivas comuns durante os processos de fabricação. Todos esses componentes sempre necessitam de equipamento para realizar o processo de fabricação, de dispositivo de fixação para fixar a matéria-prima, além de ferramenta para executar a operação. A metodologia contempla o desenvolvimento de um modelo composto por três módulos, que representam o método para a geração de plano de processo, constituído por operações elementares geradas e armazenadas em bancos de dados compilados para disponibilizar as informações necessárias à criação das folhas de processos. Esses bancos de dados pertencem a uma rede que contempla uma estrutura hierárquica. Tal modelo é informatizado com o desenvolvimento de um aplicativo no banco de dados ACCESS[®], capaz de armazenar os diferentes tipos de informações, inclusive as desenvolvidas em prol de cada operação global. As estruturas hierárquicas dos bancos de dados correspondem, sucessivamente, aos procedimentos de fabricação, aos recursos produtivos, aos componentes e aos dados auxiliares, que permitem a elaboração das operações elementares compiladas em um único banco de dados. Sua validação é dada quando são escolhidos alguns componentes de setores de fabricação diferentes, visando a comprovar que o plano de processos pode ser utilizado para a fabricação de diversos componentes.

Palavras-chave: Processos de fabricação. Planejamento de processos. Sistematização. CAPP.

ABSTRACT

This work presents a systematic methodology for the planning of database-aided processes applicable to either components of different conceptions or application sectors, looking closely to the following: technological resources, process planning activities, and the productive features in common during the manufacturing processes. All of these components always require equipment to perform the manufacturing process, of fixing device to set raw material, and tools to execute the operation. The methodology comprehends the development of a model made by three modules, which represent the method to create the process plan consisting of basic operations created and stored in compiled databases, displaying information required to the creation of process sheets. These databases belong to a network with a hierarchical structure. Such model is computerized with the development of an ACCESS™ application able to store the different types of information, including the ones developed in favor of each global operation. The hierarchical structures of databases successively correspond to the manufacturing procedures, the productive resources, the components, and the accessory data, which allow the elaboration of basic operations compiled in one single database. Its validation is given when some components from different manufacturing sectors are chosen, aiming to prove that process planning may be used to manufacture several components.

Keywords: Manufacturing processes. Process planning. Systematization. CAPP.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Problema.....	2
1.2 Justificativa.....	2
1.3 Objetivo geral	3
1.4 Estrutura da dissertação	3
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 Planejamento de processos	5
2.2 Plano de processos de usinagem.....	9
2.3 Análise de desenho da peça	13
2.4 Planejamento Assistido por Computador (CAPP)	15
2.5 Programa Access e seus principais recursos.....	15
2.6 Instrumentos de medição	17
2.7 Tempo padrão	18
3 MODELO	19
3.1 Módulos para a formação do plano de processos.....	19
4 DESENVOLVIMENTO.....	27
4.1 Geração das grandezas.....	29
4.2 Compilação de dados.....	31
4.3 Elaboração da folha de processos	33
5 VALIDAÇÕES DA METODOLOGIA	38
5.1 Aplicação	39
5.2 Validação	40
5.3 Validação do modelo	42
6 CONCLUSÃO.....	47
REFERÊNCIAS	50
APÊNDICES	53

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Os três módulos da metodologia proposta.....	19
Figura 2 - Rede de estruturas hierárquicas para o desenvolvimento de operações	24
Figura 3 - Relatório auxiliar de apoio aos lançamentos de dados	28
Figura 4 - Geração das grandezas elementares.....	30
Figura 5 - Dados compilados no aplicativo	32
Figura 6 - Compilação de dados	32
Figura 7 - Elaboração da folha de processos.	33
Figura 8 - Folha de rosto do plano de processos	34
Figura 9 - Corpo do plano de processo.....	35
Figura 10 - Extrato de um plano de processos.....	37
Figura 11 - Identificação dos recursos produtivos.....	39
Figura 12 - Aplicações da metodologia.....	41
Figura 13 - Folhas de processos do componente “B”	45
Figura 14 - Rede de estruturas hierárquicas para a OE – 01.01.01.01	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Esboço de um roteamento de processo.....	10
Tabela 2 - Esboço de um plano de operações.....	10
Tabela 3 - Roteamento de usinagem para superfícies cilíndricas externas	12
Tabela 4 - Sobrematerial para o torneamento de superfícies cilíndricas externas.....	13
Tabela 5 - Notações utilizadas e respectivas descrições.....	22
Tabela 6 - Relação dos componentes para fabricação em função dos equipamentos	36

LISTA DE ABREVIATURAS

CP	Componente
DF	Dispositivo de fixação
Ea	Erro aleatório
EQ	Equipamento
Es	Erro sistemático
Et	Erro total máximo do equipamento
EPC	Cadeia de processos dirigida por eventos
FE	Ferramenta
FP	Folha de processos
GP	Grupo das peças
GRP	Grupo dos recursos produtivos
GPF	Grupo dos procedimentos de fabricação
MTPP	Metodologia do plano de processos
MTTP	Metodologia do tempo padrão
MP	Matéria-prima
OE	Operação elementar
OG	Operação global
PE	Processo elementar de fabricação
PF	Processo de fabricação
PG	Processo global de fabricação
PP	Plano de processo
SF	Suporte de ferramenta (porta-ferramentas)
UPF	Universidade de Passo Fundo

1 INTRODUÇÃO

A busca constante pela automatização do planejamento de processos é fundamental para a gestão da fabricação de pequenos lotes de componentes com tempo reduzido de produção e para exatidão das atividades de projeto e manufatura. Atualmente, faz-se necessário conhecer a rota de fabricação dos componentes, independentemente de seu setor de fabricação, seja no processo de conformação de uma chapa de aço, seja no processo de corte de um tecido, entre outros.

O acompanhamento possibilita o ganho no custo de produção, o qual está diretamente ligado à melhor utilização dos recursos produtivos disponíveis, com o menor tempo de produção, o que vem ao encontro da realidade de mercado. Pelo fato de todos os componentes terem necessidades de fabricação semelhantes, para a realização de seus processos, é possível utilizar o mesmo modelo de plano de processo, de forma padronizada. Afinal, a fabricação de um componente sempre implica a utilização de um equipamento para executar o processo de fabricação, também, de um dispositivo de fixação para fixar a matéria-prima, de algum tipo de ferramenta para executar a operação de um porta-ferramentas para fixá-las. Enfim, com base nessas características em comum entre os mais diversos componentes, é possível elaborar um plano de processo padrão, que possui todos os dados necessários para um plano de processo particular.

A metodologia proposta constitui um instrumento de trabalho padronizado e informatizado para a elaboração desses planos de processos, a ser aplicada a qualquer componente, com base no planejamento de processos em consenso com as atividades de manufatura. Essa proposta implica a estruturação da hierarquia dos procedimentos de fabricação, dos recursos produtivos e dos componentes envolvidos, que passam por módulos de transformação para a efetivação das operações, objetivando a sequência de fabricação para a produção de componentes.

O plano de processo confirma-se em um documento em forma de arquivo para *download* ou impressão, com base em bancos de dados confiáveis, transcrevendo todas as informações necessárias para a fabricação de componentes e informações auxiliares ao sistema de manufatura e à sua aplicação para todo o *Lead-time* de fabricação.

1.1 Problema

Atualmente, algumas empresas têm os seus próprios modelos de plano de processos estabelecidos, sendo estes restritos a alguns processos de fabricação, em grande parte, apenas para o processo de usinagem convencional. Isso traz com consequência a falta de um plano de processo aplicável a qualquer componente, independentemente do processo de fabricação necessário para fabricá-lo, e também a falta de banco de dados para garantir a sua compilação, pois cada lote produzido é fabricado de maneira e em condições diferentes. Sendo assim, os dados são perdidos.

1.2 Justificativa

A inserção na temática “elaboração de planos de processos” emergiu da necessidade de entender a realidade dos processos de fabricação acerca dos problemas e das dificuldades enfrentadas, como, por exemplo: a falta de informação para o desenvolvimento do plano de processo; a falta de padronização entre os lotes do mesmo componente, quando fabricados, já que a cada fabricação são utilizados padrões diferentes; a falta de banco de dados para garantir o cadastro das informações preconizadas no plano de processos. Nessa perspectiva, pode-se observar, empiricamente, que tais dificuldades e problemas são relevantes ao desenvolvimento tecnológico atual. Portanto, faz-se necessário compreender as situações anteriormente descritas com vistas a desenvolver uma metodologia.

Considerando que os planos de processos usuais dos componentes metalmecânicos são semelhantes a quaisquer outros componentes, pode-se criar uma metodologia informatizada que resulte em alguns ganhos e vantagens: a padronização dos planos de processos; a diminuição do erro humano durante a elaboração do plano de processo; o uso correto da nomenclatura dos processos e operações; o histórico de fabricação; a preservação dos segredos industriais de fabricação; conhecimento da capacidade e eficiência dos recursos produtivos.

Dessa forma, a metodologia proposta visa à criação de um aplicativo capaz de executá-la, para que se possa usufruir de um sistema interativo e de ajuda para desenvolver e atualizar planos de processos que permitam armazenar os dados relevantes às operações realizadas, garantindo a confirmação dos ganhos e das vantagens citados.

1.3 Objetivo geral

O objetivo geral deste trabalho é propiciar ao processista visões objetivas dos processos e das operações de fabricação, a partir do desenvolvimento de uma metodologia que não apenas padronize esses procedimentos durante a rota de fabricação como também gere dados compatíveis com as realidades de fabricação, em prol do plano de processos, o qual contempla a confiabilidade e a padronização dos dados, para garantir a geração de históricos de fabricação, aplicáveis a qualquer componente e operação.

Objetivos específicos

- Criar uma rede de estrutura hierárquica que contemple os procedimentos de fabricação, os recursos produtivos e as peças;
- criar um aplicativo com essa rede de estruturas hierárquicas;
- criar um sistema interativo e de fácil utilização;
- Gerar no final da folha de processo um resumo das operações conforme os equipamentos, para serem agrupados com outros resumos que fazem parte da mesma ordem de fabricação¹;
- criar bancos de dados que disponibilizem suas informações aos outros setores da empresa;
- criar um banco de dados compilados das grandezas geradas (operações);
- garantir no aplicativo o registro da rota completa da fabricação de componentes, inclusive das operações terceirizadas;
- considerar no aplicativo as características de cada operação global;
- criar um sistema de ajuda para auxiliar na elaboração de novos planos de processos.

1.4 Estrutura da dissertação

Após a introdução, o trabalho é constituído pelo capítulo 2, reunindo uma revisão bibliográfica sobre o assunto, onde são resumidas as contribuições mais importantes. O capítulo 3 destaca as informações relevantes acerca dos grupos de banco de dados, que conferem importância aos procedimentos de fabricação, aos recursos tecnológicos e aos tipos de componentes. O capítulo 4 descreve os módulos complementares que contemplam a

¹ Ordem de fabricação: é a solicitação de fabricação de determinado componente ou produto.

formação da metodologia, desde a geração das grandezas elementares e sua compilação até a geração das folhas de processos, enquanto a validação da metodologia é exposta no capítulo 5. As conclusões são apresentadas no capítulo 6.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Planejamento de processos

O planejamento do processo pode ser entendido como um procedimento de determinação dos métodos e da sequência de fabricação para produção de componentes, de acordo com as especificações do projeto (BATOCCHIO, 1992). Existem várias etapas a serem desenvolvidas no planejamento de processos: **etapa de seleção** – das matérias-primas, dos processos de fabricação, dos processos elementares de fabricação, das operações, das operações elementares, dos equipamentos, dos porta-ferramentas, das ferramentas e dos dispositivos de fixação; **sequenciamento** – das operações elementares de uma operação pertencente a determinado processo elementar de fabricação; **determinação de instrumentos de inspeção** – das dimensões intermediárias, das tolerâncias de produção, dos tempos ativos e passivos e edição das folhas de processos. Além disso, a partir do planejamento do processo, pode-se dimensionar a capacidade de produção da empresa. Adicionalmente, Ssemakula e Rabgachar (1989) apresentam uma visão geral dos principais tipos de sistemas de planejamento de processos informatizados e propõem uma abordagem para a otimização sequencial do processo usando inteligência artificial. Esses autores realizam uma revisão dos vários sistemas de planejamento de processos tanto variante quanto generativo, onde mostram os fatores importantes que influenciam uma sequência particular, entre os quais, a geometria da peça e as máquinas disponíveis. As técnicas de inteligência artificial ajudam a desenvolver um sistema de planejamento de processos capaz de gerar planos de processos com sequência otimizada, como, por exemplo, o sistema de planejamento de processo aplicável a peças rotacionais, proposto por Kayacan et al. (1996). Neste, utiliza-se um módulo no qual, após seu reconhecimento, as operações de usinagem são determinadas e as ferramentas de corte são selecionadas, assim como os programas de usinagem são automaticamente gerados no padrão ISO, com base nas especificações do equipamento.

Conforme Rezende (1996), existem dois tipos de planejamento de processos, do tipo *on-line* e do tipo *off-line*, de acordo com o nível de integração entre as atividades do ciclo produtivo da fábrica. O planejamento de processos *on-line* ocorre quando as atividades de fabricação podem ser realizadas em tempo real, onde todo o plano é gerado em razão de recursos disponíveis no momento. Por sua vez, os planejamentos de processos gerados com antecedência podem representar um planejamento de processos do tipo *off-line*, porque esses

recursos selecionados anteriormente podem não estar disponíveis no momento da execução das operações. Nesse caso, é comum a seleção de recursos alternativos, que poderão ser utilizados na execução das operações se os recursos principais não estiverem disponíveis, gerando, assim, os planos *on-line*. No entanto, Batocchio (1992) destaca a importância de adotar um sistema informatizado para auxiliar o planejamento dos Planos de Processos, o que garante a preservação dos dados abordados e a sua utilização na elaboração de novos Planos de Processos:

[...] A existência do planejamento do processo, feito de forma tradicional, permite num primeiro momento ganhos para a empresa, mas com o passar do tempo, ter-se-á perdas que aparentemente não podem ser visualizadas facilmente. A adoção de algum sistema automatizado em nível de planejamento de processo pode permitir ganhos na elaboração de novos roteiros de fabricação [...] (BATOCCHIO, 1992, p. 29).

Em prol da qualidade de novos roteiros, durante seu desenvolvimento, pode-se extrair o conhecimento a partir de um conjunto de planos de processos (SREERAMLU; RAO, 2011). Tal conjunto possibilita a geração de conhecimento através de uma metodologia, a qual explora os padrões de dados gerados por esses planos de processos, que confirmam o interesse dos autores em desenvolver essa metodologia, onde as soluções de um algoritmo genético para o planejamento do processo consistem: na sequência de operações; na máquina em que cada operação é realizada: no sentido e no deslocamento da ferramenta. Entre essas soluções, podem existir relações semelhantes, quanto à característica da operação e à ordem sequencial. O *software* que confirma essa metodologia é chamado de “See5”

Esse *software* foi usado para explorar a relação entre uma sequência de operações e um conjunto de regras que servem para prever as posições das operações em relação à sequência do planejamento de processo, as quais são alternativas de uso de técnicas de extração de dados para tratar o problema de processo de planejamento.

Os aspectos econômicos do planejamento do processo estão relacionados com a escolha de uma máquina ferramenta, como afirmam Wang e Li (1991). Nesse sentido, existem três fatores relacionados ao planejamento do processo:

- **a capacidade e o tamanho da peça**, que contribuem na escolha de uma máquina, pois o equipamento deve ter dispositivos de fixação para fixar o componente com uma ou mais possibilidades de fixação, registrando-se que as direções e distâncias percorridas pela ferramenta também podem assegurar a usinagem das superfícies das peças. Todavia, esse fator possui uma série de possíveis estratégias para a especificação das

características geométricas de uma peça a ser fabricada, usando tradicionais processos de remoção de metal (BANDYOPADHYAY et al., 1986). Essas especificações caracterizam uma peça a ser fabricada em termos qualitativos e quantitativos, condições para que seja formulada uma série de regras para o planejamento dos processos;

- **a resistência e a potência** que o equipamento disponibiliza, pois um equipamento deve atender às forças e à potência requeridas para as operações elementares;
- **tempo de produção**, que é a soma dos tempos de preparo, do tempo operador, do tempo máquina e do tempo perdido.

Segundo Balaban e Braha (1998), o planejamento de processo é uma atividade dentro de um sistema de manufatura que seleciona a sequência de operação e de produção de processos necessários para converter uma peça, de uma forma para outra. Aplica-se, para tanto, o uso da lógica chamada de temporal para o processo de planejamento e discussão, a qual consiste no conhecimento temporário, pois a abordagem formal para a integração do processo de planejamento e processamento dessa lógica temporal é insuficiente, por ser restrita a algumas situações no processo de quantificar situações reais.

Kiritsis (1995) busca na literatura e em um questionário a resposta ao planejamento do processo, com base em um sistema especialista fundamentado no conhecimento para o planejamento relacionado aos problemas de processos. Entretanto, é usual a análise dos problemas vinculados ao processar sistemas de planejamento em geral e a abordagem de sistema especialista baseado em conhecimento. No entanto, o autor afirma que o conhecimento abalizado em heurística pode proporcionar os meios de chegada aos sistemas de planejamento de processos inteligentes, capazes de trabalhar juntamente com CAD e sistemas de planejamento de produção.

A maioria dos sistemas de avaliação são protótipos dedicados a tipos específicos de peças, abrangendo funções de planejamento do processo, e somente alguns podem ser considerados como sistemas completos de planejamento.

O EXCAP (KALTA; DAVIES, 1994) é um exemplo (modelo) de sistema de planejamento de processos de conhecimento aplicável às peças rotativas, que usa EXCAP (modelo codificado em Prolog²) para assegurar que toda a informação pode ser representada com precisão e com dados adicionais flexíveis, em que uma representação adequada da peça é

² Prolog é uma linguagem de programação que se enquadra no paradigma de Programação em Lógica Matemática.

essencial, através do plano de processo, que inclui: a descrição da geometria; posição e dimensão de cada recurso geométrico, inclusive informações não geométricas; entre outras informações importantes para componente de rotação.

O desenvolvimento de produtos complexos reflete no também complexo desenvolvimento de planejamentos de processos. Assim, existe, por um lado, uma procura pela pesquisa, visando ao desenvolvimento de ferramentas de planejamento de processos (ECKERT; CLARKSON, 2010). Por outro lado, há uma falta de modelação para os recursos de fabricação no chão de fábrica para facilitar a tarefa de planejamento. Além disso, pode-se considerar, no desenvolvimento de planejamento de processos, os recursos disponíveis no chão de fábrica através da lógica matemática (XU; LI, 2008). O uso dessa lógica para o planejamento de processo, considerando os recursos de fabricação disponíveis, associada à modelagem dessas informações, possibilita criar um esquema de modelagem para resolver a construção de recursos para o processo de planejamento e raciocínio das pessoas, onde é possível atender as necessidades rápidas de planejamento, viabilizando o uso do plano de processos como principal benefício que contempla o ambiente fabril.

O desenvolvimento de recursos para o planejamento de processo cria uma base de agrupamento que oferece uma estratégia de busca de máquinas-ferramentas para o planejamento de processo (XU; LI, 2008). Essa estratégia é gerada sob demanda dos recursos de fabricação. Sendo assim, a modelagem de métodos dos recursos de fabricação é uma das mais importantes questões de planejamento do processo assistido por computador, o que justifica a criação de uma base de agrupamento e um esquema de modelagem dos recursos para o processo de planejamento de fabricação. Isso foi comprovado, principalmente, com a modelagem dos recursos de produção no chão de fábrica para o planejamento de processo, de modo mais específico, para a seleção de máquinas e ferramentas no processo de planejamento.

A variedade de tipos de planos de processos com diferentes necessidades energéticas é considerada no planejamento de produção na fabricação altamente automatizada (CHOI; XIROUCHAKIS, 2013). Em seu trabalho, esses autores afirmam que um sistema é composto de vários subsistemas interligados, tais como o de processamento de manuseio de materiais, o de transporte e o de ferramentas auxiliares, os quais confirmaram sua aplicação. Sua análise, em síntese, foi aplicada em um problema de planejamento da produção em sistema de produção altamente automatizado, considerando múltiplos planos de processo com diferentes requisitos.

Segundo Feng (2005), agentes de *software* têm sido cada vez mais utilizados no desenvolvimento de produtos e processos na indústria, o que se deve à rápida evolução da tecnologia, sobretudo da internet. Seu artigo descreve os agentes para a integração de projeto conceitual e planejamento do processo. A plataforma do *software* visa a apoiar o projeto preliminar, forma do produto e otimizar a estrutura, bem como reduzir o custo de produção na fase inicial do projeto. Esses agentes da plataforma têm acesso a uma base de conhecimento que contém *design* e regras de planejamento. Os agentes e a plataforma permitem o intercâmbio de informação entre os agentes.

O raciocínio baseado em casos, conforme Tiwari, Kotaiah e Bhatnagar (2001), é uma técnica de resolução de problemas inteligente (sistema de processo de planejamento). Tal técnica trabalha buscando o problema atual por meio de um banco de dados para problemas previamente resolvidos para um ou mais casos, cuja identificação das características é semelhante e onde se procura quantificar a similaridade entre os processos. Enfim, o sistema proposto pelos autores incorpora várias novas funcionalidades de diversas áreas da tarefa de planejamento, usando esse raciocínio baseado em casos, com o objetivo de cumprir as exigências da constante transformação dos produtos. Já Radwan (2000), em síntese, apresenta a concepção de um sistema especialista (um modelo relacional) com base numa abordagem prática, pois acredita que, no futuro, haverá carência desse sistema, principalmente para as pequenas e médias empresas de fabricação.

2.2 Plano de processos de usinagem

O plano de processos é um documento essencial e serve de base, de preparação, programação da produção e de guia para a fábrica, o qual deve ser mantido nessa última (WANG; LI, 1991). De acordo com Rezende (1996), o plano de processos é um documento que deve evidenciar o conjunto de processos de fabricação, o qual pertence a um roteiro de fabricação, ou seja, existem dois tipos de documentos: o roteiro de fabricação e o roteiro de plano de processos. O roteamento mostra o processo de fabricação do componente, que contém as operações do processo, os equipamentos e as ferramentas que devem ser utilizados em cada operação, além dos tempos estimados para cada operação e o próprio plano de processos. A Tabela 1 mostra o roteamento do processo e o plano de operações, respectivamente, apresentados por Rezende (1996):

Outras tabelas semelhantes às Tabelas 1 e 2 também são encontradas na internet (CHRYSSOLOURIS, 2006), onde representam o plano de processos, o qual é composto por um conjunto de instruções sobre os processos, os equipamentos, as pessoas envolvidas no processo de fabricação. Também são confirmadas as principais fases do Plano de Processos, que contempla material, informações pertinentes, lista de sequência ou operações, incluindo uma breve descrição de cada tarefa a ser executada, os equipamentos ou as habilidades do operador, as descrições setup e/ou parâmetros de processo a serem usados durante o processo de fabricação. Dessa forma, o planejamento de processo pode ser definido pela função que estabelece a sequência dos processos para converter uma parte do valor inicial para uma forma final.

Ainda, de acordo com Rezende (1996), o plano de processos é aplicado a lotes de fabricação, pois para cada plano é estabelecida uma série de operações, de forma que seja possível fabricar a peça a partir de uma dada matéria-prima, considerando o número de parâmetros básicos que o processo exige. Salienta-se que pequenas modificações nas operações necessárias podem levar a uma escolha bem diferente de máquinas e parâmetros de processos.

A fim de atingir as superfícies desejadas, segundo Wang e Li (1991), deve-se executar um roteamento, ou seja, uma sequência de operações elementares e mudanças de estágios que garantam a qualidade especificada no projeto. Rezende (1996) denomina esse roteiro de “roteamento de operações elementares”. Para usinar a matéria-prima até que se atinjam as superfícies desejadas, deve-se executar uma sequência de operações elementares e mudanças de estágios que garantam a qualidade especificada no projeto. Esse planejamento global dos processos envolvidos é o roteamento de processos elementares, que se estende desde a análise do desenho da peça até a rota de usinagem para cada superfície da peça, com a seleção das operações elementares e sua respectiva referência de apoio.

Após analisar as exigências do projeto e as alternativas possíveis, com base na estrutura global das superfícies, das características do material e da forma de cotagem³ escolhida para a fabricação por usinagem convencional da peça, ocorre, segundo Wang e Li (1991), a seleção de processos de usinagem. Essa etapa, cabe destacar, se relaciona diretamente com a qualidade da peça, a eficiência da produção e o custo. O processo em execução pode ser dividido em estágios de desbaste⁴, de semiacabamento⁵ e de acabamento⁶.

³ Cotagens são medidas de um objeto, imprescindível para o projetista indicar a verdadeira grandeza.

⁴ Desbaste visa à remoção da maior parte do material das superfícies da matéria-prima.

⁵ Semiacabamento visa às superfícies menos críticas.

A Tabela 3 apresenta um exemplo de roteamento utilizado para garantir uma superfície cilíndrica externa para diferentes tolerâncias (IT) e/ou rugosidades (Ra).

Tabela 3 - Roteamento de usinagem para superfícies cilíndricas externas

Nº	Roteamento	Tolerância IT	Rugosidade Ra (μm)
1	1ª Torneamento (desbaste)	12-13	10-80
2	1ª Torneamento (desbaste) 2ª Torneamento (semiacabamento)	9-11	2,5-10
3	1ª Torneamento (desbaste) 2ª Torneamento (semiacabamento) 3ª Torneamento (acabamento)	7-9	1,25-2,5
4	1ª Torneamento (desbaste) 2ª Torneamento (semiacabamento) 3ª Retificação (desbaste)	7-9	0,63-2,5
5	1ª Torneamento (desbaste) 2ª Torneamento (semiacabamento) 3ª Retificação (desbaste) 4ª Retificação (acabamento)	5-6	0,08-0,16
6	1ª Torneamento (desbaste) 2ª Torneamento (semiacabamento) 3ª Retificação (desbaste) 4ª Retificação (semiacabamento) 5ª Lapidação.	3-6	0,008-0,63
7	1ª Torneamento (desbaste) 2ª Torneamento (semiacabamento) 3ª Retificação (desbaste) 4ª Retificação (desbaste) 5ª Retificação (acabamento) 6ª Superacabamento.	3-5	0,008-0,16

Fonte: WANG; LI, 1991.

As divisões da rota de processos em estágios contribuem para reduzir a influência da deformação da peça na precisão de usinagem, para reduzir a possibilidade de danificar as superfícies acabadas e para efetuar uma seleção racional de equipamentos. O processo de usinagem exige a seleção de máquinas e suas ferramentas, bem como a determinação das superfícies de referência para a fabricação de uma determinada peça. Além disso, deve-se determinar os sobremateriais necessários para usinar cada superfície.

Durante a elaboração do plano de processos, pode ocorrer a **concentração de operações**, que acarreta o baixo número de fixações, o que garante redução no tempo de manuseio e exatidão na preparação dos equipamentos, ou a **separação de operações**, que acarreta o aumento do número de operações. Para decidir entre concentração e separação de operações, deve-se considerar, por exemplo, o lote de produção e tamanho da peça, que

⁶ Acabamento visa a atingir a precisão exigida para as superfícies.

dependem, respectivamente, do volume de produtos e do número de vezes em que a peça é manuseada.

Existem pesquisas que contemplam o estudo e o desenvolvimento de protótipo de sistema para otimização do processo de usinagem (GAYRETLI; ABDALLA, 1999), o qual passa por etapas, que envolvem: os desenhos dos processos; as características do produto; as regras para a seleção; otimização e gestão dos processos em casos mais complexos. Esse sistema consiste num banco de dados de forma característica.

No planejamento de processos, é necessário considerar a camada de material para ser removida da peça durante as operações de usinagem finais responsáveis por garantir as dimensões e os acabamentos determinados no projeto. Essa camada é denominada de “sobrematerial” (WANG; LI, 1991). Na Tabela 4, apresenta-se uma sugestão de sobrematerial para a operação de torneamento de superfícies cilíndricas externas.

Tabela 4 - Sobrematerial para o torneamento de superfícies cilíndricas externas

Diâmetro (mm)	Sobrematerial no diâmetro (mm)			
	Torneamento (desbaste)		Torneamento (semiacabamento)	
	Comprimento (mm)		Comprimento (mm)	
	≤ 200	>200 – 400	≤ 200	>200 – 400
≤10	1,5	1,7	0,8	1,0
>10 – 18	1,5	1,7	1,0	1,3
>18 – 30	2,0	2,2	1,3	1,3
>30 – 50	2,0	2,2	1,4	1,5
>50 – 80	2,3	2,5	1,5	1,8
>80 – 120	2,5	2,8	1,5	1,8
>120 - 180	2,5	2,8	1,8	2,0
>180 - 260	2,8	3,0	2,0	2,3
>260 - 360	3,0	3,3	2,0	2,3

Fonte: WANG; LI, 1991.

Por outro lado, em comparação com os processos de usinagem em geral, o processo de fabricação ativa (AM) é fundamental no planejamento da rota de processos com auxílio técnico computacional (LIU, 2012).

2.3 Análise de desenho da peça

O desenho do componente é a base para a geração do plano de processo, e a sua análise deve ser o primeiro passo para a definição da rota de processo. Essa análise deve considerar alguns fatores para auxiliar na escolha do método a utilizar, que são: **estrutura da**

peça – a forma e o tamanho do componente possibilitam ao processista saber quais são os **métodos** mais adequados, pois ele conhece as formas básicas e as dimensões do componente; **superfícies críticas** – os contatos entre os componentes, o material e o tipo de superfície justificam a criticidade das superfícies, ou seja, quando uma superfície mantém contato com as superfícies de outros componentes, diz-se que há uma superfície crítica, que exige maior precisão; caso contrário tem-se uma superfície menos crítica e, assim, o processista tem ideia dos principais **métodos** que serão utilizados; **material e tratamento térmico** – as propriedades mecânicas do material do componente e os tratamentos térmicos que este possa sofrer são fatores importantes na seleção do método e influenciam nas condições de fabricação utilizadas.

Segundo Wang e Li (1991), as operações de usinagem e a análise do desenho são imprescindíveis para iniciar o processo de planejamento do roteamento, estabelecendo todas as informações a respeito do produto e precaução dos problemas tecnológicos que ocorrem durante as operações de usinagem convencional. A forma como as superfícies do componente são dimensionadas influencia na sequência de operações, e, assim, o princípio de coincidência de cotas deve ser seguido.

A seleção de superfícies de referência para a fabricação é importante na análise de desenho da peça. As dimensões de fabricação são elaboradas de tal forma que as dimensões de projeto sejam sempre garantidas. Percebe-se, então, que há uma relação direta entre referências e dimensões de projeto e fabricação.

Segundo Nejad et al. (2010), todas as cotas de um desenho da peça são definidas em relação a uma referência, a qual é importante ao planejamento de processos. Entre as mais relevantes são: referência de projeto, referência de fabricação, referência de medição. A primeira é um ponto, uma linha ou uma superfície a partir da qual a posição de um outro ponto, linha ou superfície é definida em um desenho de projeto. Suas dimensões são chamadas de dimensões de projeto. O segundo é um ponto, linha ou superfície a partir da qual a posição de uma superfície, que deve ser usinada, é definida em um desenho de fabricação. As dimensões, num desenho de fabricação, são chamadas de dimensões de fabricação. O terceiro consiste em uma superfície da peça que define a sua posição, na direção da dimensão de fabricação, para a sua fixação no recurso produtivo. Assim, a posição da superfície a ser fabricada, em relação à ferramenta utilizada, depende da referência de posicionamento. O quarto é um ponto, uma linha ou uma superfície a partir da qual a posição de uma determinada superfície é medida após a fabricação da peça.

2.4 Planejamento Assistido por Computador (CAPP)

De acordo com Marri, Gunasekaran e Grieve (1998), ao longo da última década, o CAPP tem sido destaque, principalmente por pesquisadores e praticantes, objetivando a redução de tempo de produção e a melhoria da qualidade. Com base nesses princípios, são propostos estudos sobre o projeto e a implementação de sistemas CAPP, além de sugestões para futuras pesquisas, que evidenciam a importância desse planejamento em uma fábrica moderna, onde é inerente à ligação direta entre *design* e fabricação, com base em sistemas CAPP que, constantemente, primam por sistemas inteligentes, capazes de aprender com os erros de fabricação, em busca de melhoria contínua do sistema.

O planejamento de processos envolvendo o uso de computador tem sido investigado há mais de trinta anos (CHRYSSOLOURIS, 2006). O CAPP pode ser classificado em dois tipos de procedimentos: variante e generativo. O primeiro diz respeito ao procedimento aplicado para encontrar planos padrões para componentes semelhantes; o segundo corresponde ao planejamento aplicado para gerar planos automaticamente para os novos componentes. O sistema generativo é o mais desejável, mas também a maneira mais difícil de executar o planejamento do processo assistido por computador. Como destaca Wang (1996), a maioria dos sistemas de planejamentos de processos é de natureza variante.

Por outro lado, Lorini (1993) define os procedimentos generativo e variante; o primeiro cria um novo plano de processo para cada peça, à medida que as informações a ela relativas vão sendo disponíveis, por meio do código ou de outros meios. O segundo tem como filosofia recuperar um plano padrão e, a partir dele, fazer as modificações necessárias para adequá-lo àquela peça em estudo.

2.5 Programa Access e seus principais recursos

O Access® é um programa de banco de dados que faz parte do pacote Office®, da Microsoft® (ALECRIM – 2007). Utilizando o *software*, o usuário pode criar diversas aplicações, como um controle de equipamentos, listas de equipamentos, cadastro de clientes, registros de aulas, entre outros. Como explica Perry (1994), o Access é um dos programas de gerenciamento de banco de dados mais flexíveis do mercado para a criação de aplicativos, pois não requer programação para a aplicação de banco de dados avançados. As macros são objetos do banco de dados, da mesma forma que os formulários e as tabelas. Existem três

formas de programar o Access e, assim, suas tarefas são automatizadas: macros, procedimento de funções e subprocedimentos.

[...] as macros do Access são completamente diferentes das macros em outras aplicações. No Access, as macros não são apenas séries gravadas de teclas para automatizar tarefas repetitivas; elas cumprem muitas funções que, sem elas, exigiriam códigos de programas. O uso de macros no Access pode ser até mesmo mais eficiente do que escrever códigos que realizem as mesmas tarefas [...] (PERRY, 1994, p. 17).

As concepções de Perry (1994) quanto à criação de tabelas, de formulários, de relatórios e de consultas utilizando o Access são apresentadas na sequência. Criar tabela implica criar campos necessários, no modo *design* do *software* com o nome de preferência. Aparecerá uma interface onde se devem criar os campos (colunas) para a tabela, e ao lado de cada campo criado, haverá uma coluna chamada *Tipo de dados* para ser definida. Ao lado das colunas *Nome do campo* e *Tipo de dados*, haverá uma terceira, de nome *Descrição*. Opcional, ela é particularmente útil para descrever um campo cujo nome não deixa claro do que se trata. Ao criar uma tabela, define-se a estrutura do banco de dados, mas é possível criar uma interface que serve para preencher e consultar os dados dessas tabelas, através da opção *Assistente de formulário*. O Access garante a escolha do estilo (visual) para o formulário, com auxílio do modo *Design* e permite buscar uma figura para servir como símbolo do documento.

O *Modo design* do formulário permite fazer alterações, com dezenas de recursos, bastando explorá-los para escolher as melhores opções, pois se pode editar o máximo de detalhes, inclusive alinhamento ou tamanho de campo, usando precisão milimétrica. Existem, enfim, muitas configurações possíveis.

Após o banco de dados estar disponível para uso e desejando-se obter informações específicas sobre ele, a opção *Assistente de relatório* pode sanar essa necessidade, por meio de um ou vários relatórios, conforme a vontade do usuário, o qual poderá visualizá-lo, imprimi-lo e enviá-lo por e-mail.

Além disso, se o usuário adicionar ou alterar qualquer informação na tabela, o relatório será atualizado automaticamente. Pode-se criar relatórios de vários tipos e organizá-los de diversas formas, inclusive gerar relatórios extraindo dados de outras tabelas.

O recurso de consultas do Access é uma forma de obter determinados dados rapidamente, com base na opção *Assistente de consulta*, o qual possibilita que o resultado final se assemelhe à tabela do tutorial, com a diferença de que apenas os dados que foram

escolhidos serão exibidos. Ao salvar, sempre que quiser obter apenas dados desses campos, o usuário utilizará essa consulta.

2.6 Instrumentos de medição

O instrumento de medição é um dispositivo utilizado para realizar medições nos mais variados ramos de atividades, inclusive nos componentes durante os seus roteiros de fabricação. Porém, segundo Zeni (2012), para viabilizar seu uso na indústria, esse instrumento deverá ser certificado em laboratório e validado pela empresa que irá utilizá-lo, já que o laboratório não aprova ou reprovava o instrumento de medição, apenas certifica conforme a norma NBR ISO/IEC 17025. A empresa pode validar o instrumento certificado por meio de dois métodos que permitem saber o erro total do instrumento (E_t): a soma direta entre o erro sistemático (E_s) e o erro aleatório (E_a).

Após determinar o erro total do instrumento, é necessário fazer a análise do sistema, com o objetivo de medição do equipamento e das tolerâncias de processo pré-definidas pela empresa e/ou pelos desenhos de projeto. Os erros aceitáveis para os instrumentos de medição podem ser determinados de forma a minimizar o seu efeito sobre as medições e os resultados esperados. O instrumento de medição pode ser aceito desde que não ultrapasse o erro permitido, o qual pode ser definido pelo grau de exigência das medições.

Pode-se, também, aplicar algoritmo genético para garantir o planejamento de inspeção para um sistema de fabricação personalizado (SHIAU; LIN; CHUANG, 2007), pois a produção de produtos com múltiplas características de qualidade é sempre uma das preocupações de um sistema avançado de manufatura e, sobretudo, do planejamento dos processos.

Para garantir essa qualidade do produto, existem muitos recursos de fabricação que podem estar disponíveis e ser empregáveis durante o processo de fabricação em estações de trabalho e de inspeção. O planejamento dos processos e de inspeção está presente nesse cenário, sendo ambas as tarefas individuais e realizadas separadamente, embora estejam relacionadas. Maior desempenho de um avançado sistema de produção pode ser alcançado se o planejamento do processo de inspeção for realizado simultaneamente ao gerenciamento dos recursos limitados de fabricação. Com vistas a resolver problemas causados pela mudança durante o planejamento de processos e de inspeção, Shiau, Lin e Chuang (2007) utilizaram algoritmo genético como ferramenta para gerar a solução ideal. O resultado mostra que a

alocação de recursos é eficiente para atender à exigência de mudança do projeto, pois o plano de alocação de recursos pode ser determinado, eficientemente, para essa finalidade.

2.7 Tempo padrão

Existem várias definições para o tempo padrão. Em síntese, este se refere ao tempo necessário para desenvolver uma unidade de trabalho, executado por uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando em um ritmo normal, e pode ser aplicado no planejamento da produção, na produtividade e no custo de produção (DURAN, 2005). Logo, as três formas de aplicação do tempo padrão são: **planejamento e controle de produção (PCP)**, em que o tempo é importante para a medida de pequenas séries de produção, medida do trabalho para serviços de manutenção, programação e controle de entrega aos clientes; **produtividade**, em que o tempo é importante para o estudo da distribuição da produtividade do trabalho através do estabelecimento de tempos-padrões para as operações, por componente, por produto e por grupo de produção; e **custo**, em que o tempo é importante para o estabelecimento do custo dos produtos pelos custos de produção associados às instalações, aos equipamentos e à mão de obra.

Durante o roteamento do tempo padrão, existem o momento da tomada de tempos e o momento da escolha do método de cronometrar o tempo em função das leituras individuais dos elementos.

3 MODELO

O modelo vem ao encontro dos princípios do plano de processo, porém descreve os caminhos para se chegar a cada operação elementar, pertencente a uma mesma fixação (*setup*) da matéria-prima ao equipamento. Essas operações elementares seguem três módulos para serem confirmadas, os quais serão apresentados na continuidade.

3.1 Módulos para a formação do plano de processos

No seguimento dos três módulos, são geradas as grandezas individuais pertencentes a uma operação elementar para assim confirmar um lançamento no sistema, que consiste em gerar essas grandezas, armazená-las em um banco compilado e disponibilizá-las para análise.

Esses módulos são complementares um em relação ao outro: no módulo “A”, são *gerados* os dados denominados de grandezas; no módulo “B”, esses dados gerados são *armazenados*; e no módulo “C”, são *utilizados* os dados para reproduzir os planos de processos e outros documentos de análise. Na Figura 1, apresentam-se os três módulos.



Figura 1 - Os três módulos da metodologia proposta

Operação Elementar - Módulo “A”

Esse é o módulo que se refere à geração individual das grandezas de cada operação elementar pertencente à mesma fixação da matéria-prima ao equipamento. Para esse processo de geração de grandezas, é necessário ter conhecimento de várias outras informações a elas relacionadas. Essas informações técnicas são agrupadas em bancos de dados atualizáveis.

Esse módulo envolve uma relação técnica entre vários bancos de dados que contemplam o grupo das peças, dos recursos produtivos e dos procedimentos de fabricação, fazendo-se necessário identificar, a cada lançamento no sistema, com qual recurso produtivo

se está trabalhando e quais são suas características técnicas para melhor desenvolver as operações. Além disso, esse módulo é responsável por todas as informações que estarão à mercê dos operadores, por meio da folha de processos.

Nesse módulo, também se pode valorizar o conhecimento empírico do processista com relação a suas experiências com processos de fabricação, pois possibilita observar essas informações relevantes ao processo elementar durante cada lançamento no módulo. Cada lançamento corresponde a uma operação elementar individual, que pertence a uma determinada fixação da matéria-prima ao equipamento.

Esse módulo corresponde à confirmação prática dos princípios tecnológicos de fabricação de uma empresa; ou seja, cada operação elementar que será executada nos componentes pertencentes aos seus produtos está considerando as melhores condições de fabricação, em consenso com as capacidades técnicas dos seus recursos produtivos, com os procedimentos de fabricação e com as experiências de seu processista.

As informações geradas nesse módulo são temporárias e, após sua confirmação pelo processista, são transferidas ao banco de dados pertencente ao módulo “B”, que irá compilar os dados já desenvolvidos. Tornando-se necessário alterar alguma informação pertencente a um lançamento já realizado que se encontra compilado no banco de dados (Módulo B), é preciso excluí-lo desse local, salvo em caso de alterações que se referem às sequências das operações nele armazenadas que podem ser alteradas no próprio banco de dados, sem haver a necessidade de excluir o lançamento.

Banco de dados - Módulo “B”

Cada operação elementar lançada e confirmada no módulo “A” constitui uma linha no banco de dados compilados desse módulo, sendo o número de operações elementares compatível ao número das que já foram confirmadas. Portanto, esse módulo se refere ao local de armazenamento dos dados gerados no módulo anterior.

Esse módulo é formado por linhas e colunas, sendo essas últimas as variáveis das operações elementares, que garantem sua padronização na organização dos dados. Portanto, o banco de dados compilados não implica cálculos, mas sim o armazenamento dos dados, sendo os cálculos, se necessários, executados no módulo anterior.

Em contrapartida, esse banco de dados compilados pode servir de base para as análises estatísticas, pois compõe uma tabela com várias informações compatíveis com as variáveis estatísticas, onde podem ser avaliados seus recursos produtivos, seus componentes e os procedimentos de fabricação em função de suas operações elementares.

Resultados - Módulo “C”

O módulo “C” refere-se aos documentos gerados com base nos dados disponíveis no módulo “B”. Esses documentos constituem arquivos para *download* ou impressão, entre eles a *folha de processo*.

Para melhor compreensão das tratativas nos módulos e entre eles, principalmente o módulo “A”, que é composto por uma rede de grupos de dados, a Tabela 5 apresenta as legendas com as anotações utilizadas para a modelagem dos processos, assim como suas respectivas identificações e descrições.

Essa rede de grupo de banco de dados pertence aos recursos do módulo “A” e serve para gerar as operações elementares. É formada por quatro grupos de bancos de dados, que representam a entrada de dados no sistema, salvo o grupo auxiliar, que está distribuído entre os outros grupos: **o grupo do procedimento de fabricação** – que se refere aos procedimento de fabricação propriamente ditos; **o grupo do recurso** – que se refere aos recursos tecnológicos constituídos pelas máquinas, pelos dispositivos e instrumentos; **o grupo da peça**, que se refere às matérias-primas e aos componentes por estas gerados; e **o grupo auxiliar**, que se refere ao suporte disponível aos demais grupos de dados. A estrutura hierárquica é a mesma para qualquer empresa, porém os componentes e as matérias-primas são relativos, pois o que é componente em uma empresa pode ser matéria-prima em outra.

Por sua vez, os bancos de dados são classificados em dois tipos: **individual** e **relacional**. A maioria dos bancos de dados é do tipo individual, que apresenta informação específica quanto às suas características, salvo o banco de dados que apresenta as informações comuns entre os dados, dando ênfase às relações existentes entre eles, e não à sua origem. Esse é o banco de dados do tipo relacional.

Para acionar a rede de estrutura hierárquica, faz-se necessário proceder à execução das três entradas de dados (Figura 2) para, posteriormente, obter os dados de saída, que constituem o módulo “A”. Sendo assim, é necessário compreender o que ocorre com os dados durante sua execução.

Tabela 5 - Notações utilizadas e respectivas descrições

Notação	Identificação	Descrição
	Banco de dados (GMF)	Representa que o evento pertence ao grupo de dados dos procedimentos de fabricação.
	Banco de dados (GRP)	Representa que o evento pertence ao grupo dos recursos produtivos.
	Banco de dados (GP)	Representa que o evento pertence ao grupo das peças.
	Evento	Representa uma circunstância ou um <i>status</i> relevante para o entendimento do procedimento. Os eventos desencadeiam novas atividades e também podem representar o encerramento de uma atividade.
	Operador lógico “OU” exclusivo	Operador lógico que representa: <ul style="list-style-type: none"> quando dividir o fluxo: que apenas um dos caminhos será percorrido, ou seja, apenas um dos eventos-destino ocorrerá; quando unir o fluxo: que apenas um dos caminhos percorridos é suficiente para iniciar a atividade seguinte, ou seja, apenas um dos eventos-origem precisa ocorrer.
	Operador lógico “E”	Operador lógico que representa: <ul style="list-style-type: none"> quando dividir o fluxo: que todos os caminhos precisam ser percorridos, ou seja, todas as atividades-destino devem ser executadas; quando unir o fluxo: que todos os caminhos devem ser percorridos antes de iniciar a atividade seguinte, ou seja, todas as atividades-origem devem ser executadas.
	Operador lógico “OU” inclusivo	Operador lógico que representa: <ul style="list-style-type: none"> quando dividir o fluxo: que um dos caminhos poderá ser percorrido, ou seja, um dos eventos-destino ocorrerá; quando unir o fluxo: que um dos caminhos percorridos é suficiente para iniciar as atividades seguintes, ou seja, apenas um dos eventos-origem precisa ocorrer.
	Interface	Representa a entrada ou a saída de dados no fluxo.
	Estrutura	Representa que o evento anterior deve ser estruturado com o próximo evento.
	Evento “A”	Representa que o evento pertence ao módulo “A”.
	Evento “B”	Representa que o evento pertence ao módulo “B”.
	Evento “C”	Representa que o evento pertence ao módulo “C”.
	Metodologia	Representa um método.
	Formulário	Formulários necessários para realização das atividades e/ou relatórios gerados por tais atividades.
	Atividade	Constitui uma atividade que precisa ser executada para que um processo seja realizado.
	Conector	Elemento que faz a conexão entre as partes de um mesmo EPC que foram segmentadas pela paginação desse documento.
	Título	Constitui o título de uma de rede de dados.

Observa-se que há uma relação entre a entrada e a saída de dados no modelo. A Figura 2 mostra essa rede de dados, evidenciando a entrada e a saída de dados, inclusive os eventos e operadores lógicos envolvidos no sistema, objetivando o auxílio na compreensão do fluxograma. Isso justifica a padronização das informações sobre os procedimentos de fabricação e os recursos necessários ao desenvolvimento de um modelo único de plano de processos, aplicável a qualquer tipo de componente. Sendo assim, segue a rede de estrutura hierárquica para o desenvolvimento de operações, com o esclarecimento referente à entrada e à saída de dados no fluxograma:

Entrada de dados no fluxograma:

A metodologia propõe, para a geração das operações elementares, um sistema que gera dados com base na entrada de informações pertencentes aos quatro grupos de dados.

A **entrada “I”** corresponde ao grupo de bancos de dados referentes às peças. Inicia-se com o PC, que corresponde ao componente resultante de um processo produtivo realizado em uma matéria-prima que pertence a um produto, quando associada à montagem, ou é o próprio produto, quando individualmente.

Seguindo a sequência do fluxograma na entrada “I”, passa-se a dois bancos de dados, um referente à matéria prima e outro, aos desenhos em forma de esquemas. Tanto um quanto o outro deve pertencer à estrutura do componente; caso contrário, segue outro caminho, o caminho para solicitar sua estruturação com o banco de dados dos componentes (PC). A matéria-prima a que se refere na estrutura é considerada um subcomponente ou um insumo que as indústrias usam para fazer seus componentes por meio de processos produtivos.

Salienta-se que o desenho de forma esquemática representa uma determinada fase do processo produtivo de um componente em função da sua fixação, ou seja, trata-se do desenho individual da peça em cada *setup*, desde a matéria-prima até a fabricação do componente. O *setup* refere-se à operação global (OG), que pertence ao equipamento validado pelo seu processo elementar (PE). Cada fixação representa uma OG distinta, que caracteriza a terceira fase da sua hierarquia (Figura 2), que depende de uma série de considerações de ordem econômica (tamanho do lote a ser produzido, o número de etapas de fabricação etc.) e tecnológica (o material da peça, o tamanho da peça).

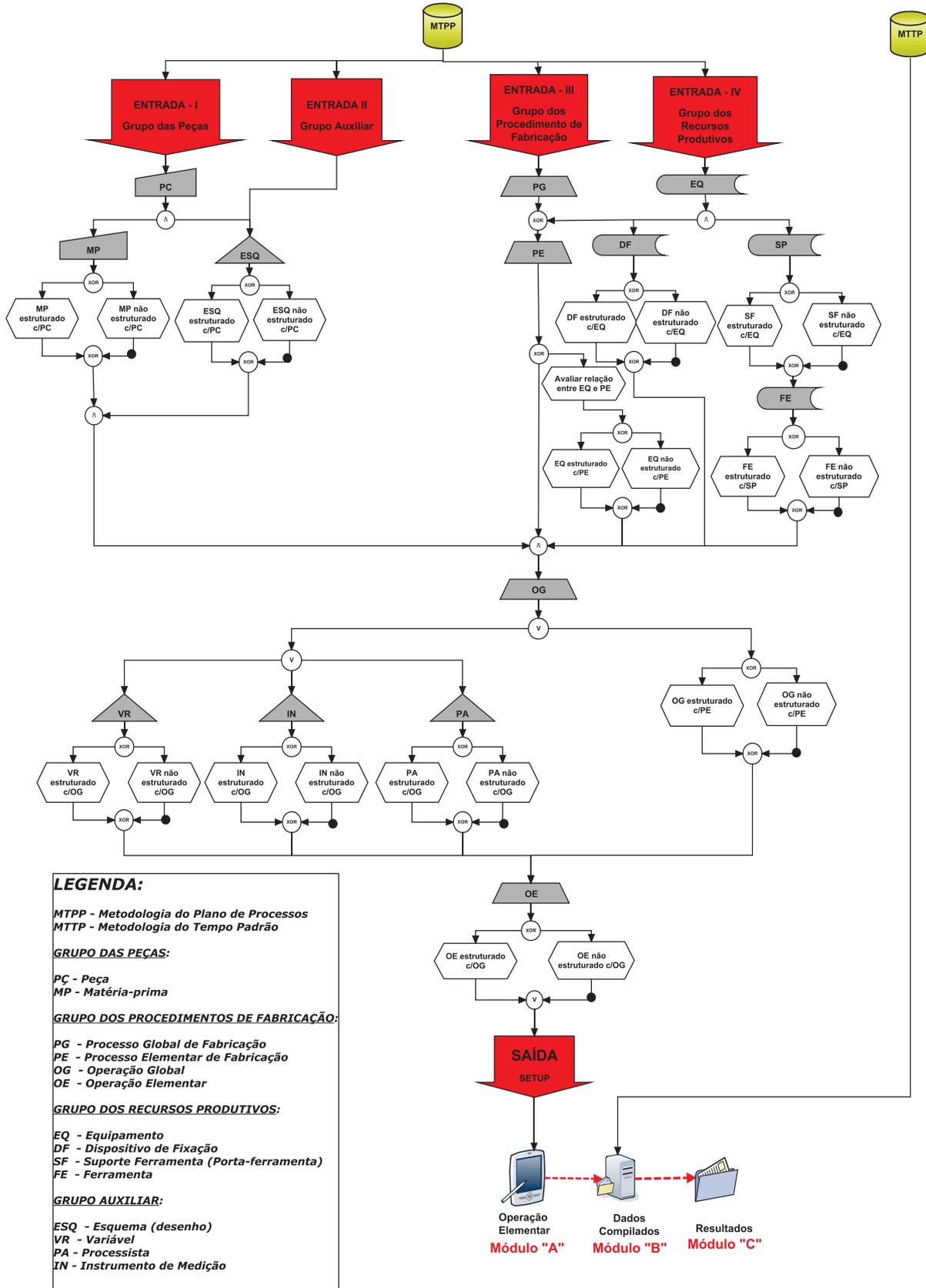


Figura 2 - Rede de estruturas hierárquicas para o desenvolvimento de operações

A **entrada “II”** corresponde ao grupo dos dados auxiliares, iniciando-se com o ESQ, que corresponde aos desenhos pertinentes a cada fixação da matéria-prima ao equipamento e, assim, exige a sua validação com o PC, pois este corresponde aos desenhos de um componente, desde quando matéria-prima até a sua constituição.

Entretanto, seguindo a sequência do fluxograma na entrada “II”, passa-se por um banco de dados, que se refere às OGs (Figura 2), que também constituem outros três bancos de dados do grupo auxiliar, os VR, IN e PA, os quais dependem da sua estruturação com a OG. O banco de dados IN, por exemplo, é do tipo auxiliar que possibilita controlar e validar os instrumentos de medição, os quais estarão presentes durante o planejamento e o desenvolvimento do PP. Afinal, em vários momentos, faz-se necessário o seu uso para executar aferições dos componentes em fabricação. Esses instrumentos de medição, porém, devem ser validados pela empresa, de acordo com as suas tolerâncias de processos.

O banco de dados dos instrumentos de medição (IN) possibilita o controle e o gerenciamento do período de validação desses equipamentos, com base no relatório técnico fornecido pelo laboratório responsável pela análise, ao qual cabe informar a incerteza, a tolerância e o erro do equipamento de medição. Dito de outro modo, o aplicativo possibilita validar os instrumentos de medição para serem utilizados nos PPs, com base nos resultados fornecidos pelos laboratórios e nas tolerâncias exigidas pelos processos de fabricação da empresa.

A **entrada “III”** corresponde ao grupo de bancos de dados referentes aos procedimentos de fabricação. Inicia-se com o PG, que corresponde aos processos de fabricação, o qual é o processo macro entre os processos específicos, com características distintas e únicas, inerentes às etapas de produção de um componente. Esses processos são flexíveis e compatíveis com o formato e as dimensões das peças. A fabricação de alguns componentes depende da execução de vários processos globais.

Seguindo a sequência do fluxograma na entrada III, passa-se por um banco de dados, que se refere aos procedimentos de fabricação, chamado de PE, pertencente ao segundo nível da hierarquia (Figura 2), o qual mantém relação com os equipamentos que estão capacitados a executá-los.

A **entrada “IV”** corresponde ao grupo de bancos de dados dos recursos produtivos. Inicia-se com o EQ, o qual corresponde à máquina caracterizada como equipamento para executar um ou mais processos elementares de fabricação e o uso de portas-ferramentas e dispositivos de fixação. Constitui, assim, a hierarquia dos recursos produtivos e possibilita a execução da operação global e de suas operações elementares.

Seguindo a sequência do fluxograma na entrada “IV”, passa-se a dois bancos de dados, um referente ao dispositivo de fixação, o qual fixa a matéria-prima ao equipamento com compatibilidade física e mecânica, e outro referente ao suporte para ferramentas (porta-ferramenta), destinado a fixar a ferramenta ao equipamento, com informações técnicas em sintonia com as características técnicas das ferramentas. Esses dois bancos de dados também fazem parte do segundo nível da hierarquia do grupo de banco de dados pertencente aos recursos produtivos. Tanto um quanto o outro deve pertencer à estrutura do equipamento; caso contrário, caminhos diferentes serão seguidos para solicitar sua estruturação com o equipamento (EP).

Seguindo a sequência do fluxograma, após identificação do suporte para ferramentas, passa-se ao banco de dados das ferramentas, um instrumento de trabalho que utiliza recursos para operar em um equipamento. Esta é, então, fixada ao porta-ferramentas para possibilitar a realização das operações de fabricação estabelecidas pelo processista, de acordo com suas limitações técnicas e, assim, constitui o terceiro nível da hierarquia do grupo de banco de dados pertencente aos recursos produtivos.

Saída de dados no fluxograma:

A saída de dados no fluxograma refere-se aos dados gerados pelo sistema que constituem a operação elementar, a qual será confirmada ou não no módulo. Em síntese, a operação elementar de fabricação é o estágio realizado por uma ferramenta na matéria-prima durante a mesma fixação (*setup*), através da rede de bancos de dados, onde cada estágio executado corresponde a uma operação indivisível e invariável.

O tempo padrão constitui o tempo necessário para desenvolver uma operação elementar, não fazendo parte dessa rede de bancos de dados. Esse tempo depende de outra metodologia, que considere a sua realização por uma pessoa qualificada e treinada, trabalhando em ritmo normal e levando em conta a tolerância do processo produtivo.

A validação do tempo padrão implica a fabricação de alguns lotes de componentes, para garantir a quantificação dos dados. No entanto, a metodologia possibilita lançar o resultado do tempo padrão no banco de dados compilados; ou seja, cada operação elementar armazenada terá seu tempo padrão, cuja soma indicará o tempo padrão total do plano de processos.

4 DESENVOLVIMENTO

Inicialmente, foram implantadas as tabelas, no aplicativo “ACCESS”, para os dados do tipo individual e relacional, que constituem a rede de grupo de bancos de dados. O objetivo dessas tabelas é garantir a padronização da nomenclatura e das variáveis que a compreendem, relacionadas ao processo de elaboração do plano de processo para, assim, melhorar a sua qualidade e aplicabilidade.

Além disso, para criar formulários que proporcionem ambientes de trabalho adequados ao projetista, foram criadas várias equações e diversos parâmetros de funcionamento, objetivando promover alternativas de trabalho ao processista, explorando suas habilidades, embora na plataforma do “ACCESS” existam vários comandos prontos, com a possibilidade de criar outros.

O aplicativo conta com uma interface adequada às necessidades do processista. A interface pode ser definida como a ligação entre o aplicativo e o usuário, o meio que permite o acesso ao sistema, principalmente para a atualização dos dados, salvo o grupo de dados dos procedimentos de fabricação, que estão sob a responsabilidade do programador do aplicativo. Os bancos de dados dos componentes, das matérias-primas e do banco de dados compilados (módulo “B”) poderão ser atualizados quando a empresa adquirir uma nova matéria-prima ou quando a empresa desejar alterar os lançamentos já compilados de um PP ou inserir novos.

Ao definir uma interface, demonstra-se, através de ícones e menus, todo o conteúdo do aplicativo, todas as suas funcionalidades, devendo, assim, aperfeiçoar todos os recursos disponíveis do sistema. Essa interface do aplicativo deixa claro o momento de passagem pelos três módulos básicos afirmados pela metodologia; ou seja, o aplicativo tem uma interface adequada aos três momentos, respeitando suas particularidades.

Além disso, o aplicativo disponibiliza uma interface para controlar e validar os instrumentos de medição, os quais estão presentes durante a execução do PP. Tal interface pertence a uma metodologia convencional destinada ao controle e à validação dos instrumentos de medição. A empresa é o agente validador dos instrumentos de medição, de acordo com as suas tolerâncias de processos e o relatório técnico fornecido pelo laboratório responsável pela análise desses instrumentos.

Com base nessas interfaces pleiteadas pelo aplicativo, este também disponibiliza ao processista algumas interfaces para executar o plano de processo: o lançamento, a atualização, a impressão e a geração de arquivo eletrônico.

Para proporcionar uma visão macro dos lançamentos, o aplicativo apresenta um relatório auxiliar para visualizar os lançamentos. Esse relatório auxiliar mostrado na Figura 3 possibilita executar algumas funções durante os lançamentos, tais como excluir lançamentos e alterar a sequência das operações elementares.

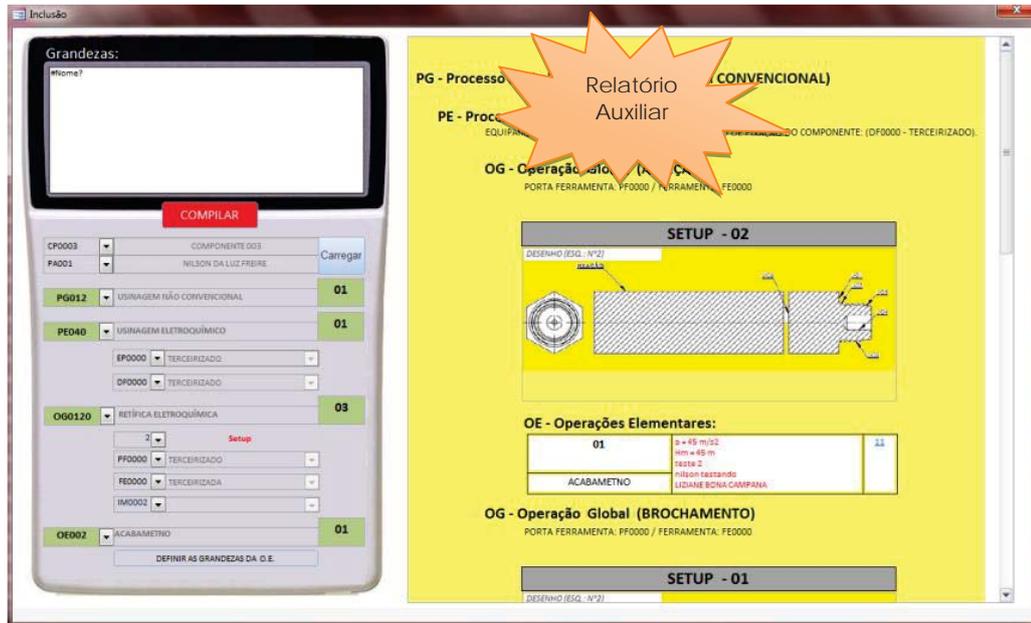


Figura 3 - Relatório auxiliar de apoio aos lançamentos de dados

Essa interface gráfica é semelhante a uma calculadora, que executa cálculos simples ou de programação, científica e estatística, porém não armazena os resultados. O aplicativo tem uma interface similar a essa calculadora, mas adequada às necessidades de utilização do aplicativo. Essa interface pode, também, ser definida como a ligação entre o aplicativo e o usuário, o meio que permite o acesso ao sistema de lançamentos das OEs. Após os lançamentos nela realizados, os conteúdos são compilados em um banco de dados (módulo “B”), até lançar todas as OEs necessárias à mesma fixação (OG), e, assim, fica a cargo da interface “calculadora” a geração de dados, e não o seu armazenamento.

Em síntese, a elaboração, a impressão do PP e a atualização os dados são feitas em três etapas:

Etapa 1 - Iniciação do roteiro de fabricação:

É o ato de iniciar o lançamento do roteiro de fabricação do processo produtivo de um componente, possibilitando ao processista a geração das OEs necessárias ao PP com base no módulo “A”.

Etapa 2 - Atualização dos dados:

Implica a manutenção dos bancos de dados, salvo os que são bloqueados, ou seja, os dados do grupo dos procedimentos de fabricação, que dependem de programação para inserir uma nova operação de fabricação, ou seja, demandam atualizar a estrutura hierárquica do grupo dos procedimentos de fabricação do aplicativo. Os bancos de dados que não são bloqueados são os que pertencem aos grupos dos recursos e peças, que estão em constante de atualização.

Etapa 3 - Impressão do plano de processo:

Nesse campo, tem-se acesso à folha de processos do PP, sendo, então, possível gerar o arquivo para *download* ou fazer a impressão do relatório, sempre que preciso, inclusive para enviar ao setor de fabricação, para iniciar as atividades produtivas. O documento (PP) é completo, com todas as informações necessárias, para evitar transtornos durante a sua elaboração e a sua execução. As principais informações ofertadas na folha de processo são: nome do componente, código do componente, data, quantidade do lote, recursos produtivos envolvidos, instrumentos de medição, componentes, matéria-prima e material.

4.1 Geração das grandezas

A geração de grandezas implica o desenvolvimento de uma operação elementar, que necessita desses valores para sua aplicabilidade. A Figura 4 mostra uma interface didática para auxiliar na compreensão desse processo de desenvolvimento de grandezas elementares.

De acordo com o fluxograma da Figura 4, para efetuar a geração das grandezas no aplicativo, é necessário seguir três caminhos diferentes de entrada de dados, cada um deles correspondendo a um tipo de necessidade. O primeiro caminho está relacionado ao lançamento de novas OEs; o segundo, à continuidade de um lançamento que iniciou anteriormente, que pertence ao mesmo componente; e o terceiro caminho está relacionado a alterações ou exclusões de lançamentos já compilados.

Em síntese, esses caminhos possibilitam: **carregar** os lançamentos já realizados em função do seu componente e, assim, continuar seus lançamentos ou atualização em outros momentos; **considerar** a estrutura hierárquica pertencente à rede de grupos de dados que a metodologia propõe e, assim, disponibilizar filtros compatíveis a essa rede de grupos de dados, para facilitar o seu preenchimento; **alterar** OEs já armazenadas no banco de dados compilado (módulo “B”) utilizando a mesma interface do lançamento de novas OEs e, assim,

garantir o registro do sequenciamento das operações e das suas observações; caso contrário é necessário proceder à exclusão do lançamento e à execução de um novo lançamento com os dados desejados.

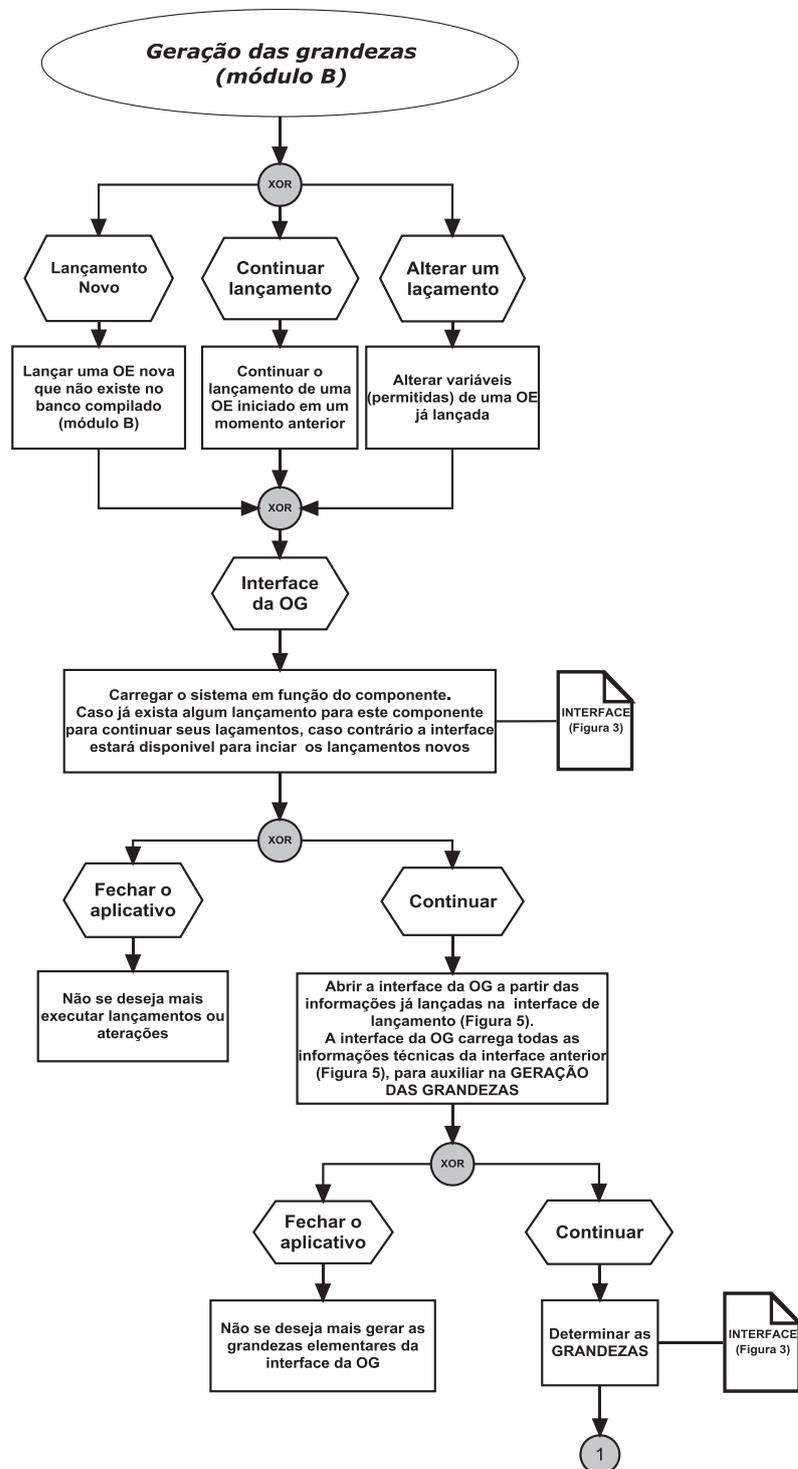


Figura 4 - Geração das grandezas elementares

Esses caminhos convergem para a OG, que representa o local de gestão dessas informações, implicando o preenchimento de dados relevantes aos componentes, aos recursos produtivos e aos procedimentos de fabricação. Contudo, o preenchimento em questão consiste na seleção de dados, não na geração de dados, pois esses dados selecionados pertencem aos bancos anteriormente constituídos; por exemplo, para componente será selecionado aquele que já está cadastrado no sistema.

Após identificar qual dos caminhos corresponde à necessidade do lançamento tem-se acesso à interface da OG, a qual necessita dos preenchimentos citados anteriormente. Depois de concluir esses preenchimentos, é necessária a confirmação dos dados para prosseguir o processo de desenvolvimento da OE. Tal confirmação implica localizar a OG disponível no aplicativo, a qual possui as particularidades da OG que está em análise. Assim sendo, o aplicativo contempla uma interface para cada tipo de OG por ele disponibilizada, porque se faz necessário considerar as particularidades de cada OG, que muitas vezes são exclusivas, possibilitando determinar as grandezas da operação elementar, com auxílio de recursos disponíveis no formulário carregado. Existe um formulário para cada OG cadastrada no aplicativo, do mesmo modo que cada formulário solicitado pela interface conta com um ambiente adaptado à OG correspondente. Esse ambiente poderá ser aprimorado constantemente, à medida que for usado e validado pelo processista.

Cada OG disponível no aplicativo contém todas as informações necessárias ao processista, para definir as grandezas da OE, de acordo com a sua estrutura hierárquica informada na interface (calculadora). Para gerar uma OE, deve-se seguir uma sequência de lançamentos de dados orientados pelo aplicativo, a qual se repetirá a cada fixação (*setup*) do componente ao equipamento. Porém, as informações geradas nessa interface serão validadas no banco de dados compilado (módulo “B”), após a sua confirmação no aplicativo.

4.2 Compilação de dados

Após definir e confirmar as grandezas elementares na interface do aplicativo (Figura 3), esses dados são transferidos para um banco de dados compilados (Figura 5), a fim de que, posteriormente, sejam utilizadas nas folhas de processos do PP.

Dados Compilados															
Nº LANÇAMENTO	COMPONENTE	PROCESSISTA	PG		PE		OG		OE		RECURSOS				
			01	PG003	01	PE051	01	OG0125	01	OE001	24242	EP0000	DF0000	PF0000	FE0000
1	CP0001	PA001	01	PG003	01	PE051	01	OG0125	02	OE001	dg	EP0000	DF0000	PF0000	FE0000
2	CP0001	PA001	01	PG003	01	PE051	01	OG0126	01	OE001	nilson Freire	EP0000	DF0000	PF0000	FE0000
3	CP0001	PA001	01	PG003	01	PE051	02	OG0126	01	OE001	nilson	EP0000	DF0000	PF0000	FE0000
4	CP0001	PA001	02	PG001	01	PE058	01	OG0159	A	OE005	[sf]	EP0000	DF0000	PF0000	FE0000
5	CP0001	PA001	02	PG001	01	PE058	01	OG0159	B	OE005	xbxvxb	EP0000	DF0000	PF0000	FE0000
6	CP0001	PA001	02	PG001	01	PE058	01	OG0159	C	OE005	OK, corrigido	EP0000	DF0000	PF0000	FE0000
7	CP0003	PA001	01	PG011	01	PE004	01	OG0014	01	OE001	sfsdf	EP0000	DF0000	PF0000	FE0000
8	CP0003	PA001	01	PG011	01	PE004	02	OG0014	01	OE001	asfasf	EP0000	DF0000	PF0000	FE0000
9	CP0003	PA001	01	PG011	01	PE001	02	OG0001	01	OE002	a = 45 m/s2	EP0000	DF0000	PF0000	FE0000
10	CP0003	PA001	01	PG012	01	PE040	03	OG0120	01	OE002	Nilson Teste	EP0000	DF0000	PF0000	FE0000
11	CP0010	PA001	01	PG013	01	PE071	03	OG0220	01	OE006	P= 50 Bar	EP0000	DF0000	PF0000	FE0000
12	CP0010	PA001	01	PG013	01	PE073	02	OG0222	01	OE006	xvxcvx	EP0000	DF0000	PF0000	FE0000
13	CP0010	PA001	01	PG013	01	PE073	02	OG0222	03	OE006	Nilson Freire	EP0000	DF0000	PF0000	FE0000
14	CP0010	PA001	01	PG013	01	PE073	02	OG0222	02	OE006	FREIRE	EP0000	DF0000	PF0000	FE0000
(Novo)															

Figura 5 - Dados compilados no aplicativo

A Figura 6 apresenta a continuação do fluxograma exposto na Figura 4, contemplando o banco de dados compilados.

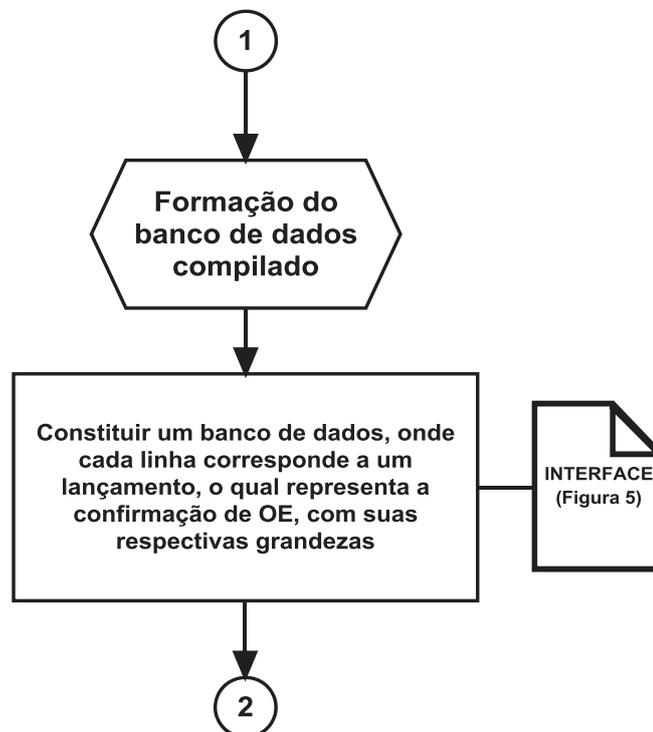


Figura 6 - Compilação de dados

Adicionalmente, esse banco de dados compilados possibilita a exclusão de qualquer lançamento, quando desejado. Para lançá-lo novamente, porém, devem ser repetidos os passos sucessivamente na interface de lançamento (Figura 3).

4.3 Elaboração da folha de processos

Com acesso ao banco de dados compilado, em que constam todos os lançamentos orientados pelo planejamento de processos, pode-se gerar para *download* ou para impressão o arquivo da folha de processos para disponibilizar aos setores afins da empresa. Enfim, o módulo “C” (Figura 7) é constituído pelos resultados possíveis de serem adquiridos a partir os dados compilados.

A folha de processos apresenta o registro de todas as operações elementares com seus respectivos níveis hierárquicos, inclusive os processos elementares terceirizados. Também orienta todo o roteiro de fabricação, independentemente do local de execução.

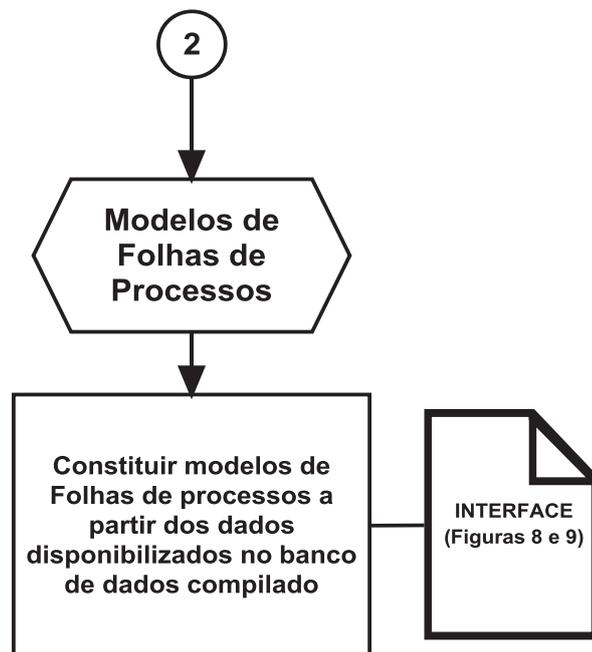


Figura 7 - Elaboração da folha de processos.

Nesse cenário, as grandezas de fabricação são informadas no plano de processo, salvo os processos terceirizados, em que o PP apenas irá informar a situação de terceirização.

A Figura 8 apresenta o esboço de folha de processos do PP, a qual pode ser salva no formato PDF. Esse arquivo da folha de processo apresenta sempre a mesma formatação,

inclusive no que se refere às fontes, às configurações de página e aos níveis hierárquicos dos procedimentos de fabricação, garantindo, assim, um formato padronizado. Essa folha pode ser impressa, ou pode ser salvo o resumo das operações em função dos equipamentos para ser utilizado na gestão da manufatura de componentes.

A Figura 8 apresenta a folha de rosto do PP, onde são observados três pontos de destaque: **o ponto (I)**, que informa o nome do relatório; **o ponto (II)**, que informa o componente e a quantidade a que se refere o plano de processos; **o ponto (III)**, que informa a data de impressão da folha de processo.

PROD-PPF-04/00

Plano de Processos

LOGO DA EMPRESA

I

ROTEIRO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO
PLANO DE PROCESSO GLOBAL DE FABRICAÇÃO

II

COMPONENTE: CP0002 - PEDRA CORDALINA PARA ANEIS OVAL / LOTE: 50 PEÇAS

III

Passo Fundo, 24 de outubro de 2013.

NOME DA EMPRESA - CNPJ: 00.000.000/0000-00 - Ins. Em: 000/0000000 - Rua: ENDEREÇO DA EMPRESA CP: 00000-000 - CIDADE - ESTADO - PAÍS - E-mail: E-mail@ Site: SITE - Telefone: (00) 0000-0000

1 - 7

Figura 8 - Folha de rosto do plano de processos

A Figura 9 apresenta a parte do PP que referencia o PG. Ao início de um PG, o relatório começa em uma nova folha, para melhor representar os níveis hierárquicos dos procedimentos de fabricação e para melhor compreensão da rota definida pelo planejamento de processos.

PROD-PPF-04/00

LOGO DA EMPRESA

Plano de Processos

CP0003 - SPOTLIGHT FÊMEA / LOTE: 300 PEÇAS

Processo:

01 PG013 - MOLDAGEM

01 . 05 PE071 - MOLDAGEM POR INJEÇÃO

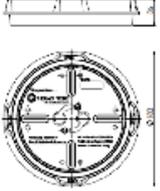
Recursos Produtivos: EP0000 - TERCEIRIZADO / DF0000 - TERCEIRIZADO

Operação:

01 . 05 . 01 OG0220 - INJEÇÃO

Recursos Produtivos: PF0000 - TERCEIRIZADO / FE0000 - TERCEIRIZADA

SETUP - 01




OE - 01 . 05 . 01 . 01	Pressão:
INJEÇÃO DE ADICIONAMENTO	Velocidade:
	Tempo de resfriamento:

Passo Fundo, 18 de outubro de 2013.

NOME DA EMPRESA - CNPJ: 00.000.000/0000-00 - Ins. Est. 000/000/0000 - Rua: ENDEREÇO DA EMPRESA CEP: 00000-000 - CIDADE - ESTADO - PAÍS - E-mail: E-mail Site: SITE - Telefone: (00) 0000-0000

1 - 1

Figura 9 - Corpo do plano de processo

Os pontos importantes da folha de processos são os pontos (A, B e C). O **ponto (A)** informa os níveis hierárquicos superiores ao OE, porém o último nível é o OG, que indica o momento do setup do equipamento; o **ponto (B)** também apresenta a OG, porém na forma de desenho (esquema), o qual traz as informações relevantes à OG, como, por exemplo, as

referências de fixação e o ponto de referência; por fim, o **ponto (C)** informa as OEs pertencentes ao mesmo *setup* (OG), com suas grandezas.

Todos esses pontos (A, B e C) são ordenados conforme a rota anteriormente informada no módulo “A”. O relatório está limitado aos dados compilados no módulo “B”.

O extrato representado na Figura 10 é semelhante à estrutura da folha de processo, porém dá ênfase ao equipamento, que visa a facilitar a compreensão da rota definida pelo planejamento de processos no chão de fábrica e no setor de manufatura, que necessita saber a sequência de equipamentos para fabricação do componente.

Ao longo os roteiros de manufatura, são necessários relacionar os equipamentos (Tabela 6) que serão compartilhados entre os componentes no processo de fabricação.

Tabela 6 - Relação dos componentes para fabricação em função dos equipamentos

Componente	Equipamento			
	A	B	C	...
01	X	X		X
02		X	X	X
03	X		X	
...		X		X

EQ: SERRA RÁPIDA CIRCULAR DE BANCADA (EP0001)	
Componente: CP0002 - PEDRA CORDALINA PARA ANEIS OVAL	
01 . SERRAMENTO CIRCULAR TIPO A (OG0079)	
DISP. FIXAÇÃO: (DF0001 - MORSAGD)	
PORTA FERRAMENTA: PF0001 - HASTE E FIXAÇÃO DE DISCO / FERRAMENTA: FE0001 - DISCO DE CORTE	
SETUP - 01	
OE - Operações Elementares:	
01 . 03 . 01 . 01	Lado D
SERRAMENTO CIRCULAR TIPO A DE DESBASTE	n = 450 rpm
02 . SERRAMENTO CIRCULAR TIPO A (OG0079)	
DISP. FIXAÇÃO: (DF0001 - MORSAGD)	
PORTA FERRAMENTA: PF0001 - HASTE E FIXAÇÃO DE DISCO / FERRAMENTA: FE0001 - DISCO DE CORTE	
SETUP - 02	
OE - Operações Elementares:	
01 . 01 . 02 . 01	Primeiro Corte duplo. (três superfícies planas)
SERRAMENTO CIRCULAR TIPO A DE DESBASTE	N = 450 rpm
03 . SERRAMENTO CIRCULAR TIPO A (OG0079)	
DISP. FIXAÇÃO: (DF0001 - MORSAGD)	
PORTA FERRAMENTA: PF0001 - HASTE E FIXAÇÃO DE DISCO / FERRAMENTA: FE0001 - DISCO DE CORTE	
SETUP - 03	
OE - Operações Elementares:	
01 . 01 . 03 . 01	Segundo corte duplo. (cinco superfícies planas)
SERRAMENTO CIRCULAR TIPO A DE DESBASTE	N = 450 rpm

Figura 10 - Extrato de um plano de processos

5 VALIDAÇÕES DA METODOLOGIA

A validação da metodologia é determinada pela compatibilidade entre as características da rota de fabricação de um componente e as características da metodologia proposta. Para validá-la, é necessário que a metodologia seja capaz de absorver todas as características de fabricação de um componente. São considerados na validação da metodologia três componentes, os quais necessitam de alguns processos de fabricação (PG). Ainda, embora as características relevantes à validação sejam informadas juntamente com os recursos produtivos, a representação gráfica da metodologia terá o formato do aplicativo, por meio da folha de processo.

Os recursos produtivos considerados na validação da metodologia são fictícios, mas na prática devem ser caracterizados com base em um documento (Figura 11) gerado por uma metodologia capaz de identificá-los de acordo com seu processo de fabricação elementar (PE). Isso permitirá visualizar um equipamento, no qual será possível identificar o seu dispositivo de fixação, o seu porta-ferramentas e a sua(s) ferramenta(s).

A inserção de um dispositivo no aplicativo depende da sua identificação (Figura 11), inclusive de suas partes, ou seja, identificar os recursos produtivos: equipamento; dispositivo de fixação; porta-ferramenta; ferramenta que está habilitado a utilizar.

Essa tratativa (Figura 11) é fundamental na validação da metodologia, pois o funcionamento pleno do aplicativo depende da clareza na classificação dos recursos produtivos. Não são toleráveis classificações erradas, porque resultam em erros graves; por exemplo, um dispositivo de fixação não pode ser classificado como um porta-ferramenta. Essas são classificações totalmente diferentes; ou seja, o dispositivo de fixação é aquele que fixa o componente ao equipamento, enquanto o suporte para ferramenta (porta-ferramentas) é o dispositivo que, como o nome já indica, fixa-a ao equipamento.

IDENTIFICAÇÃO DO RECURSO PRODUTIVO

NOME DA EMPRESA

NOME DO RECURSO: **SERRA RÁPIDA CIRCULAR DE BANCADA** CÓDIGO PATRIMONIAL: **0003**

Esquema (desenho):



DESCRIÇÃO	EP	CP	DF	PF	FE
EXECUTA A OPERAÇÃO (DISCO DE CORTE)					■
FIXAÇÃO DO COMPONENTE (MORÇA)			▲		
PORTA-FERRAMENTA (HASTE DE FIXAÇÃO)				★	
MATÉRIA-PRIMA		■		★	
EQUIPAMENTO (SERRA RÁPIDA CIRCULAR DE BANCADA)	★				

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	TIPO RECURSO
	SERRA RÁPIDA CIRCULAR DE BANCADA	EQUIPAMENTO
	HASTE DE FIXAÇÃO	PORTA-FERRAMENTA
	MORÇA	DISPOSITIVO FIXAÇÃO
	DISCO DE CORTE	FERRAMENTA

Passo Funda, 16 de Setembro de 2013.

Responsável

Figura 11 - Identificação dos recursos produtivos

5.1 Aplicação

Os três componentes utilizados no processo de validação da metodologia (Figura 12) foram o componente “A”, que se refere a uma gola de tecido, utilizado em uma camisa masculina; o componente “B”, que corresponde a um componente de pedra preciosa, utilizado em um anel; e o componente “C”, que diz respeito a um componente plástico, utilizado em um produto elétrico.

5.2 Validação

No processo de validação da metodologia, faz-se necessário considerar algumas informações para validá-la e possibilitar o pleno funcionamento do aplicativo, que é seu principal agente prático de aplicação, de acordo com as suas normas. As principais informações são:

- a matéria-prima para especificar o material;
- o componente para representar os itens a partir da matéria-prima;
- a operação para representar os procedimentos de fabricação;
- o equipamento, o dispositivo de fixação, o suporte para ferramenta e a ferramenta para representarem os recursos produtivos;
- o esquema (desenho) para representar os *setups*;
- as variáveis da operação para representar suas grandezas;
- os instrumentos de medição para garantir o aferimento das medidas durante cada *setup*.

Os três componentes validam a metodologia porque apresentam as informações citadas anteriormente, o que implica ter à mercê da metodologia as informações necessárias para validá-la por meio do aplicativo.

Tanto os componentes quanto a matéria-prima utilizadas para fabricá-los são compatíveis com as exigências do aplicativo. Isso significa que esses dados são exigências do aplicativo, validando a metodologia no aspecto dos tipos de peças (grupos de peças).

As operações necessárias para fabricá-los pertencem à estrutura hierárquica dos procedimentos de fabricação proposta pela metodologia. No entanto, caso seja necessária a inclusão de novas operações devido ao avanço tecnológico dos recursos produtivos, há a possibilidade de adicioná-las no aplicativo, o que valida a metodologia no aspecto dos procedimentos de fabricação.

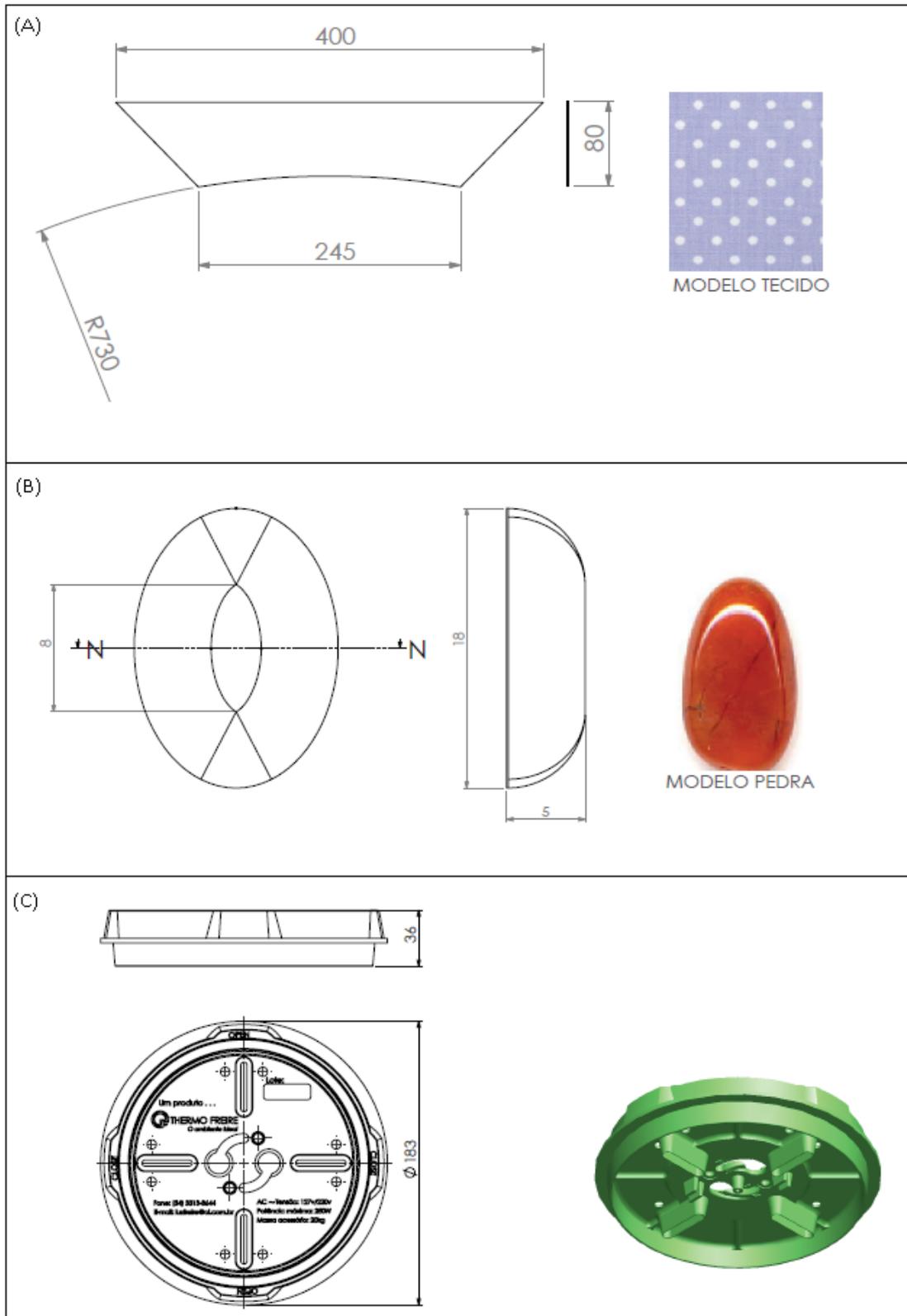


Figura 12 - Aplicações da metodologia

Somando-se ao exposto, os recursos produtivos necessários para fabricar esses três componentes contribuem no processo de validação da metodologia, pois o aplicativo

possibilita a consulta ou o cadastro de novos recursos, se necessário, ou seja, permite cadastrar os recursos que representem novas demandas para a fabricação de um componente. Isso valida, portanto, a metodologia no aspecto dos recursos produtivos.

Além disso, a metodologia é validada pelo fato de disponibilizar o cadastro dos esquemas de fabricação de cada *setup*, pertencentes a cada uma das peças responsáveis pela validação da metodologia (Figura 10).

Assim, essa metodologia é validada na medida em que pode ser aplicada, por meio do uso do aplicativo, a qualquer componente, desde que sejam conhecidos seus procedimentos de fabricação, seus recursos produtivos e sua matéria-prima, para enquadrá-los nos grupos de banco de dados, que constituem as estruturas hierárquicas de dados.

Os documentos que validam a metodologia proposta no aplicativo estão expostos, na sequência, nos apêndices deste trabalho, contendo, além da folha de processos, os desenhos dos componentes.

5.3 Validação do modelo

Para a validação do modelo, será utilizado o caso do componente “B” (Figura 12). Para fins de elaboração do respectivo Plano de Processos e iniciar o lançamento de sua rota de fabricação no aplicativo, faz-se necessário que os grupos de bancos de dados sejam relacionados a esse componente, por exemplo, o cadastro do componente, da matéria-prima e dos recursos produtivos.

A primeira página da Folha de Processos está destinada a apresentar os dados do componente, neste caso do componente “B”, onde constam: o nome do relatório; o código e a descrição do componente; a quantidade de peça (lote a ser fabricado); a data em que ele foi gerado; a Folha de Processos e a identificação da empresa a qual ele pertence.

A seguir, passa-se à descrição dos Processos de Fabricação (PG) do componente. A cada PG proposta pela rota de fabricação do componente, a Folha de Processos inicia uma nova página com o seu indicador numérico de primeira ordem, que contempla o número e a sequência dos PGs de que o componente necessita para ser fabricado. Neste caso, o componente “B” necessita de um Processo Global de Fabricação (PG0011 - Usinagem Convencional). Essa página se estende, hierarquicamente, do PG até o OE, diferenciados pelos seus indicadores numéricos.

PROD-PPF-04/00

LOGO DA EMPRESA

Plano de Processos

CP0002 - PEDRA CORDALINA PARA ANEIS OVAL / LOTE: 50 PEÇAS

Processo:

01 PG011 - USINAGEM CONVENCIONAL

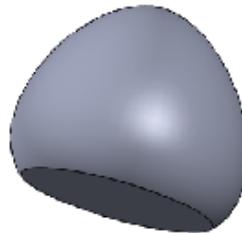
01 . 01 PE021 - SERRAMENTO

*Recursos Produtivos: EP0001 - SERRA RÁPIDA CIRCULAR DE BANCADA / DF0001 - MORSA GD*Operação:

01 . 01 . 01 OG0079 - SERRAMENTO CIRCULAR TIPO A

Recursos Produtivos: PF0001 - HASTE FIXAÇÃO DE DISCO / FE0001 - DISCO DE CORTE

SETUP - 01



OE - 01 . 01 . 01 . 01

Corte da base para referenciar o início do corte. (uma superfície plana)

SERRAMENTO CIRCULAR TIPO A DE DESBASTE

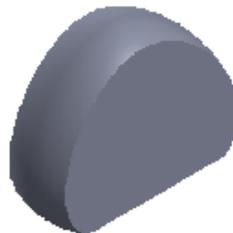
N = 450 rpm.

Operação:

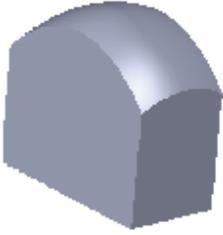
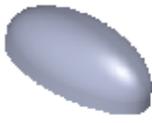
01 . 01 . 02 OG0079 - SERRAMENTO CIRCULAR TIPO A

Recursos Produtivos: PF0001 - HASTE FIXAÇÃO DE DISCO / FE0001 - DISCO DE CORTE

SETUP - 02



NOME DA EMPRESA - CNPJ: 00.000.000/0000-00 - Insc. Est.: 000/000/0000 - Rua: ENDEREÇO DA EMPRESA CEP: 00000-000 - CIDADE - ESTADO - PAÍS - E-mail: E-mail Site: SITE - Telefone: (00) 0000-0000

OE - 01 . 01 . 02 . 01	Primeiro Corte duplo. (três superfícies planas) N = 450 rpm
SERRAMENTO CIRCULAR TIPO A DE DESBASTE	
Operação:	
01 . 01 . 03 OG0079 - SERRAMENTO CIRCULAR TIPO A	
<i>Recursos Produtivos: PF0001 - HASTE FIXAÇÃO DE DISCO / FE0001 - DISCO DE CORTE</i>	
SETUP - 03	
	
OE - 01 . 01 . 03 . 01	Segundo corte duplo. (cinco superfícies planas) N = 450 rpm
SERRAMENTO CIRCULAR TIPO A DE DESBASTE	
01 . 03 PE021 - SERRAMENTO	
<i>Recursos Produtivos: EP0001 - SERRA RÁPIDA CIRCULAR DE BANCADA / DF0001 - MORSA GD</i>	
Operação:	
01 . 03 . 01 OG0079 - SERRAMENTO CIRCULAR TIPO A	
<i>Recursos Produtivos: PF0001 - HASTE FIXAÇÃO DE DISCO / FE0001 - DISCO DE CORTE</i>	
SETUP - 01	
	
OE - 01 . 03 . 01 . 01	Lado D n = 450 rpm
SERRAMENTO CIRCULAR TIPO A DE DESBASTE	
<small>NOME DA EMPRESA - CNPJ: 00.000.000/0000-00 - Ins. Est.: 000/000/0000 - Rua: ENDEREÇO DA EMPRESA CEP: 00000-000 - CIDADE - ESTADO - PAÍS - E-mail: E-mail Site: SITE - Telefone: (00) 0000-0000</small>	
2 - 4	

01 . 04		PE014 - LIXAMENTO
<i>Recursos Produtivos: EP0000 - TERCEIRIZADO / DF0000 - TERCEIRIZADO</i>		
<u>Operação:</u>		
01 . 04 . 01		OG0040 - LIXAMENTO COM FITA ABRASIVA
<i>Recursos Produtivos: PF0000 - TERCEIRIZADO / FE0000 - TERCEIRIZADA</i>		
SETUP - 01		
		
OE - 01 . 04 . 01 . 01	Lixar contos	
LIXAMENTO COM FITA ABRASIVA DE ACABAMETNO		
01 . 05		PE023 - TAMBORAMENTO
<i>Recursos Produtivos: EP003 - TAMBORADOR / DF0002 - TAMBOR DO TAMBORADOR</i>		
<u>Operação:</u>		
01 . 05 . 01		OG0089 - TAMBORAMENTO
<i>Recursos Produtivos: PF0003 - TAMBOR DO TAMBORADOR / FE0003 - CUPS CERÂMICO</i>		
SETUP - 01		
		
OE - 01 . 05 . 01 . 01	0,0010 kg de abrasivo tipo A	
TAMBORAMENTO DE ACABAMETNO		
<small>NOME DA EMPRESA - CNPJ: 00.000.000/0000-00 - Ins. Est. 000/000/0000 - Rua: ENDEREÇO DA EMPRESA CEP: 00000-000 - CIDADE - ESTADO - PAÍS - E-mail: E-mail@ Site: SITE - Telefone: (00) 0000-0000</small>		
3 - 4		

Figura 13 - Folhas de processos do componente “B”

O nível III desta página apresenta o esquema (desenho) correspondente à fixação do componente “B” ao equipamento (EP0001 – SERRA RÁPIDA CIRCULAR DE BANCADA). Esse esquema está compilado em um banco de dados do aplicativo chamado de “ESQ” (Figuras 2 e 14). A Folha de Processos (Figura 13) deixa clara essa hierarquia.

O último nível numérico apresentado na Folha de Processos refere-se à OE, onde estão presentes todas as informações das suas grandezas elementares (observa-se na rede de estrutura hierárquica da metodologia da Figura 14) durante o lançamento da OE (01.01.01.01 – SERRAMENTO CIRCULAR DE DESBASTE), o que constitui os dados compilados no módulo “B” (Figuras 1 e 14). Esse procedimento ocorre para todas as outras OEs utilizadas na fabricação do Componente “B” pois, como foi comprovado, a Folha de Processos organiza os dados hierarquicamente, conforme seus cadastros e a sua sequência, de acordo com os indicadores numéricos que lhe foram atribuídos, o que o valida a qualquer outra situação.

O nível numérico na Folha de Processos é o indicador da rota de fabricação desse componente e de qualquer outro que o utilize e esteja apto a aderir aos bancos de dados exigidos pela metodologia.

Outros casos de validação (componentes A e C) encontram-se em apêndice.

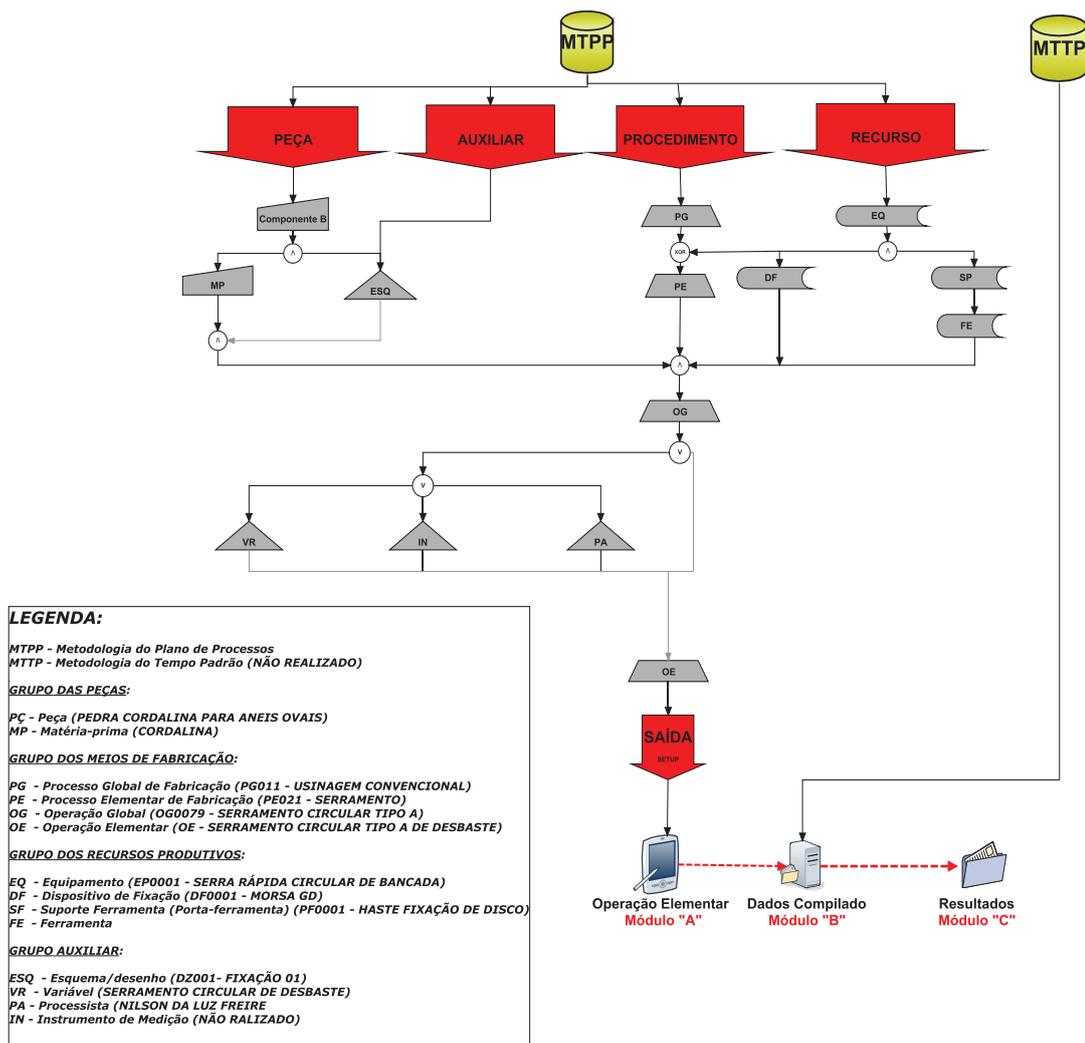


Figura 14 - Rede de estruturas hierárquicas para a OE – 01.01.01.01

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho, desenvolveu-se uma metodologia para auxiliar o processista na elaboração de seus planos de processos, começando pelos requisitos de projeto expressos nos desenhos dele provenientes até a constituição padronizada da folha de processos, com base no planejamento de processos.

Pretendeu-se contribuir para o preenchimento de uma lacuna: a falta de procedimentos padronizados (sistemáticos) para se produzir componentes, com a característica do plano de processo igual para qualquer tipo de produto. Para tanto, elaborou-se uma rede de grupos de dados estruturados hierarquicamente e criou-se um aplicativo capaz de executá-la.

Pesquisas na literatura, somadas a visitas a diferentes empresas, confirmaram que o principal problema na fabricação de componentes é a falta de planejamento de produção para que se possa garantir a excelência desse processo. Por isso, neste trabalho, ressaltou-se a importância dos bancos de dados no funcionamento do aplicativo.

Porém, o mais importante da metodologia proposta consiste na visão sistêmica que privilegia as relações entre os grupos de bancos de dados, com a preocupação evidente de melhorar os resultados do sistema de planejamento de processos, e não os resultados de cada processo de fabricação, isoladamente. Essa forma de desenvolver planos de processos requer apenas a melhor opção de rota de fabricação e melhores aproveitamentos dos recursos produtivos, que são essenciais no planejamento dos processos permitindo, assim, que as operações sejam realizadas com vistas à otimização no desenvolvimento de plano de processos.

O aplicativo desenvolvido neste trabalho foi chamado de “Metodologia sistemática para elaboração de planos de processos completos com auxílio de computador”, colocando-se como uma inovação tecnológica, se comparada às metodologias tradicionais. Com efeito, a metodologia ora apresentada contempla qualquer tipo de componente, independentemente do processo de fabricação de que necessita.

Contribuições

A metodologia tem como ponto central a interação de dois importantes estágios da fabricação, o planejamento de processos e o planejamento das operações, resultando num método que envolve melhor utilização dos recursos disponíveis e otimização indireta em

tempos e custos para cada componente. Registram-se, ainda, outras contribuições relevantes, a saber:

- o uso da estratégia de construir grupos de bancos de dados que contemplam os procedimentos de fabricação, os recursos produtivos e Os materiais;
- o aplicativo foi desenvolvido pensando numa interface gráfica de fácil acesso para o usuário, para poder ser utilizado futuramente com fins educativos visando a auxiliar os alunos de cursos de processos de fabricação, entre outros;
- a utilização de banco de dados em função da rede de grupos de bancos de dados hierárquicos, em vez de bancos individuais, permite que se passe a considerar parâmetros relevantes e aplicáveis para qualquer componente que necessite de algum tipo de operação para ser fabricado.

Características técnicas

As características técnicas mais relevantes são:

- a metodologia utiliza o computador como ferramenta de otimização;
- os dados necessários para desenvolver o aplicativo foram carregados no utilitário Access que, embora talvez não seja frequentemente utilizado em grandes empresas, é amplamente conhecido;
- o aplicativo foi desenvolvido numa programação orientada a eventos e com interface gráfica, configurando-se como uma ferramenta de fácil acesso ao usuário e com grande possibilidade de ampliação.

Limitações do trabalho

As limitações mais relevantes do trabalho podem ser assim relatadas:

- adotou-se uma rede de grupos de dados na qual um dos grupos não pode ser alterado. De fato, necessita de programação para atualização, e esse caso se refere ao grupo dos procedimentos de fabricação, que demanda manutenção do aplicativo pois, desejando-se considerar em seu processo produtivo o surgimento de novo processo, deve-se desenvolver suas interfaces gráficas personalizadas;
- o método não está suficientemente otimizado para ser disponibilizado ao público em geral; portanto, necessitará de trabalho de especialista em base de dados como contribuição para seu aperfeiçoamento.

Propostas para trabalhos futuros

Eis as propostas mais relevantes para trabalhos futuros:

- no estágio atual do método, torna-se possível utilizar o aplicativo desenvolvido para obter-se resultados de interesse e, assim, proceder a estudos comparativos com outras propostas semelhantes, sendo uma possibilidade para a continuação do trabalho uma investigação contínua de aproximação com as realidades industriais;
- a interface gráfica do aplicativo pertencente a cada operação, de forma caracterizada, pode ser constantemente atualizada, o que permite que sejam criados diversos mecanismos de auxílio à geração de suas grandezas elementares, garantindo, assim, a flexibilidade a alteração;
- no mesmo sentido, seria muito interessante a introdução de outros aplicativos na elaboração das grandezas elementares, visando a obter resultados finais otimizados; por exemplo, os desenhos armazenados no banco de dados do aplicativo poderiam trabalhar em sintonia com a plataforma do *software* AutoCAD®, que possibilita executar o desenvolvimento dos desenhos, isto é, a plataforma desse *software* possibilita desenhar o componente e o aplicativo possibilita armazená-lo;
- por fim, seria recomendável apresentar no “esquema” do *setup* a rota de fabricação geral, com todos os desenhos, porém identificado o desenho pertencente ao *setup*.

REFERÊNCIAS

ALECRIM, E. **Apostila Access 2007 (básico)**. 2007. Disponível em: <<http://andreluizsilva.files.wordpress.com/2010/07/apostila-access-2007-basico.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2012.

BALABAN, M.; BRAHA, D. Temporal reasoning in process planning. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, v. 13, p. 91-104, 1999.

BANDYOPADHYAY, S. et al. Component description for knowledge based process planning. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 1, n. 3, p. 55-74, 1986.

BATOCCHIO, A. **Planejamento do processo e de célula de manufatura**. São Paulo: Ed. Universidade Estadual de Campinas, 1992.

CHANG, T. C.; WYSK, R. A. **An introduction to automated process planning systems**. New Jersey: Prentice Hall, 1985.

CHANG, T. C.; WYSK, R. A.; WANG, H. P. **Computer-aided manufacturing**. 2. ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2005.

CHOI, Y.-C.; XIROUCHAKIS, P. A production planning in highly automated manufacturing system considering multiple process plans with different energy requirements. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 2013.

CHRYSSOLOURIS, G. Process planning. In: _____. **Manufacturing Systems: theory and practice**. Troy: Springer Science-i-Business Media, 2006. p. 281-328. (Mechanical Engineering Series).

DURAN, Orlando. **Gestão da produção: normas e orientações práticas**. São Carlos: UFSCar, 2005.

ECKERT, C. M.; CLARKSON, P. J. Planning development process for complex products. **Res Eng Design**, v. 21, p. 153-171, 2010.

FENG, S. C. Preliminary design and manufacturing planning integration using web-based intelligent agents. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 16, p. 423-437, 2005.

GAYRETLO, A.; ABDALLA, H. S. A prototype constraint-based system for the automation and optimization of machining processes. **Proc Instn Mech Engrs**, v. 213, part B, 1999.

KALTA, M.; DAVIES, B. J. Product representation for an expert process planning system for rotational components. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 9, p. 180-187, 1994.

KAYACAN, M. C. et al. OPPS-ROT: an optimised process planning system for rotational parts. **Computers in Industry**, v. 32, p. 181-195, 1996.

KIRITSIS, D. A review of knowledge-based expert systems for process planning: methods and problems. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 10, p. 240-262, 1995.

LEE, K. S. et al. Automated process planning for the manufacture of lifters. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 17, p. 727-734, 2001.

LIU, X.-J. Modeling of additive manufacturing process relevant feature in layer based manufacturing process planning. **J. Shanghai Jiaotong Univ.**, v. 17, n. 2, p. 241-244, 2012.

LORINI, F. J. **Tecnologia de grupo e organização de manufatura**. Florianópolis: Ed. Daufsc, 1993.

MARRI, H. B.; GUNASEKARAN, A.; GRIEVE, R. J. Computer-aided process planning: a state of art. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 14, p. 261-268, 1998.

NEJAD, H. T. N. et al. Multi agent architecture for dynamic incremental process planning in the flexible manufacturing system. **J Intell Manuf**, v. 21, p. 487-499, 2010.

PRERRY, Greg. **Access: programando através de exemplos**. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

RADWAN, A. A practical approach to a process planning expert system for manufacturing process. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 11, p. 75-84, 2000.

RAUBER, J. et al. (Coord.). **Apresentação de trabalhos científicos: normas e orientações práticas**. Passo Fundo: UPF Editora, 2002.

REZENDE, D. F. **Planejamento de processos de fabricação assistido por computador através de um sistema especialista baseado na tecnologia de features: um modelo de desenvolvimento voltado para a realidade industrial**. 1996. 189f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

SCHEER, August. **Methods Aris 7.0: IDS Sheer AG**. Saarbrücken, 2005.

SHIAU, Y.-R.; LIN, M.-H.; CHUANG, W.-C. Concurrent process/inspection planning for a customized manufacturing system based o genetic algorithm. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 33, p. 746-755, 2007.

SREERAMULU, D.; RAO, C. S. P. Identofocation of patterns in genetic-algorithm-based solutions for optimization of process-planning problems using a data mining tool. **International Journal of Applied Management and Technology**, v. 10, issue 1, p. 16-33, 2011.

SSMAKULA, M. E.; RANGACHAR, R. M. The prospects of process sequence optimization in CAPP systems. **Computers & Industrial Engineering**, v. 16, Issue 1, p. 161-170, 1989.

TIWARI, M. K.; KOTAIAH, K. R.; BHATNAGAR, S. A case-based computer-aided process-planning system for machining prismatic components. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 17, p. 400-411, 2001.

WANG, H.-P.; LI, J.-K. **Computer-aided process planning**. Amsterdam; Oxford; New York; Tokyo: Elsevier, 1991.

XU, H.-M.; LI, D.-B. A clustering-based modeling scheme of the manufacturing resources for process planning. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 38, p. 154-162, 2008.

XU, H.-M.; LI, D.-B. A meta-modeling paradigm of the manufacturing resources using mathematical logic for process planning. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 36, p. 1022-1031, 2008.

ZENI, R. **EJRos Call Center**. Caxias do Sul, 2012.

APÊNDICES

APÊNDICE A - DESENHOS

APÊNDICE B - PLANOS DE PROCESSOS

APÊNDICE C - DESENHOS

APÊNDICE D - EXTRATO