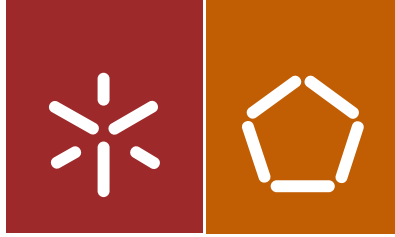




Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Carlos Guilherme de Veiga Amorim

Implementação de um Modelo de
Referenciação Genérica num Sistema
de Produção Engineer-to-Order



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Carlos Guilherme de Veiga Amorim

Implementação de um Modelo de
Referenciação Genérica num Sistema
de Produção Engineer-to-Order

Dissertação de Mestrado
Engenharia Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do
Professor Doutor Paulo Martins

Outubro de 2014

Agradecimentos

Gostaria de agradecer aos colaboradores que trabalham no gabinete técnico e na oficina da Informoldes S.A. que se prontificaram sempre que solicitado a prestar esclarecimentos relativos ao produto, particularmente ao Eng. Daniel Costa e ao Sr. João Carlos por terem partilhado comigo o seu conhecimento sobre moldes e por terem trocado pontos de vista sobre o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço também ao meu orientador, Professor Paulo Martins por ter partilhado o seu conhecimento sobre o modelo GenPDM e ter orientado o meu trabalho nos momentos de dúvida.

A realização deste trabalho não teria sido possível sem o apoio incondicional da minha família que sempre me conseguiu encorajar, sem a boa disposição dos meus amigos próximos, e sem o estímulo determinante e a motivação da minha namorada.

Resumo

No contexto atual de mercado e concorrência globalizada, a sobrevivência das empresas depende da adoção de medidas que lhes permitam aumentar a sua eficiência e destacar-se da concorrência através da diferenciação dos seus produtos.

Neste trabalho propõe-se implementar o modelo de referenciação genérica GenPDM, desenvolvido na Universidade do Minho, no sistema de produção Engineer-to-Order (ETO). A referenciação genérica pretende dar às empresas a capacidade de gerir com eficiência a informação relacionada com os produtos e os seus processos de fabrico em contexto de customização em massa.

A implementação do modelo GenPDM no sistema ETO focou-se na fase de orçamentação do produto. Para isso, sustentou-se este trabalho num caso de estudo, a empresa Informoldes S.A. que se dedica ao fabrico de moldes de injeção plástica para o ramo automóvel. A natureza da sua área de negócio exige a adaptação plena dos seus produtos às necessidades específicas dos clientes assim como o desenvolvimento dos produtos em estreita colaboração com os mesmos.

Na primeira fase deste trabalho aprofundaram-se conhecimentos e recolheram-se dados relativos ao produto e ao sistema de produção do caso de estudo. Com os dados recolhidos foi possível registar as relações existentes entre os requisitos dos clientes e o produto final. Para atingir este objetivo deu-se especial enfoque à decomposição do produto e ao estudo das relações hierárquicas do produto com os seus componentes intermédios e matérias-primas. Paralelamente, recolheram-se dados relativos à lista de operações de cada componente fabricado internamente bem como os tempos de cada operação. Desta forma foi possível fazer uma aproximação estatística dos tempos das operações que posteriormente foram utilizados na implementação do modelo.

Na segunda fase deste trabalho foi implementado o modelo segundo as orientações do GenPDM com recurso aos dados recolhidos durante a primeira fase. Na terceira e última fase foi escolhido o exemplo de um produto real com o qual foi testada a funcionalidade do modelo implementado.

Referenciação Genérica; Engineer-to-Order; GenPDM; Customização em Massa; Lista de Materiais; Lista de Operações; Fabrico de Moldes; Orçamentação

Abstract

Due to the current context of globalized market and competition, the survival of the companies lies on their ability to take actions in order to increase their efficiency and stand out from the competitors through the differentiation of their products.

In this essay is proposed the implementation of the generic referencing model GenPDM, developed at University of Minho, in an Engineer-to-Order (ETO) production system. Generic referencing aims to give the companies that work within mass customization context the ability to manage efficiently the data related to the product and its manufacture processes.

The adaptation of the GenPDM model to the ETO system was focused on the quotation phase. With this purpose, a case study was chosen, Informoldes S.A. company, that is dedicated to the project and manufacture of plastic injection molds for the automotive industry. Its business area requires that the products must fully adapt to the specific needs and requests of the clients and, at the same time, the development of the products must occur in close cooperation with them.

In order to reach these targets, the first stage of this work consisted on increasing the knowledge and collecting data related with the product and the company's production system. With this data, it was possible to document the existing relations between the client requests and the final product in order to understand how they impact on the product. For this purpose, the decomposition of the product was studied, as well as the relations between the product and its components and raw materials. At the same time, bills of operations and manufacturing times of each component produced at the company were collected. With this data it was possible to estimate statistically the operations times that were used on the model implementation.

On the second stage, the data collected on the first stage was introduced in the model following the rules of GenPDM. On the third stage an example of a real product was chosen in order to test the functionality of the implemented model.

Generic Referencing; Engineer-to-Order; GenPDM; Mass Customization; Bill of Materials; Bill of Operations; Injection Molds Manufacturing; Quotation

Índice

Agradecimentos	I
Resumo	III
Abstract.....	V
Índice	VII
Índice de Figuras	IX
Índice de Tabelas	XIII
Siglas e Acrónimos	XV
1. Introdução.....	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	3
1.3. Metodologia de investigação	4
1.4. Estrutura da dissertação	4
2. Descrição da Empresa e do Produto	7
2.1. A Empresa.....	7
2.2. Contexto da Empresa	8
2.3. Fases da Conceção de um Molde.....	9
2.4. Introdução aos Moldes de Injeção	10
2.4.1. Princípios de funcionamento da Injeção.....	10
2.4.2. Constituição de um Molde.....	12
2.4.2.1. Lado de Injeção ou Lado Fixo.....	13
2.4.2.2. Lado de Extração ou Lado Móvel	14
2.4.2.3. Corrediças.....	17
2.4.2.4. Balancés	18
2.5. Descrição dos Processos de Fabrico	20
2.5.1. Processos Internos	20
2.5.2. Processos Externos	27
2.6. O processo de orçamentação na empresa.....	27
3. Revisão Bibliográfica	31
3.1. Customização em Massa.....	31
3.2. Engineer-to-Order	33
3.3. A gestão informática de sistemas ETO na atualidade.....	35
3.4. Orçamentação no contexto ETO	39
3.5. O Modelo GenPDM.....	40
3.5.1. Referências Genéricas	41
3.5.2. Tipos de Parâmetros	43
3.5.3. Tipos de Operações Genéricas	45
3.5.4. Lista de Materiais e Operações (BOMO)	46
3.5.5. Características de um Parâmetro	47
4. Implementação do modelo GenPDM	51
4.1. Recolha e tratamento de dados	51
4.2. Definição dos Tipos de Parâmetros	60
4.3. Definição dos Tipos de Operações	72
4.3. Matérias-primas	77
4.4. Referências Genéricas.....	78
5. Utilização do modelo GenPDM num Caso Prático.....	105
5.1. Definição dos valores de parâmetros da GR1	105
5.2. Descrição do funcionamento do modelo	107
5.3. Resultados do caso prático.....	127
6. Conclusão	131

6.1. Validação do Modelo e dos Objetivos Propostos	131
6.2. Principais dificuldades	134
6.3. Trabalhos futuros	135
7. Bibliografia.....	137
ANEXO	139

Índice de Figuras

Figura 1 - Representação digital de um molde de injeção, segundo o software NX 7.5	10
Figura 2 - Esquema de uma máquina de injeção	11
Figura 3 - Representação do molde na perspectiva do operário	12
Figura 4 - Representação explodida do Lado Fixo do molde	13
Figura 5 - Representação do lado móvel	15
Figura 6 - Esquema de acionamento do sistema de extração	16
Figura 7 - Representação de uma peça com Indicação das direções de desmoldagem	17
Figura 8 - Representação explodida do sistema de uma corredeira	18
Figura 9 - Representação explodida de um balancé	19
Figura 10 - Esquema de acionamento de um balancé	19
Figura 11 - Simulação de um programa de maquinagem	21
Figura 12 - Máquina fresadora CNC	22
Figura 13 - Retificadora	23
Figura 14 - Erosão por penetração	24
Figura 15 - Fresadora manual	24
Figura 16 - Torno manual	25
Figura 17 - Furadeira radial	25
Figura 18 - Esquema de corte por fio	26
Figura 19 - Fresadoras CNC	26
Figura 20 - Relação entre informação agregada e detalhada (Wortmann, 1995)	36
Figura 21 - Notação gráfica de uma referência genérica	41
Figura 22 - Referências genéricas de uma população	42
Figura 23 - Parâmetros da GR1 - Placa Cavidade	42
Figura 24 - Seleção de valores de parâmetros da GR1	43
Figura 25 - Notação gráfica dos tipos de parâmetros	44
Figura 26 - Tipos de parâmetros	44
Figura 27 - Relação dos parâmetros da GR1 e os tipos de parâmetros	45
Figura 28 - Notação gráfica de uma operação genérica	45
Figura 29 - Operações genéricas	46
Figura 30 - Lista de materiais e operações (BOMO)	46
Figura 31 - BOMO da GR1	47
Figura 32 - PT3 - Sim/Não	48
Figura 33 - Esquerda - PT2 com a característica C1; Direita - Representação do tipo de parâmetro segundo o modelo	48
Figura 34 - BOMO da GR1 com característica no parâmetro P4	49
Figura 35 - Exemplo de gama de fabrico utilizada na empresa	56
Figura 36 - Tipo de parâmetro quantidade e as características associadas	61
Figura 37 - Tipo de parâmetro complexidade e as características associadas	63
Figura 38 - Tipo de parâmetro dimensão e as características associadas	64
Figura 39 - Tipo de parâmetro TP4 - materiais - e as suas características	65
Figura 40 - Tipo de parâmetro tipo de injeção e as suas características	67
Figura 41 - Tipo de parâmetro tipo de acabamento e as suas características	68
Figura 42 - Posição relativa das posições das corredeiras relativamente à peça	69
Figura 43 - Diferentes combinações disponíveis de diferentes tipos de corredeiras	69
Figura 44 - Tipo de parâmetro corredeiras e as suas características	70
Figura 45 - Tipo de parâmetro quantidade auxiliar	71
Figura 46 - Tipo de parâmetro valor intervalo	71

Figura 47 - Tipo de parâmetro dimensão auxiliar	71
Figura 48 - OT1 - Projeto	72
Figura 49 - OT2 - Programação Maquinagem	72
Figura 50 - OT3 - Montagem e Ajuste	72
Figura 51 - OT4 - Esquadrar, Chanfrar e Maquinar	73
Figura 52 - Tempo= $X.Y.k$	73
Figura 53 - OT5 - Fresado e desbaste	73
Figura 54 - Tempo= $(X.Y.Z).k$	74
Figura 55 - OT6 - Retificar	74
Figura 56 - Tempo= $((X.Y)+(Y.Z)+(X.Z)).k$	74
Figura 57 - OT7 - Erosão por penetração	74
Figura 58 - OT8 - Fresado manual	75
Figura 59 - OT9 - Torneado manual	75
Figura 60 - OT10 - Furações	75
Figura 61 - OT11 - Roscado	75
Figura 62 - OT12 - Corte por Fio	76
Figura 63 - OT13 - Fresado e acabamento	76
Figura 64 - OT14, OT15 e OT16	76
Figura 65 - Matéria-Prima MP1-Bloco Metálico	77
Figura 66 - Matérias-Primas MP2, MP3, MP4, MP5, MP7 e MP8	78
Figura 67 - Lista de materiais do molde	81
Figura 68 - GR2 - Placa Porta Cavidade	82
Figura 69 - GR3 - Placa Cavidade	84
Figura 70 - GR4 - Placas e Calços	86
Figura 71 - GR19 - Placas Base	87
Figura 72 - Curso da extração e relações entre os calços e as placas de extração	88
Figura 73 - GR5 - Calços	89
Figura 74 - GR25 - Placa Tapa Extratores	90
Figura 75 - GR26 - Placa Porta Extratores	91
Figura 76 - GR6 - Bico de injeção	92
Figura 77 - GR7 - Placa Porta Macho	93
Figura 78 - GR8 - Placa Macho	94
Figura 79 - GR10 - Sistema de Corrediças	96
Figura 80 - GR11 - Corrediça	97
Figura 81 - GR17 - Eléttodos	98
Figura 82 - GR18 - Postiços	99
Figura 83 - GR20 - Sistema de Balancés	101
Figura 84 - GR21 - Balancé	101
Figura 85 - GR22 - Base	102
Figura 86 - GR23 - Patim	102
Figura 87 - Outros componentes e operações	103
Figura 88 - Parâmetros da GR1	106
Figura 89 - Caso Prático GR2@GR1	108
Figura 90 - Caso Prático GR2	108
Figura 91 - Caso Prático GR3@GR1	109
Figura 92 - Caso Prático GR3	110
Figura 93 - Caso Prático GR4@GR1	112
Figura 94 - Caso Prático GR19@GR4; GR5@GR4; GR25@GR4; GR26@GR4	112
Figura 95 - GR25 - Caso Prático	113
Figura 96 - Caso Prático GR26	113

Figura 97 - Caso Prático GR5	114
Figura 98 - Caso Prático GR6@GR1	114
Figura 99 - Caso Prático GR6	115
Figura 100 - Caso Prático GR7@GR1	116
Figura 101 - Caso Prático GR7	116
Figura 102 - Caso Prático GR8@GR1	117
Figura 103 - Caso Prático GR8	118
Figura 104 - Caso Prático GR10@GR1	119
Figura 105 - Caso Prático GR10 (Correções Esquerda e Direita).....	120
Figura 106 - Caso Prático GR10 (Correção Superior)	121
Figura 107 – Caso Prático GR11 (Esquerda e Direita)	122
Figura 108 - Caso Prático GR11 (Superior)	122
Figura 109 - Caso Prático GR17@GR1	123
Figura 110 - Caso Prático GR17 (Eléttodos Pequenos)	123
Figura 111 - Caso Prático GR17 (Eléttodos Médios)	124
Figura 112 - Caso Prático GR18@GR1	124
Figura 113 - Caso Prático GR18	125
Figura 114 - Caso Prático GR20@GR1	125
Figura 115 - Caso Prático GR20	126
Figura 116 - Caso Prático – GR27 Outros componentes e operações.....	127

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Excerto da tabela de dados recolhidos a partir das Listas de Materiais e do modelo tridimensional do Molde.....	54
Tabela 2 - Excerto de uma tabela para determinação da relação entre a cota em "z" da Placa Cavidade e a mesma cota na Placa Porta Cavidade.....	55
Tabela 3 - Excerto da tabela de dados de operações recolhidos a partir do sistema ERP.	58
Tabela 4 - Excerto da tabela de cálculo dos tempos médios das operações da Placa Cavidade.....	59
Tabela 5 - Materiais, aplicação e tratamento.....	65
Tabela 6 - Dados das operações da Placa Porta Cavidade.....	82
Tabela 7 - Operações da Placa Cavidade.....	83
Tabela 8 - Operações das Placas Base.....	88
Tabela 9 - Operações dos Calços.....	89
Tabela 10 - Operações das Placas Porta Extratores e Tapa Extratores.....	91
Tabela 11 - Operações da Placa Porta Macho.....	93
Tabela 12 - Operações da Placa Macho.....	95
Tabela 13 - Operações das Corrediças.....	97
Tabela 14 - Operações dos Eléktrodo.....	98
Tabela 15 - Operações dos Postiços.....	100
Tabela 16 - Operações do Balancé, Haste, Base, Patim e Chapa-Guia.....	100
Tabela 17 - Lista de Materiais.....	128
Tabela 18 - Lista de Operações e Compito Global de Horas de Trabalho.....	129

Siglas e Acrónimos

BOM – Bill of Materials (Lista de Materiais)

BOMO – Bill of Materials and Operations (Lista de Materiais e Operações)

BOO – Bill of Operations (Lista de Operações)

ERP – Enterprise Resource Planning

ETO – Engineer-to-order

GenPDM – Generic Product Data Management

GR – Generic Reference (Referência Genérica)

MC – Mass Customization (Customização em Massa)

MP – Matéria-Prima

MRP – Material Requirement Planning

MRP II – Manufacturing Resource Planning

MTO – Make-to-Order

MTS – Make-to-Stock

OT – Operation Type (Tipo de Operação)

P - Parâmetro

PDM – Product Data Management

PPC – Production Planning and Control

RFQ – Request for Quotation (Pedido de Orçamentação)

TP – Tipo de Parâmetro

1. Introdução

Ao longo deste capítulo será feito o enquadramento do trabalho, no qual se descreverá em primeiro lugar alguns conceitos básicos do modelo GenPDM e do sistema de produção *Engineer-to-Order*. Em seguida serão definidos os objetivos do trabalho, aonde será feita uma primeira descrição sobre a implementação do modelo GenPDM na indústria de fabrico de moldes de injeção de plásticos. Após a referência à metodologia de investigação subjacente a este trabalho, será feita a descrição da estrutura do presente relatório.

1.1. Enquadramento

O modelo de referenciação genérica *Generic Product Data Management* (GenPDM) desenvolvido na Universidade do Minho surge como uma ferramenta capaz de dar resposta à crescente necessidade de diversidade em produtos até agora fabricados através de sistemas de MTO (Make-to-Order) e MTS (Make to Stock). Esta diversidade de produtos resultante das necessidades e requisitos dos clientes é designada pela maioria da literatura por Customização em Massa (MC), estratégia produtiva orientada para a produção alargada de artigos personalizados (Fogliatto, da Silveira, & Borenstein, 2012).

Segundo Gomes, Lima, Martins (2009), nos modelos convencionais os produtos são representados por atributos pré-definidos e associados a um processo de fabrico bem definido e pouco flexível. Considerando uma situação eventual na qual uma empresa decide oferecer ao cliente a possibilidade de personalizar um produto através de 4 diferentes parâmetros, para os quais existem 5 diferentes opções, estas opções resultarão em 625 novas referências diretas.

Quando é gerada uma nova referência de produto, um sistema ERP (Enterprise Resource Planning) convencional necessita de informação detalhada sobre quantidades de materiais (Klos & Krebs, 2008), operações e tempos. Assim, quando é gerada uma nova referência será criado um código identificador que agrega os valores de cada um dos atributos definidos para a sua caracterização. Paralelamente será elaborada a lista de materiais e de operações única. Este esforço repetitivo, mas imprescindível, aumentará

proporcionalmente ao nível de personalização dos artigos e à dimensão do portfólio de produtos.

Num contexto de customização, a disponibilização de recursos por parte da empresa para fazer esta gestão rapidamente atinge uma dimensão incomportável, visto que com um aparentemente reduzido número de atributos personalizáveis se atinge um número de referências na ordem das dezenas ou centenas de milhares. Para uma empresa se adaptar à produção de artigos personalizados que correspondam às necessidades do cliente mantendo níveis de eficiência elevados, é necessário que os métodos de planeamento e controle de produção assim como a configuração do sistema produtivo da empresa sejam ajustados.

A substituição dos modelos comuns de referenciação direta, nos quais se gera a referência do produto com base nos critérios de seriação interna de cada empresa, em benefício de modelos adaptados à gestão da diversidade através da referenciação genérica, constituída pela identificação de diversas variantes individuais do item genérico baseada na variedade de parâmetros e nos seus valores (J. Jiao & Helander, 2006) é uma das propostas existentes.

Em alternativa à referenciação direta, os modelos de referenciação genérica tal como o GenPDM identificam as diferentes variantes de um produto segundo as suas características individuais. Esta identificação individual é feita durante a caracterização do produto, através da escolha de diferentes parâmetros. Após a caracterização é obtida uma variante de produto individual para a qual é automaticamente gerada a lista de materiais e a lista de operações específica.

O sistema ETO (Engineer-to-Order) é um sistema de produção orientado para as atividades de projeto e engenharia, que são desenvolvidas através de profunda e permanente colaboração com o cliente. O principal objetivo é fornecer ao cliente produtos complexos e únicos que correspondam exatamente às suas necessidades. Esta elevada customização gera grandes dificuldades na gestão de informação e na execução de diversas tarefas internas.

Paralelamente, o mercado ainda dispõe de uma oferta muito reduzida em produtos informáticos de planeamento e gestão que sejam capazes de se ajustar e de dar uma resposta adequada aos requisitos e necessidades de produção dos sistemas ETO.

1.2. Objetivos

Neste trabalho pretende-se explorar de que forma um modelo de referenciação genérica pode representar uma mais-valia quando implementado num sistema ETO tal como a indústria do fabrico de moldes de injeção de peças plásticas. Pretende-se desta forma recorrer às capacidades de gestão de informação do modelo GenPDM e aplica-las ao sistema de produção caracterizado pelo elevado grau de customização dos produtos, o ETO.

Esta proposta de implementação do GenPDM no sistema ETO propõe que a interação com o modelo se dê em duas fases do desenvolvimento do produto. A primeira interação ocorre durante a fase de orçamentação durante a qual são definidos os parâmetros solicitados pelo cliente para o produto em consulta.

Devido à preponderância da fase de projeto como momento de obtenção da lista de materiais definitiva nos sistemas ETO, o *output* do modelo nesta fase detalhará informação relativa aos componentes não estandardizados.

Dado que uma das principais bases do modelo GenPDM é a combinação da lista de materiais com a lista de operações, além do *output* da lista de materiais será gerado igualmente o *output* da lista de operações detalhada para cada componente.

Propõe-se que a segunda interação com o modelo ocorra após terminada a fase de projeto. Neste momento está-se na posse da lista de materiais definitiva para realização das encomendas de matérias-primas tais como os aços e sistemas de injeção. Os parâmetros a introduzir, que foram preponderantes na primeira interação, deixam de estar diretamente associados aos requisitos do cliente, já que entretanto foram absorvidos pela atividade de projeto.

Com recurso aos dados da lista de materiais, procede-se à caracterização dos diversos componentes fabricados internamente e à definição das respetivas quantidades. Com base nos mesmos dados é definida igualmente a lista de componentes normalizados e subcontratados. O objetivo desta fase é, a partir dos dados da lista de materiais, gerar gamas de operações individuais para cada elemento.

A proposta de implementação do modelo GenPDM desenvolvida neste trabalho incidirá sobre a primeira interação proposta. Em primeiro lugar, porque esta fase está associada a uma maior incerteza devido à pouca quantidade de informação de que se

dispõe. A incerteza aumenta a complexidade das inter-relações existentes entre os requisitos do cliente e as listas de materiais e operações.

Em segundo lugar, a implementação do modelo na segunda interação consiste na simplificação da primeira interação em termos de inter-relações. Devido ao conhecimento aprofundado da lista de materiais, o seu âmbito cinge-se a associar cada componente do produto final às estimativas das operações já aplicadas na primeira interação.

1.3. Metodologia de investigação

Entende-se como metodologia de investigação a filosofia ou estratégia utilizada em todas as fases do projeto para atingir os objetivos propostos.

Neste trabalho pretende-se implementar o modelo de referenciação genérica a um caso particular de um sistema de produção ETO. Neste contexto pretende-se responder à seguinte pergunta: “Como é que a implementação do modelo GenPDM pode representar uma mais-valia num sistema de produção ETO?”.

Dados os objetivos e o contexto deste projeto, no qual se pretende desenvolver conhecimento sobre um contexto específico, a metodologia de investigação seguida será o *Case Study*.

1.4. Estrutura da dissertação

Esta dissertação encontra-se dividida em 6 capítulos:

1. Introdução;
2. Descrição da empresa e do produto;
3. Revisão Bibliográfica;
4. Implementação do modelo GenPDM;
5. Utilização do modelo GenPDM num Caso Prático
6. Conclusão

No capítulo 2 será feito um enquadramento relativamente à empresa que serve de caso de estudo. Após a apresentação da empresa e do contexto no qual esta desenvolve a sua atividade, será apresentado o seu produto: os moldes de injeção. Dado que o produto

é central neste trabalho, será feita uma descrição detalhada do seu princípio de funcionamento, de todos os seus componentes e dos processo de fabrico. Finalmente será feita uma descrição do processo de orçamentação utilizado nesta empresa.

O capítulo 3 corresponde à revisão bibliográfica. Aqui será descrito o sistema *Engineer-to-order* (ETO) assim como o paradigma de customização em massa. Será também dada particular atenção ao que diversos autores defendem como as melhores práticas na gestão de informação e orçamentação em contexto ETO. Será também introduzido o modelo GenPDM onde se descreverá o modelo detalhadamente.

Após a apresentação da informação sobre o produto, o contexto industrial e o modelo GenPDM será apresentada a implementação do modelo GenPDM. Começar-se-á por descrever toda a metodologia de recolha e tratamento de dados, e em seguida será implementado o modelo segundo as orientações do capítulo 3.5.

De forma a exemplificar a utilização do modelo na orçamentação do produto em questão, no capítulo 5 será apresentado um caso prático. Aqui será descrito o produto a orçamentar e em seguida será apresentado todo o processo que ocorre no modelo até se obter uma estimativa do total de horas de trabalho e de matérias-primas.

Finalmente, será apresentada a conclusão do trabalho onde será discutida a utilidade do modelo no contexto desta empresa. Serão também referidas as principais dificuldades enfrentadas durante a realização do trabalho e serão propostos desenvolvimentos futuros.

2. Descrição da Empresa e do Produto

Neste capítulo será feita em primeiro lugar uma introdução à empresa e ao seu mercado. A isto seguir-se-á uma descrição sucinta sobre o contexto no qual se desenvolve a atividade de moldista, assim como o processo que decorre desde o início de um projeto até à entrega final do produto ao cliente.

Para introduzir alguns conceitos que serão abordados em capítulos posteriores, será feita uma introdução aos moldes de injeção e aos seus princípios de funcionamento. Será feita também uma introdução mais detalhada aos tipos de operações, sejam executados internamente ou externamente.

Finalmente, e porque este trabalho se desenvolverá sobre esta atividade, será feita uma descrição da metodologia de orçamentação utilizada na empresa.

2.1. A Empresa

A empresa Informoldes foi fundada no ano de 1999 e encontra-se sediada no Parque Industrial de A Granxa em Porriño, Espanha.

Dedica-se à engenharia, projeto e construção de moldes de injeção plástica de alta precisão até 5 toneladas. O principal mercado para o qual a empresa desenvolve a sua atividade é o da indústria automóvel, fornecendo os principais parceiros das marcas automóveis. Especializou-se no fabrico de moldes para peças bi-matéria e para peças de aspeto com diferentes acabamentos (alto brilho/espelho, cromado, pintura e textura).

Para o desenvolvimento da sua atividade, a Informoldes conta com um departamento técnico próprio constituído por pessoal altamente especializado no qual se realizam as atividades de projeto, engenharia e programação. Conta também com um departamento de produção completo composto com o equipamento necessário para executar internamente as principais operações do processo produtivo.

2.2. Contexto da Empresa

Um molde de injeção de peças plásticas caracteriza-se como um produto altamente personalizado que se deve adaptar totalmente às necessidades do cliente. Os requisitos do cliente variam radicalmente numa multiplicidade de especificações, tais como os tipos de materiais, o tratamento de superfície e diversas características geométricas (J. Jiao & Helander, 2006).

O papel do moldista na cadeia de valor é interagir com as empresas de injeção às quais cabem as tarefas de desenvolvimento das peças plásticas e de garantir que esta cumpre os requisitos exigidos pelo cliente final. Algumas das características do contexto produtivo das empresas de fabrico de moldes de injeção são:

- As encomendas do cliente desempenham um papel central no sistema produtivo e no sistema de controlo da produção. Todas as atividades produtivas são orientadas pela encomenda (Bertrand & Muntslag, 1993);
- Estrutura dos produtos muito complexos tecnicamente, que exige uma elevada especialização dos colaboradores em todos os sectores da empresa. A complexidade do produto afeta a complexidade dos componentes que são, na sua maioria, únicos e projetados especificamente para o projeto;
- Cada projeto resume-se à produção de apenas uma unidade do produto, ultrapassando muito raramente este número;
- Relação de intercomunicação constante com o cliente;
- O cliente intervém na fase de engenharia e desenvolvimento do molde de forma muito próxima e em estreita colaboração com o moldista. Esta fase está incluída no prazo de entrega;
- As características do produto estão profundamente relacionadas com as especificações fornecidas pelo cliente, e com as características geométricas da peça que será produzida através do processo de injeção. Quando o projeto é iniciado, é feita uma análise prévia aos requisitos do cliente e a otimização do *design* da peça injetada (J. Jiao & Helander, 2006). As decisões tomadas nesta fase influenciarão todo o *design* e funcionalidade do molde;
- O fornecedor está bastante comprometido com a atenção ao cliente, e com o serviço pós-venda. Após o primeiro teste funcional ao molde, este é sujeito a um processo iterativo de afinação até que sejam cumpridos os requisitos de qualidade

exigidos pelo cliente. Existe também a possibilidade de recurso ao redesenho da peça injetada para melhorar a sua funcionalidade, o que implicará a modificação do molde.

2.3. Fases da Conceção de um Molde

O projeto de construção de um molde inicia-se com o pedido de orçamento e termina com a aprovação por parte do cliente. Pode-se dividir todo o processo nas seguintes fases:

- 1) Orçamentação
- 2) Projeto
- 3) Fabrico
- 4) Afiinação
- 5) Aprovação

A conceção de um molde inicia-se com o pedido de orçamentação por parte do cliente no qual estão incluídos os seus requisitos para a construção do molde. Este processo será descrito com maior detalhe no capítulo 2.6.

Após a oficialização da ordem de fabrico por parte do cliente é iniciada a fase de projeto. Este processo será igualmente descrito com maior detalhe no capítulo 2.5.

A fase de fabrico inicia-se após a receção das matérias-primas (placas de aço) e a entrega dos planos dos diversos componentes fabricados internamente ao responsável pela fabricação. A cada plano é associada uma ordem de trabalho que lista todas as operações necessárias e que o acompanhará durante todo o fabrico.

No final do fabrico de todos os componentes, passa-se à fase de ajuste na qual se afina a montagem de todos os componentes para garantir o correto funcionamento do molde. Terminado o processo de ajuste, avança-se para a montagem final.

O processo de afinação do molde dá-se através de um processo iterativo de ensaios do molde e afinação. Após o primeiro ensaio, o cliente reporta as diversas não conformidades que forem detetadas no funcionamento do molde ou na peça plástica injetada. Com recurso ao relatório do ensaio emitido pelo cliente, o moldista analisa as

não-conformidades, estuda a sua origem e faz as intervenções necessárias para a correção das não conformidades.

O processo de teste e afinação ocorre repetidamente até que estejam corrigidas as não conformidades acusadas pelo cliente. Neste momento é dada a aprovação do molde, e o projeto é dado por encerrado.

2.4. Introdução aos Moldes de Injeção

Um molde de injeção de plástico (figura 1) é uma ferramenta utilizada para produção em massa de peças plásticas das mais variadas formas e características. A introdução do plástico na cavidade do molde é feita através do processo de injeção que ocorre a altas pressões e temperaturas, variando estas em função do tipo de polímero, da geometria da peça e das características funcionais do próprio molde. Durante este capítulo, serão descritos os principais componentes que constituem um molde de injeção de plástico, bem como outros componentes importantes para garantir o seu funcionamento.

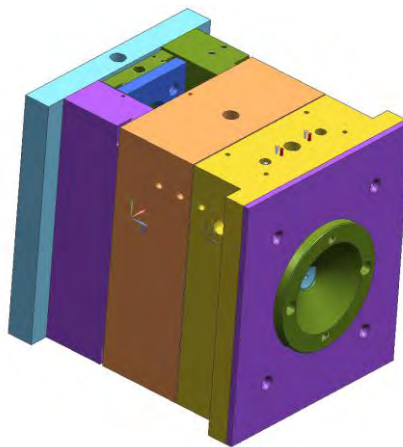


Figura 1 - Representação digital de um molde de injeção, segundo o software NX 7.5

2.4.1. Princípios de funcionamento da Injeção

O molde de injeção de plástico não se trata por si só de uma máquina, sendo mais correto atribuir-lhe a designação de ferramenta. Como ferramentas, apenas cumprem a sua função quando montados numa máquina de injeção. Para o correto funcionamento do conjunto, o projeto do molde deve respeitar diversos requisitos determinados pelo modelo de máquina de injeção na qual este venha a produzir. Alguns destes parâmetros são a

dimensão e tipo de pratos de fixação, pressão de fecho e distância entre as colunas da máquina. No entanto, a restrição mais determinante é o princípio de funcionamento comum à maioria das máquinas de injeção de plástico.

A figura 2 esquematiza uma máquina de injeção na perspetiva do lado do operário. O lado esquerdo da máquina designa-se de lado móvel por aí se situar o prato móvel da máquina que, quando acionado, procede à abertura ou fecho do molde. Além desta função, este lado da máquina também alberga um dispositivo que aciona o sistema de extração do molde de injeção.

O prato fixo da máquina encontra-se do lado direito, zona aonde se situa o sistema de injeção. Os seus principais componentes são o funil e o cilindro de injeção que integra uma rosca sem fim aonde o plástico é progressivamente aquecido.

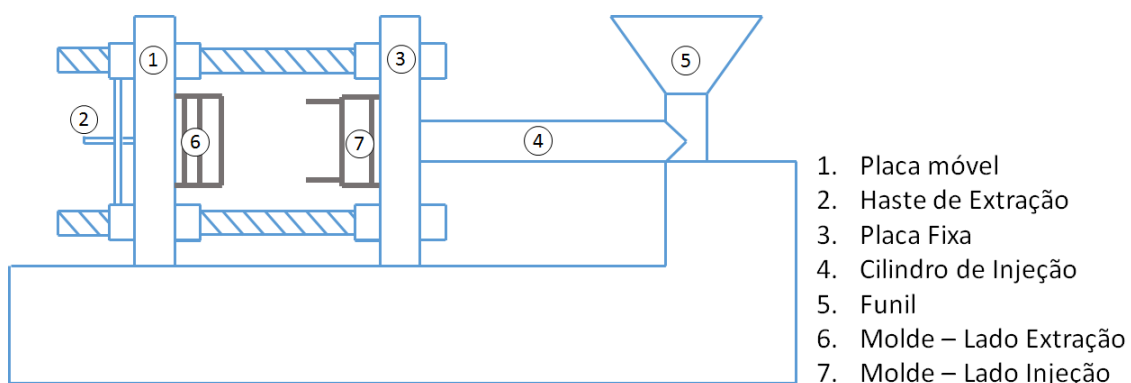


Figura 2 - Esquema de uma máquina de injeção

A montagem do molde na máquina injetora faz-se acoplado o lado de injeção à placa fixa da máquina e o lado de extração à placa móvel. Após o ajuste dos parâmetros de injeção (temperatura, tempo de injeção, tempo de compactação, temperatura do molde, tempo de arrefecimento) dá-se início ao ciclo de injeção:

- 1) Fecho do molde;
- 2) Injeção;
- 3) Compactação;
- 4) Arrefecimento;
- 5) Abertura do Molde;
- 6) Extração da Peça.

Segundo o estabelecido pela indústria, um molde é sempre representado na posição em máquina. Estabeleceu-se com o eixo Z a direção de abertura do molde, também designada de direção geral de desmoldagem, o eixo Y representa a direção vertical e o eixo X representa a direção horizontal (figura 3).

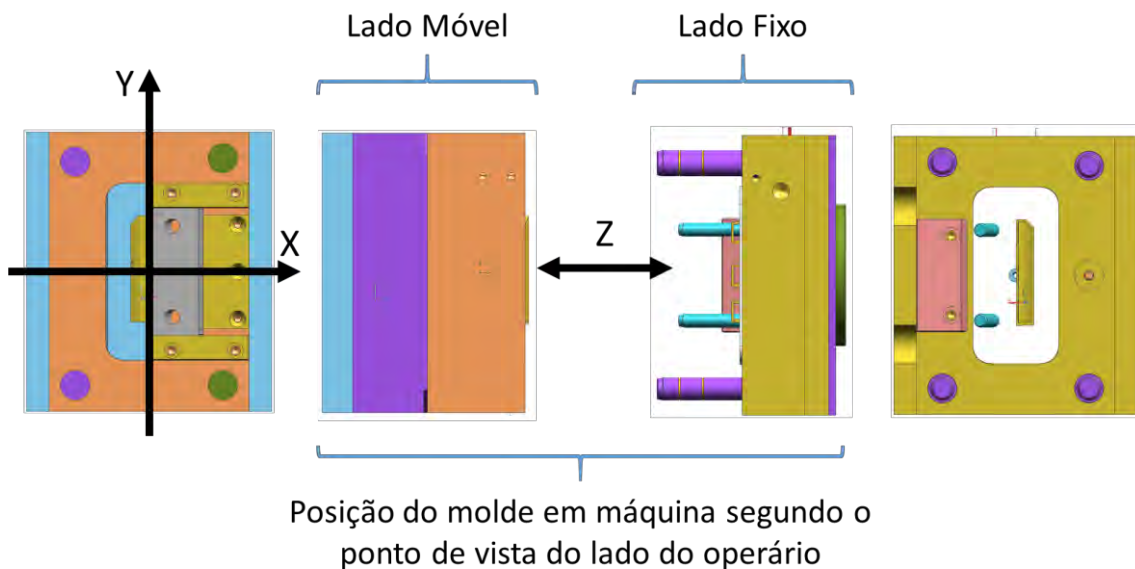


Figura 3 - Representação do molde na perspectiva do operário

2.4.2. Constituição de um Molde

Visto que o molde é um produto altamente personalizável e adaptável ao produto que se pretende produzir, os componentes que o constituem podem variar consideravelmente, assim como as posições, as formas ou as funções atribuídas a cada um.

A descrição que se fará nos seguintes capítulos sobre os principais componentes de um molde de injeção é válida apenas para um molde convencional como o que se encontra representado nas figuras tridimensionais. No caso de peças de sobre injeção bimatéria (peça constituída por dois polímeros diferentes sobreinjetados) a configuração do molde poderá variar.

2.4.2.1. Lado de Injeção ou Lado Fixo

O lado de injeção do molde (ou lado fixo), representado na figura 4, é montado na placa fixa da máquina de injeção. É nesta parte do molde que se alojam os sistemas que fazem a injeção de material plástico para o interior das placas moldantes.

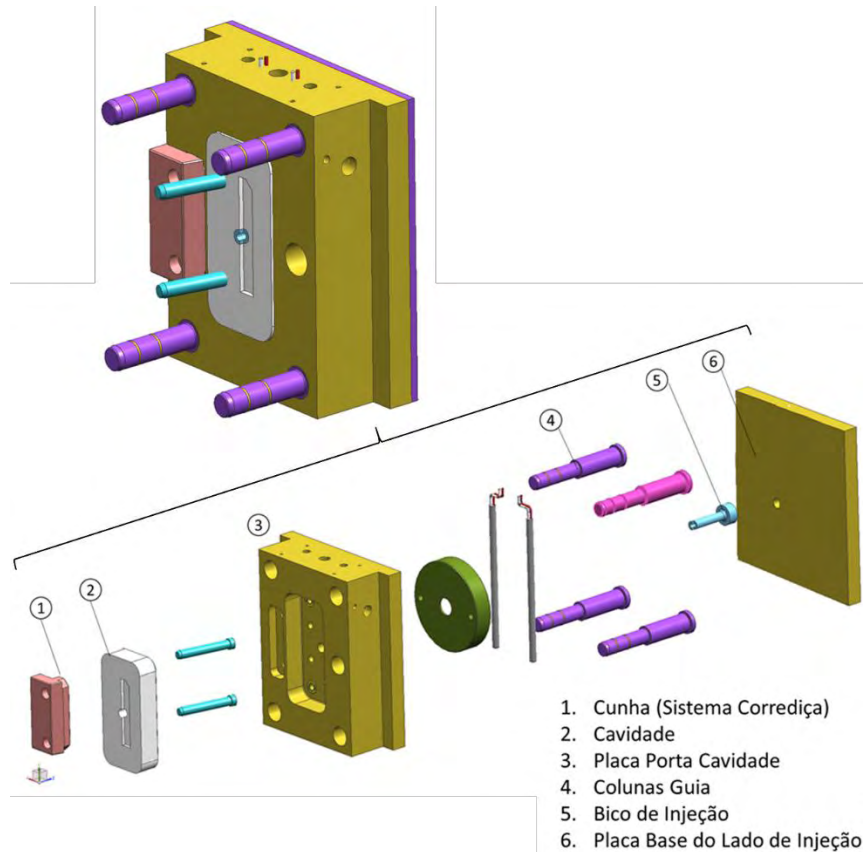


Figura 4 - Representação explodida do Lado Fixo do molde

Os principais componentes do lado de injeção do molde são:

- **Placa Cavidade**

A placa cavidade do molde é o postigo moldante que está situado no lado de injeção do molde. Na empresa onde se desenvolve este estudo, a maioria dos moldes construídos são para produção de peças de aspeto ou com zonas visíveis. A cavidade molda geralmente a zona visível sendo portanto a que é alvo de acabamentos mais refinados (polimento de alto brilho, textura, etc.).

- **Placa Porta Cavidade**

A placa porta cavidade tem como função fazer a montagem das placas cavidade na estrutura do molde e albergar todos os sistemas auxiliares à placa cavidade. É nesta placa que se situam as entradas dos circuitos de arrefecimento da placa cavidade e aonde se faz a montagem do sistema de injeção de material. Dependendo das opções tomadas, esta placa pode ser descartada o que resultará numa placa única que tomará as funções da placa cavidade e da placa porta cavidade.

- **Colunas-Guia**

As colunas-guia são elementos normalizados com elevada importância para o correto funcionamento do molde. Durante o fecho do molde, estas garantem o alinhamento perfeito entre o lado fixo do molde e o lado móvel.

- **Sistema de Injeção**

O sistema de injeção garante o transporte do material plástico desde o fuso da máquina injetora até ao interior da zona moldante do molde. Dependendo da tecnologia sistema de injeção, este pode também aumentar a temperatura do material.

- **Placa Base do Lado de Injeção**

Esta placa fixa o lado de injeção do molde à máquina de injeção, garantindo a integridade do lado de injeção do molde e de todos os elementos que o constituem. A sua utilização é acessória visto que é utilizada quando se recorre a sistemas de injeção por câmara quente. Nestes casos, a fixação do molde faz-se diretamente à placa porta cavidade.

2.4.2.2. Lado de Extração ou Lado Móvel

O lado de extração do molde, representado na figura 5, fixa-se à placa móvel da máquina de injeção e é responsável pela extração das peças. Além do sistema de extração principal constituído pelas placas de extração e extratores, no caso da existência de contras-saídas (saídas negativas) também é aonde se situam as corredeiras e os balancés. Em situações excecionais, é necessário introduzir elementos de extração no lado fixo do molde que neste caso serão acionados por cilindros hidráulicos. Os seus principais

componentes são a placa macho, placa porta macho, calços, placas de extração, haste, placa base e extratores.

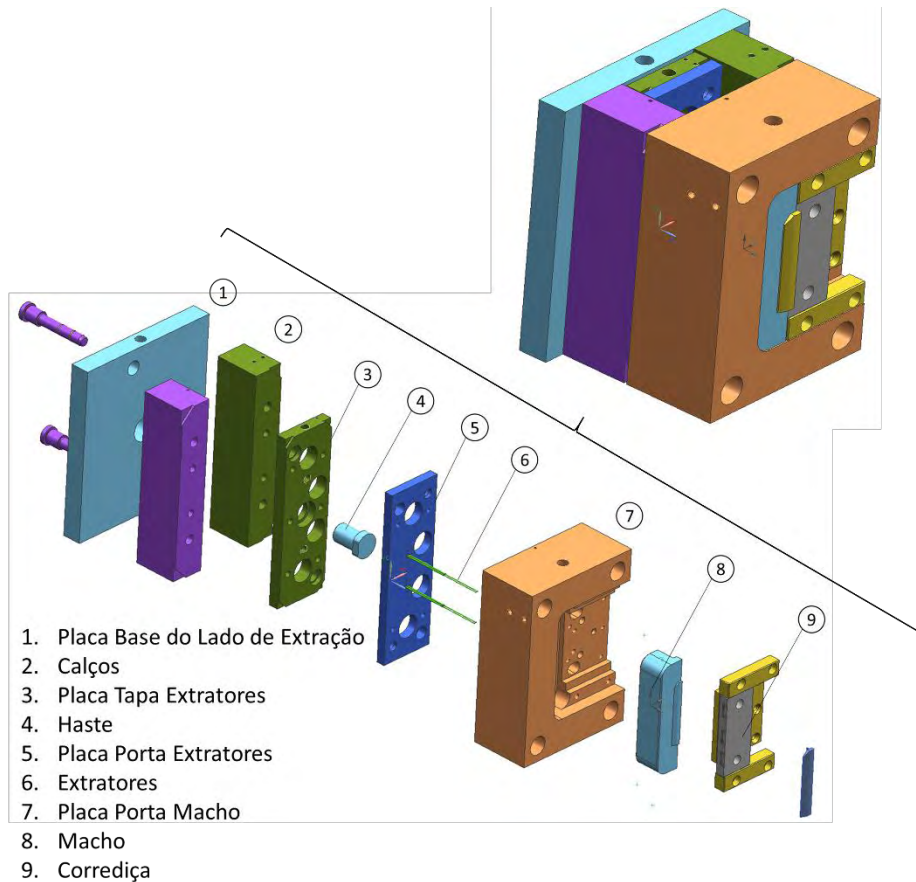


Figura 5 - Representação do lado móvel

- **Placa Macho**

Na placa macho estão situadas as zonas moldantes do lado móvel do molde. Ao contrário da placa cavidade, aonde se situam na maioria das vezes as zonas visíveis da peça, na placa macho situam-se os elementos técnicos da peça tal como clips de amarre a outros elementos. Como esta se situa do lado de extração do molde, esta placa moldante encontra-se perfurada de forma a permitir o posicionamento dos extratores. A extração dá-se através do movimento dos extratores (ou pinos de extração) que empurram a peça para o exterior do molde.

- **Placa Porta Macho**

A placa porta macho tem a função idêntica à da placa porta cavidade, mas neste caso para suporte das placas macho. Quando a peça possui contras-sáidas que requerem outras direções de desmoldagem complementares à direção geral de desmoldagem (Eixo Z), os

elementos móveis auxiliares de desmoldagem encontram-se sujeitos à placa porta macho (corrediças) ou guiados pela mesma (balancés).

- **Placas de Extração (Placa Porta Extratores e Placa Tapa Extratores)**

Este conjunto de placas transfere a força de extração para os pinos extratores. A força é exercida sobre este conjunto de placas pela haste da máquina de injeção ou por cilindros hidráulicos fixos ao molde. No caso de existirem elementos de extração adicionais como balancés, a base deste sistema encontra-se fixa ao conjunto de placas de extração. A figura 6 representa, através de um corte transversal do molde, o método de acionamento das placas extratoras.

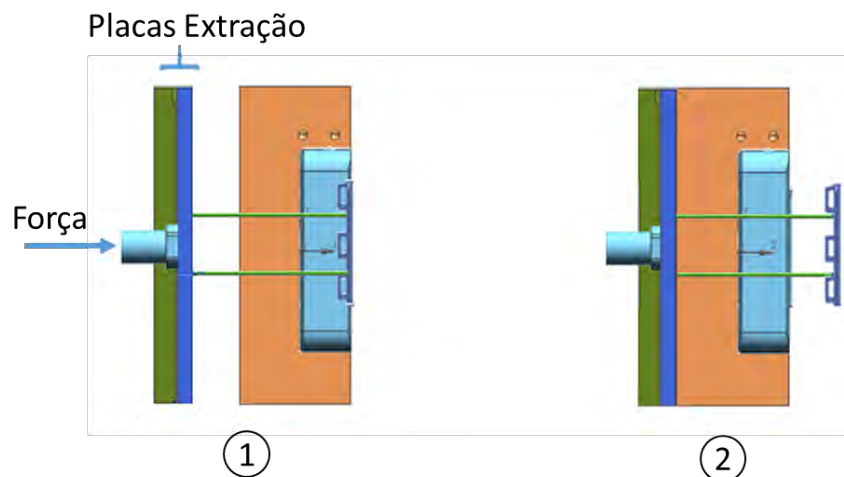


Figura 6 - Esquema de acionamento do sistema de extração

- **Extratores**

Os extratores, ou pinos de extração, são os principais elementos de extração do molde. Esta fase dá-se após a finalização do ciclo de moldagem e durante a abertura do molde. Consistem em elementos cilíndricos fixos ao sistema de extração e acionados por este. A sua função é “empurrar” a peça para o exterior do macho do molde.

- **Calços**

São elementos estruturais simétricos que fazem a ligação entre a placa porta macho e a placa base do lado de extração do molde. A sua função é criar uma zona livre na área central do lado de extração para dar lugar às placas do sistema de extração do molde, definindo a distância de curso das mesmas. A sua cota na direção Z depende da cota em

Z da peça já que o curso das placas extratoras deve ser o suficiente para extrair completamente a peça do interior do molde.

- **Placa Base do Lado de Extração.**

Desempenha a mesma função de fixação da Placa Base do Lado de Injeção. Neste caso, a placa base está sempre presente já que garante a fixação dos calços do molde e serve de apoio ao sistema de extração.

- **Haste**

A haste é o elemento cilíndrico aonde é aplicado o impulso proveniente da haste da máquina de injeção. A sua função é transferir este movimento à placa porta extratores do sistema de extração do molde.

2.4.2.3. Corrediças

As corrediças são elementos móveis concebidos para a desmoldagem de zonas da peça que se encontrem com saída negativa, ou contras-saída, relativamente à direção de abertura do molde. Para ultrapassar este problema, posicionar corrediças na face lateral da peça que se pretende desmoldar é uma das soluções possíveis. O seu principal elemento é um postigo de aço que se desloca numa orientação perpendicular (ou aproximadamente perpendicular) à direção de desmoldagem do molde (Figura 7).

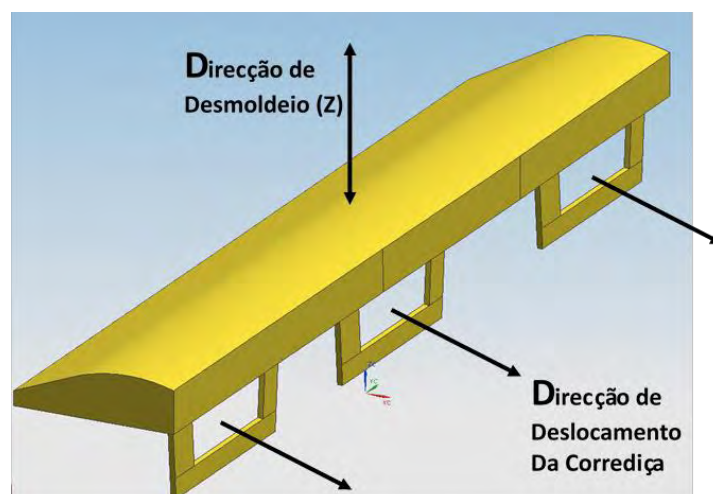


Figura 7 - Representação de uma peça com Indicação das direções de desmoldagem

O seu deslocamento dá-se pela ação de um conjunto de colunas inclinadas alojadas no lado fixo do molde. Estas colunas atuam sobre a corredeira aquando da abertura ou fecho do molde. Em alternativa é possível exercer este deslocamento por meio de um sistema de cilindros hidráulicos acionados pela máquina de injeção e que exercem o deslocamento apenas com a ordem da mesma. Na figura 8 está representada uma vista explodida do sistema que constitui as corredeiras.

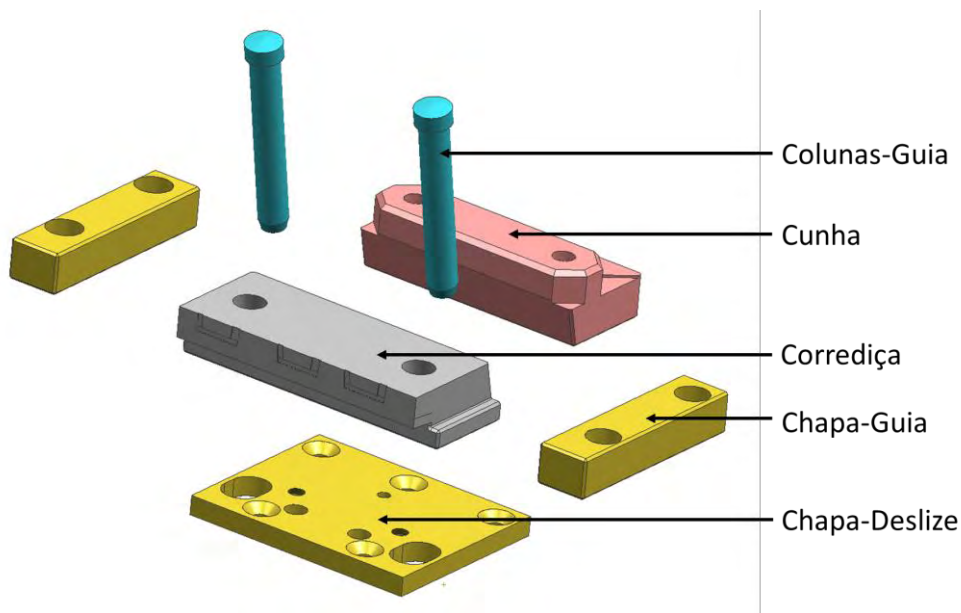


Figura 8 - Representação explodida do sistema de uma corredeira

Os restantes componentes consistem nas chapa-guia, as chapas de deslize e a cunha. Dependendo das opções do cliente ou do projetista, o elemento cunha que se monta no lado fixo do molde cuja função é ajustar a corredeira durante a fase de injeção poderá estar incluído na placa porta cavidade. Nesta situação surgem novos elementos designados placas de ajuste que permitem que a sua dimensão seja retificada durante a operação de montagem e ajuste.

2.4.2.4. Balancés

À semelhança das corredeiras, o sistema de balancés (figura 9) tem também como função a desmoldagem de contras-saídas da peça. No entanto a sua utilização ocorre em situações distintas sendo preponderante sempre que a própria forma da peça ou outros problemas técnicos não permitam o desmoldagem com recurso a corredeiras.

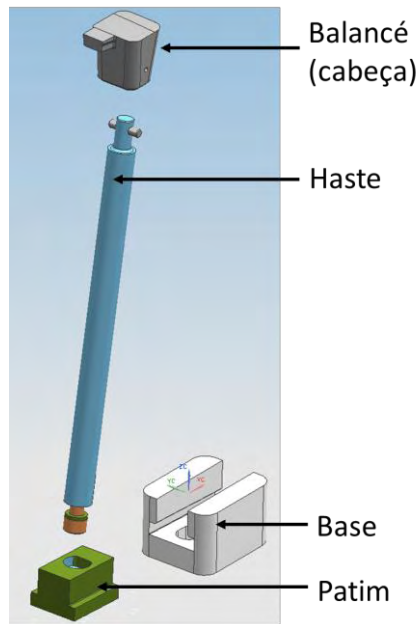


Figura 9 - Representação explodida de um balancé

Os seus principais componentes são a cabeça do balancé, a haste, o patim e a base. Como a base se encontra fixa ao sistema de expulsão do molde, o acionamento do balancé dá-se com a deslocação desta. Assim, além da função de desmoldagem de zonas em contras-saída, o seu movimento na direção de desmoldagem tem também uma função de extração (Figura 10).

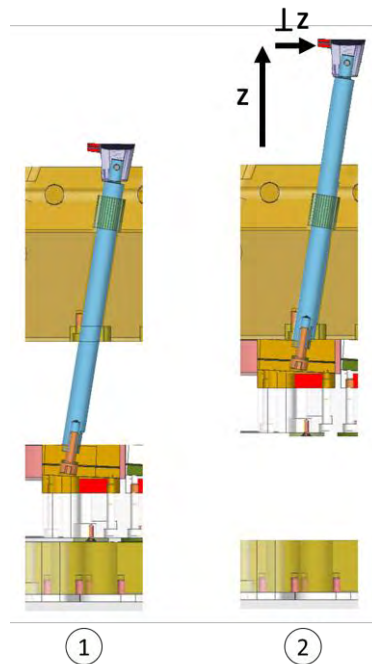


Figura 10 - Esquema de acionamento de um balancé

2.5. Descrição dos Processos de Fabrico

Neste subcapítulo serão descritos os diferentes processos necessários para a construção de um molde de injeção. Devido à natureza artesanal de algumas fases do fabrico de um molde, por motivos de organização interna da empresa algumas das operações consistem na realidade em centros de trabalho dentro nos quais são executadas diversas atividades.

Visto que há processos que são subcontratados a empresas externas, os diferentes processos serão subdivididos em dois grupos essenciais: processos internos e processos externos.

2.5.1. Processos Internos

Consideram-se processos internos todos aqueles que são executados nas instalações da empresa e com recurso às máquinas e recursos humanos da mesma.

- **Projeto**

Após a adjudicação da construção do molde o primeiro estágio da conceção do molde é o projeto, que é auxiliado por um sistema CAD sendo neste caso utilizado o *software* NX 7.5. A atividade de projeto subdivide-se em diversos estágios tais como a análise da peça, o anteprojecto e o projeto.

Durante a fase de análise de peça avança-se com o seu estudo aprofundado e define-se a sua posição no molde, a direção de desmoldagem, as linhas de partição e a quantidade e posição dos movimentos.

Nesta fase, por vezes são detetadas características geométricas da peça que impedem o funcionamento do molde e a desmoldagem da peça. Se isto ocorrer, é necessário propor ao cliente alternativas que tornem a peça viável.

Finalizada a fase de análise de peça, é iniciada a fase de anteprojecto na qual se define a configuração do molde, as dimensões gerais, as dimensões das diferentes placas, o número de cavidades, o sistema de extração, o sistema de refrigeração, a localização e

dimensionamento dos movimentos e a definição das linhas de partição. Ao finalizar o anteprojecto é lançado o pedido de encomenda dos aços para construção.

A fase que se segue é a de projeto, durante o qual se trabalha em pormenor realizando a modelação 3D de cada componente do molde, a definição dos circuitos de refrigeração, posicionamento definido dos extratores e posicionamento de parafusos e elementos de fixação entre outros.

- **Programação de Maquinagem**

A programação de maquinagem é feita com recurso a um software CAM. Nesta fase é planeado o processo de maquinagem dos diversos componentes e são concebidos os programas que serão executados em máquinas de controlo numérico (CNC). Na figura 11 está representada a simulação de um programa de maquinagem no software PowerMILL.

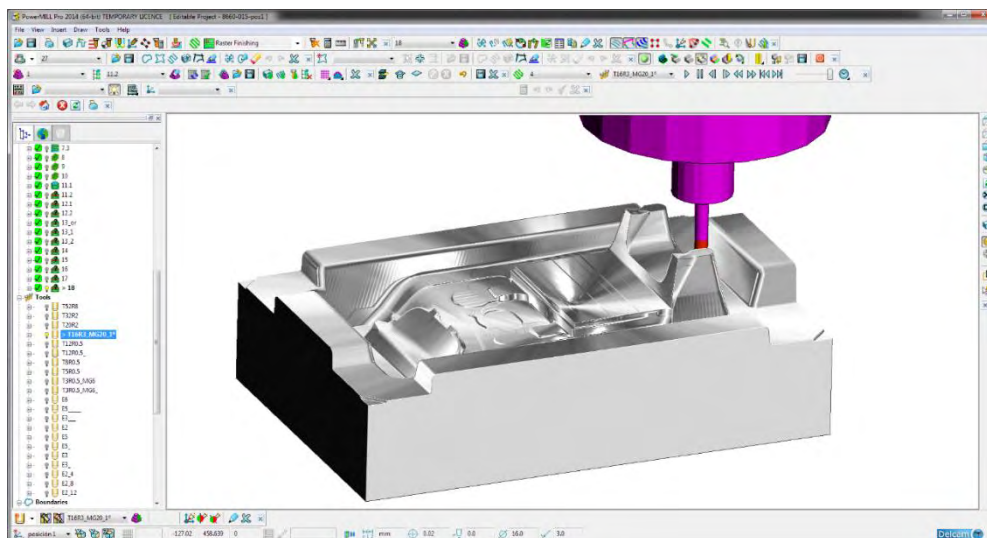


Figura 11- Simulação de um programa de maquinagem

- **Montagem e Ajuste**

A atividade de montagem e ajuste é executada numa bancada de trabalho aonde são executadas diversas operações. Após o fabrico dos diversos componentes estruturais, e reunidos os restantes componentes normalizados, faz-se a montagem do molde e garante-se que todos os componentes cumprem a função pretendida durante o seu funcionamento. Devido às tolerâncias dimensionais rigorosas tem que se garantir, entre outros, que o

plano de junta do lado fixo e móvel se ajusta uniformemente para evitar deformações na peça injetada e que os diversos elementos móveis se deslocam corretamente. É também neste posto que se procede ao polimento técnico dos postigos moldantes.

- **Esquadrar, Chanfrar e Maquinar**

Tal como ocorre no caso da montagem e ajuste, neste centro de trabalho realizam-se várias atividades independentes:

- Esquadrar: Quando são entregues pelo fornecedor, os blocos de aço vêm com as cotas acima das cotas nominais encomendadas. Assim, é necessário retirar o aço em excesso até obter a cota pretendida. Esta operação também garante os ângulos retos do bloco de aço.
- Chanfrar: Eliminar as arestas vivas do bloco de aço através da realização de chanfros
- Maquinar segundo plano: Maquinagem inicial de alguns perfis

- **Fresado e Desbaste**

Durante o desbaste faz-se a remoção forte de aço que não requer elevado rigor dimensional. Assim, devido à quantidade de aço a remover, esta operação de maquinagem é feita com ferramentas de grandes diâmetros e de baixas velocidades (figura 12).



Figura 12 - Máquina fresadora CNC

- **Retificação**

Esta operação é feita numa máquina como a da figura 13 e o seu objetivo é levar as cotas dos elementos à sua cota nominal. No caso dos postigos moldantes o número de vezes que se executa esta operação pode variar em função do tipo de aço escolhido. No caso dos aços temperados, esta operação é executada após a esquadria do postigo e executada novamente após o tratamento térmico, visto que este tratamento deforma o bloco de aço.



Figura 13 - Retificadora

- **Erosão por penetração**

Durante a fase de programação de maquinagem é frequente detetar diversas regiões dos postigos moldantes aonde não é possível chegar com as ferramentas maquinagem normal. Esta impossibilidade ocorre na presença de regiões demasiado delgadas como nervuras, na presença de arestas bem definidas e que não devem ser radiadas, ou na presença de superfícies de elevada qualidade de acabamento aonde se deve evitar marcas resultantes da maquinagem. Em qualquer um destes casos, é possível optar pela erosão por penetração com objetivo de alcançar a geometria pretendida.

A erosão por penetração é feita com 3 elementos essenciais: o postigo a erodir, o eléctrodo de cobre e o fluído eletrolítico (figura 14). O eléctrodo de cobre é maquinado com o negativo da geometria que se pretende definir no postigo. A erosão é feita gerando um arco eléctrico entre o eléctrodo (ânodo) e o postigo de aço (cátodo) que progressivamente

define a forma do eléctrodo no aço. O fluido eletrolítico funciona como catalisador da reação e lubrificante.



Figura 14 - Erosão por penetração

- **Fresado Manual**

O fresado manual é uma operação de maquinagem à qual se recorre pontualmente para o fabrico de componentes com baixos requisitos dimensionais. É feito apenas com o auxílio do plano 2D do componente, em oposição a outras operações de maquinagem para as quais são utilizados programas CAM. A máquina fresadora manual encontra-se na figura 15.



Figura 15 - Fresadora manual

- **Torneado manual**

Recorre-se a esta operação para a maquinagem de elementos em revolução e é executada no torno manual representado na figura 16. Esta operação é executada

frequentemente no fabrico de elementos que constituem a estrutura do molde tal como as hastes dos balancés, os discos de centragem, as hastes de extração ou posições moldantes cilíndricos.



Figura 16 - Torno manual

- **Furações**

Realização das diversas furações necessárias para cada componente. As furações necessárias incluem os furos para os elementos de fixação, para a introdução de elementos de extração ou para definição dos circuitos de refrigeração do molde.

Na figura 17 encontra-se representada a furadeira radial.



Figura 17 - Furadeira radial

- **Roscado**

Para permitir uma fixação duradoura e facilmente desmontável entre dos diversos elementos do molde recorre-se a parafusos. Nesta operação são realizados os perfis roscados interiores nos furos para introdução dos elementos de fixação.

- **Corte por fio**

A operação de corte por fio, ou erosão por fio, distingue-se da erosão por penetração pela inexistência de elétrodo, que neste caso é substituído por um fio. Este método é utilizado principalmente quando se pretende cortar aço segundo uma superfície.

A figura 18 representa de forma genérica a sequência utilizada durante a operação de corte por fio. Parte-se de um bloco metálico maciço (1) no qual é feito um furo de reduzido diâmetro, transversal ao bloco (2). Este furo permitirá a passagem do fio de corte. Após a realização do corte, o bloco terá o perfil interno desejado (3) aonde poderá, por exemplo, ser introduzido um postigo.

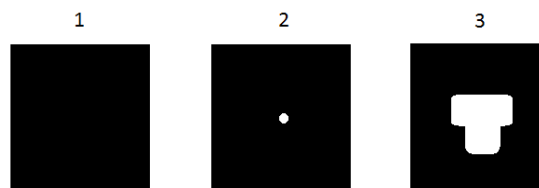


Figura 18 - Esquema de corte por fio

- **Fresado, acabamento**

Após a operação de desbaste, na qual é deixado um excesso de aço, é feita a operação de acabamento. Durante esta operação é feita uma remoção de aço cuidada e rigorosa para retirar o excesso de aço deixado no desbaste forte. No caso de o aço ser temperado, esta operação é executada após a têmpera e a retificação. Na figura 19 encontram-se representadas duas fresadoras CNC.



Figura 19 - Fresadoras CNC

2.5.2. Processos Externos

Consideram-se processos externos todas aquelas cuja execução é adjudicada a fornecedores externos. As operações externas são a seguir descritas.

- **Tratamento térmico – Têmpera**

No caso de utilização de aços temperados nas placas moldantes, após o desbaste forte do bloco de aço é necessário enviá-lo para o tratamento de têmpera. Durante este tratamento, o aço obterá uma maior dureza, característica mecânica desejada devido às elevadas pressões sofridas repetidamente por estes elementos durante o tempo de vida do molde

Visto que o tratamento térmico deforma os aços, quando estes se encontram de volta à oficina é necessário retificar novamente o bloco.

- **Polimento**

As operações de polimento visam dar um acabamento final de alta qualidade às superfícies moldantes de forma a garantir peças injetadas com ótimo aspeto estético. Dependendo dos requisitos do cliente, o tipo de polimento a aplicar pode variar entre o polimento técnico, o polimento de alto brilho (espelho) ou o polimento para textura.

2.6. O processo de orçamentação na empresa

Neste trabalho, a implementação do modelo GenPDM no sistema produtivo do fabrico de moldes será focada na atividade de orçamentação.

Com o aumento da competitividade e a constante necessidade dos clientes de obter excelentes produtos com custos cada vez mais reduzidos, as empresas passaram a controlar de forma mais precisa o consumo de recursos e matérias-primas. Na empresa Informoldes este controlo é feito com o auxílio de um *software* de produção ERP, para onde confluem todos os dados relativos aos projetos em curso.

A base de dados construída pelo *software* ERP é uma mais-valia imprescindível durante a realização de orçamentos, sendo frequente o recurso ao histórico de dados reais

de produtos executados previamente. Com o acesso a este histórico é possível fazer a associação entre produtos ou subprodutos produzidos anteriormente e o produto que se pretenda orçar. A realização do orçamento subdivide-se portanto em três etapas:

- Com base nos requisitos do cliente, elaboração de uma lista de materiais aonde são determinadas as características das matérias-primas e dos componentes tais como dimensão, quantidade e tipo de material;
- A partir da lista de materiais definida no ponto anterior, realização de uma estimativa dos tempos das operações necessárias à execução dos componentes individuais. É feita também uma estimativa das operações externas que eventualmente seja necessário adjudicar. Nesta atividade dá-se especial atenção aos componentes que exigem mais horas de operação;
- Avaliação dos dados obtidos e possíveis correções.

Para o pedido de orçamentação, os requisitos do cliente referidos no primeiro ponto subdividem-se em dois subgrupos. O primeiro subgrupo refere-se às características da peça a injetar e o segundo subgrupo inclui as características técnicas do molde e do processo de injeção.

Parâmetros da peça:

- Representação 3D;
- Representações 2D com dimensões e tolerâncias dimensionais;
- Material plástico a injetar;
- Tipo de Acabamento
- Contração do material.

Parâmetros do molde

- Número de cavidades;
- Tipo de sistema de injeção;
- Tipo de máquina de injeção;
- Tipos de aços.

Além dos requisitos do cliente são também definidos internamente outros parâmetros relativos às características da peça que influenciam o produto final. Para determinar estas

características, é feita a análise de uma representação bidimensional ou tridimensional da peça que revela as necessidades funcionais do molde. Estas características incluem as dimensões das placas moldantes, quantidade e dimensão das corredeiras e quantidade de balancés.

Devido ao elevado grau de complexidade dos produtos e das especificações de engenharia, este processo é executado por profissionais com profundos conhecimentos técnicos, tanto a nível de projeto de engenharia como a nível do processo produtivo. Apenas desta forma se pode garantir que sejam feitas as inter-relações corretas e um juízo crítico dos valores obtidos no final do processo.

De forma a fazer um controlo financeiro do projeto após a sua conclusão e avaliar o rigor do processo de orçamentação, no final do projeto é feita uma comparação sistemática entre os valores reais e os valores orçamentados. Este tipo de comparação é extremamente importante em empresas que trabalhem no fabrico de moldes ou em outro sistema ETO, visto que permite atestar a fiabilidade dos orçamentos e despistar eventuais desvios ou falhas no processo de orçamentação. No seguimento da mesma ordem de ideias, Bertrand & Muntslag (1993) considera importante fazer um relatório de custos reais associados às horas produtivas, matérias-primas e compra de materiais que possa ser comparado com o orçamento feito antes do início do projeto.

3. Revisão Bibliográfica

No presente capítulo começar-se-á por introduzir o paradigma de Customização em Massa. Em seguida será feita uma descrição geral do sistema produtivo *Engineer-to-Order*.

Após uma contextualização sobre as propostas atuais para uma eficaz gestão informática de sistemas ETO, será feita a descrição dos requisitos necessários para se fazer uma orçamentação rigorosa no contexto ETO.

Finalmente será feita a introdução do modelo GenPDM, na qual serão explicados os diversos conceitos e a sua notação gráfica.

3.1. Customização em Massa

O paradigma da Customização em Massa caracteriza-se pela intenção de satisfazer em cada produto as necessidades individuais dos clientes através da especificação das suas características, com uma eficiência próxima à da produção em série (J. X. Jiao, Tseng, Ma, & Zou, 2000).

Devido à popularização da customização nos produtos para o consumidor final (artigos de vestuário, tecnologias de consumo, indústria automóvel, etc.), as empresas procuram nestes modelos a capacidade de produzir em grandes quantidades mas respondendo aos requisitos individuais de cada cliente. Contudo, o fator diferenciador mais importante para as empresas é oferecer um produto customizado produzido com níveis de eficiência próximos aos da Produção em Massa. Por este motivo, a Customização em Massa é considerada uma nova evolução nos sistemas de produção em série (Haug, 2013).

Para racionalizar o conceito de customização, Kristianto et al. (2013) defende que do ponto de vista do consumidor a variedade resultante das diversas necessidades é apenas aparente. Do ponto de vista de uma empresa, a customização alcança-se a partir de uma base de produto comum. Neste âmbito são determinados padrões nas necessidades dos clientes através dos quais poderão ser gerados elementos reutilizáveis. Ao grupo de produtos semelhantes que derivam do mesmo conjunto de componentes ou subsistemas, J. Jiao & Helander (2006) dão o nome de “família de produto”.

Esta perspectiva modular da Customização em Massa é igualmente assumida por Kristianto et al. (2013), que se baseia no conceito de plataforma de produto modular que permite a customização instantânea através da escolha de valores específicos de requisitos. Após a introdução dos requisitos na estrutura de um produto genérico são selecionados automaticamente os módulos específicos para essa variante. Gera-se, então, a estrutura da variante de produto em questão.

O conceito de plataforma de produto também é reconhecido por Siddique & Ninan (2007), que o descrevem como conjunto de elementos e tecnologias comuns a todos os produtos produzidos. Para este autor, a customização é alcançada através da adição ou subtração de opções da plataforma, da ampliação da plataforma ou da modificação de atributos do produto.

Esta nova vertente do consumo exige uma mudança do paradigma de competitividade das empresas, que até agora se encontrava assente nos benefícios associados às economias de escala (Yin & Xiong, 2011). A orientação para uma oferta variada que se torna mais atrativa aos olhos do consumidor tem repercussões negativas tais como a redução de eficiência do sistema produtivo, o aumento dos custos de produção devido ao aumento da complexidade dos produtos, aumento dos prazos de entrega e aumentos nos níveis de inventário (J. X. Jiao et al., 2000). Estas repercussões são agravadas pelo facto de a procura exigir que os produtos customizados tenham preços próximos dos encontrados através da produção em massa (Haug, 2013).

O aumento da complexidade do produto e do sistema produtivo exige um aumento nas necessidades de informação de produção. Por sua vez, o aumento das necessidades de informação reflete-se no aumento do tempo para produzir esta informação, no volume de informação, nos usos da informação e nos processos de controlo de produção. Dependendo da complexidade do produto, há um aumento significativo no tempo associado a tarefas de desenho e definição de instruções para cada produto customizado, pelo que para uma grande quantidade de produtos o esforço torna-se muito significativo (Dean, Tu, & Xue, 2008).

Segundo J. X. Jiao et al. (2000), o desafio da produção diversificada relativamente à gestão de informação é a alteração da abordagem atual na qual cada variante de produto é encarada como um produto independente. Esta abordagem torna-se mais complicada de gerir quanto maior for o grau de liberdade dado ao cliente.

A redundância de dados é outro desafio que deve ser contrariado através de uma organização da informação dos produtos que privilegie as relações entre as variantes. É também importante dar a capacidade aos departamentos de vendas de representar as especificações dos produtos em termos de parâmetros e características funcionais de forma a descrever os produtos finais, subprodutos e componentes, assim como as suas inter-relações.

3.2. Engineer-to-Order

O processo nas empresas de fabrico de moldes para injeção de plásticos insere-se num sistema de produção designado por “*Engineer-to-Order*” (ETO). Este sistema dissocia-se dos restantes (*Make-to-order; Make-to-stock; Assemble-to-Order; Buy-to-Order; Ship-to-Stock*) devido à fase de projeto, já que é durante esta tarefa que são absorvidas as necessidades de cliente (Gosling & Naim, 2009). Segundo Wortmann (1995), o sistema ETO tem um carácter multi-projeto, aonde a natureza exata do produto se torna aparente apenas durante a própria fase de projeto.

O sistema ETO caracteriza-se por oferecer um conceito de produto altamente adaptável a diferentes requisitos e especificações técnicas do cliente (Elgh, 2012). Devido a este elevado nível de adaptabilidade aos requisitos individuais de cada encomenda, os produtos originados neste sistema são caracterizados por uma elevada variabilidade nas suas características.

Cada encomenda é considerada como um projeto independente composto por uma rede de atividades sobrepostas e controladas simultaneamente, que se encontram em níveis diferentes de realização. Contudo, numa fase inicial, o conhecimento sobre as atividades de engenharia e *design*, fabrico de componentes, montagem e a instalação, é praticamente inexistente (Bertrand & Muntslag, 1993).

As características do sistema ETO, assente na construção de produtos únicos e complexos projetados em função das especificações do cliente (Kristianto et al., 2013) com fim de responder a uma procura diversificada, refletem-se em diversos desafios e dificuldades técnicas para as empresas. Não obstante, quando comparado com outros sistemas produtivos é possível assinalar algumas vantagens, ainda que relativas. Ao contrário da produção MTS, no sistema ETO a calendarização e a quantidade de procura

são conhecidas, apesar de a natureza exata dos produtos e das operações ser incerta (Wortmann, 1995). Contudo é discutível assumir a premissa de que a procura é um dado conhecido. Tal como afirma Bertrand & Muntslag (1993), é difícil fazer uma previsão detalhada da procura devido à variabilidade dos parâmetros dos clientes.

Segundo Kristianto et al. (2013), a produção ETO está sujeita a diversos desafios técnicos face à customização em contexto de produção em massa. Um destes desafios prende-se com a integração das atividades de projeto no *Lead Time* do produto, durante as quais o envolvimento do cliente é mais intenso. Esta integração reduz a eficiência deste sistema e aumenta a complexidade da sua gestão.

Outro desafio consiste na adoção de um paradigma que permita a customização integrada do produto e do processo de fabrico através de uma gestão de informação que unifique as listas de materiais e de operações. Esta adaptação refletir-se-á em vantagens a nível da simplificação da coordenação interna.

Haug (2013) defende também que o desafio de uma empresa ETO é estandardizar mais o trabalho de engenharia e melhorar a capacidade de associar componentes estandardizados às encomendas ao invés de produzir novos componentes para cada encomenda.

A alteração destes paradigmas enfrenta como principais forças de bloqueio as próprias organizações. Estes princípios são estranhos a muitas empresas, sendo comum a ideia de que nos produtos com requisitos de engenharia elevados não existe um produto *standard*, mas que cada produto é apenas uma amálgama de requisitos do cliente (Little, Rollins, Peck, & Porter, 2000).

Um conceito frequentemente associado à ETO é o de incerteza. Segundo Earl, Song, & Hicks (2003), o planeamento do fabrico de produtos ETO está sujeito a uma significativa incerteza nos tempos das operações, visto que estas não se repetem entre os diferentes produtos, o que aumenta a complexidade do seu planeamento. Defende no entanto que a partir de dados históricos relativos a operações semelhantes é possível estimar médias aproximadas. Outro âmbito ao qual está associada a incerteza são as especificações do produto principalmente no início do projeto, aonde decisões relacionadas com o processo, recursos necessários, capacidade, prazos e preço têm que ser tomadas debaixo de grandes níveis de incerteza (Bertrand & Muntslag, 1993).

3.3. A gestão informática de sistemas ETO na atualidade

Com a necessidade global de aumento da eficiência dos sistemas produtivos, a procura de soluções para os sistemas produtivos assentes na elevada complexidade e variabilidade dos produtos tem gerado o surgimento crescente de novas propostas.

Embora os sistemas informáticos ERP sejam cada vez mais comuns e indispensáveis às empresas, quando se procede à sua adaptação a sistemas produtivos do género ETO surgem diversos problemas que impedem o desempenho pleno das suas capacidades. Segundo Bertrand & Muntslag (1993), as características de um sistema ETO diferenciam-se bastante dos pressupostos básicos do ERP, cuja filosofia assume o conhecimento prévio e detalhado das listas de materiais e da gama de operações. Os sistemas ETO contrariam completamente esta lógica:

- Cada produto tem a sua própria lista de materiais, única, que apenas é gradualmente conhecida durante a fase de projeto;
- As atividades não físicas tal como o projeto e engenharia fazem parte do *Lead Time* do produto. Tipicamente, os sistemas ERP não reconhecem a existência de atividades não físicas;
- A entrega dos produtos apenas é oficializada após concluído o período de afinação ou assistência pós-venda. Até à aprovação final do produto as empresas assumem que a sua produção ainda se encontra em curso;
- Durante as atividades não físicas de projeto e engenharia é feita a segmentação das atividades agregadas (informação incerta) em ordens de trabalho independentes (informação detalhada). Na figura 20 é possível ver que as atividades principais são subdivididas em diversas ordens de trabalho. Até ao momento da atividade não física de definição das gamas de fabrico, apenas se tem conhecimento das atividades agregadas. A informação das atividades necessárias para executar um dado componente é, até então, desconhecida (Wortmann, 1995).

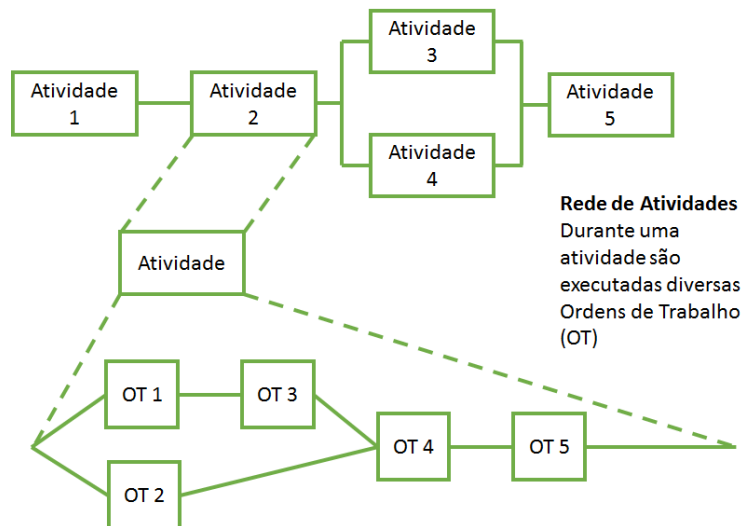


Figura 20 - Relação entre informação agregada e detalhada (Wortmann, 1995)

Apesar destas diferenças, Klos & Krebs (2008) propõe que a integração de um sistema ERP num sistema ETO pode ser feita adicionando uma função ao sistema que permita gerar listas de materiais a partir dos sistemas CAD. Contudo, esta função não traz benefícios na solução de outros problemas inerentes à natureza do sistema ETO. Alguns destes problemas incluem a realização de gamas de operações, que são únicas para cada componente, e as atividades de orçamentação, durante as quais se definem os princípios de desenho do produto e se elabora um planeamento preliminar do processo produtivo.

Não se pode afirmar que a implementação de sistemas ERP seja totalmente incompatível com os sistemas ETO. Na realidade, é possível encontrar diversas vantagens. A criação de uma base de dados detalhada relativa a tempos de operações e custos de produção que possa ser usada para consulta e controle de produção é uma capacidade de grande utilidade. Mas a adaptação de sistemas ERP através de pequenas adaptações peca sempre pela falta de otimização, acabando por não cobrir todas as necessidades das empresas.

Os problemas de compatibilidade têm origem na não otimização e na falta de capacidade do ERP para lidar com a complexidade e a variabilidade do sistema ETO. Segundo Kristianto et al. (2013) a customização de produtos ETO deve permitir soluções baseadas em parâmetros numéricos variáveis que possibilitem alterações de projeto em futuras encomendas. Uma representação genérica da variedade tem provado ser um meio

eficaz de descrever uma vasta quantidade de variantes com o mínimo de redundância de dados (J. Jiao & Helander, 2006).

Haug (2013) propõe que é possível contrariar o aumento de complexidade de um sistema ETO e atingir uma maior performance operacional começando pela otimização da estrutura dos produtos recorrendo a uma arquitetura modular. Esta arquitetura permite organizar os processos em subsistemas mais simples que poderão ser reutilizados ao longo da lista de materiais e da gama de operações, minimizando o número de componentes diferentes utilizados para criar esta variedade. Segundo o mesmo autor, a principal vantagem desta prática deve-se ao facto de esta aproximar o sistema ETO ao paradigma da Customização em Massa, evitando que seja necessário reinventar uma grande parte do produto em cada encomenda.

Dando especial enfoque à indústria de fabrico de moldes, Jiao & Helander (2006) defende o recurso à referenciação genérica, referindo que uma representação genérica da variedade prova ser uma forma eficaz de descrever um vasto número de variantes, com o mínimo de redundância de dados.

Reconhecendo a complexidade do processo de orçamentação no contexto do fabrico de moldes, Elgh (2012) sustenta que a melhor forma de uma empresa responder rapidamente e com preços competitivos aos inúmeros pedidos de orçamentação que lhe chegam se faz recorrendo a um sistema de automatização do desenho.

Também no âmbito da automatização do desenho, Yin & Xiong (2011) propõem uma tecnologia a aplicar à indústria de moldes que recorre à engenharia inversa para a reconfiguração rápida de moldes que se encontrem a produzir em série. Esta tecnologia permite incorporar automaticamente no modelo tridimensional do molde alterações geométricas feitas no desenho da peça injetada. Contudo, por mais pequena ou simples que uma alteração ao conceito da peça plástica possa parecer, existe a possibilidade de ter implicações no molde que sejam impossíveis de executar devido à flexibilidade limitada que este produto apresenta após a sua construção.

Apesar de ser discutível a utilidade de um sistema de automatização de modificação do molde após o fabrico deste, um sistema desta natureza poderia mostrar-se como uma mais-valia no futuro. Considerando uma fase preliminar como a de orçamentação, um sistema deste género poderia partir de uma base de famílias de peças

plásticas genéricas e, através do reconhecimento das alterações sofridas em cada variante, fazer uma definição preliminar do conceito do molde.

Um conceito desta natureza é proposto por J. Jiao & Helander (2006). Considerando uma base de famílias de produtos genéricas representadas através de modelos 3D pré-configurados, propõe-se um sistema informático colaborativo via web para configuração e customização paramétrica de peças injetadas. Desta forma, com base na premissa de que as peças customizadas são no fundo diferentes variantes da mesma família, é defendido que a representação genérica da variedade facilita a especificação de variantes factíveis do item genérico associadas a valores alternativos dos vários parâmetros.

Do ponto de vista da otimização dos produtos personalizados, Haug (2013) defende que a combinação das fontes de informação individuais numa fonte comum permite uma otimização da gama de produtos oferecida. Ao cliente, esta combinação trará maiores garantias de receber um produto que responda realmente às suas expectativas. Já a empresa poderá experimentar um aumento da eficiência dos processos internos.

Neste contexto, J. X. Jiao et al. (2000) propõe um modelo designado de BOMO, “Generic Bill-of-Materials and Operations” (lista genérica de materiais e operações) aonde combina a estrutura da lista de operações e a estrutura da lista de materiais num único sistema. Este sistema único especifica a sequência de operações necessária para produzir um componente intermédio ou um produto final, assim como os materiais e recursos necessários em cada operação.

Sistemas como o MAPP proposto por (Silva, Roque, & Almeida, 2006), propõem que a árvore de materiais seja gerada manualmente na fase de anteprojecto, e que se possa recorrer a *copy/paste* de árvores de materiais de outros produtos semelhantes para construir a árvore de um novo produto.

Neste trabalho, a implementação do modelo GenPDM que se propõe aplicar ao sector da construção de moldes corta com este paradigma. Pretende-se que, com base nos diversos parâmetros da encomenda, seja gerado um conjunto de dados único para a variante em questão. Nestes dados inclui-se a informação relativa à lista de materiais e à lista de operações, que são geradas simultaneamente.

3.4. Orçamentação no contexto ETO

A preparação de orçamentos é um processo de decisão multi fases, que envolve a tomada de decisões complexas feita por uma equipa interdisciplinar. Preparar um orçamento atrativo para o cliente e fiável para a empresa, só é possível com gastos consideráveis de tempo e outros recursos (Zorzini, Corti, & Pozzetti, 2008).

Independentemente do modelo de produção de uma empresa, o processo de orçamentação consiste em prever e contabilizar com o máximo rigor possível os recursos e materiais consumidos durante a produção do produto final. Apenas uma aproximação rigorosa aos valores reais permite à empresa garantir a entrega de um produto que satisfaça as exigências do cliente com um prazo e preços aceitáveis, e ao mesmo tempo, garantir o sucesso do negócio e a sustentabilidade da empresa.

Para obter um orçamento rigoroso, é essencial que este se baseie em dados que se aproximem aos dados produto acabado, gerando uma representação adequada do futuro produto. Este nível de aproximação apenas pode ser alcançado através de um modelo de cálculo simplificado que tenha acesso a informação detalhada, e que tenha a capacidade de incorporar todos os aspetos e propriedades identificados (Elgh, 2012).

Devido à escassez de dados característica da fase inicial de um projeto em contexto ETO, a orçamentação neste tipo de empresas é processo complexo. A única informação disponível relativa ao produto final são os requisitos do cliente e o histórico de produtos, caso este exista.

Elgh (2012) propõe um modelo automático de preparação de orçamentos baseado num conceito de “*Design Automation*” (Automatização do projeto). Este modelo propõe que sejam geradas diferentes variantes de um produto a partir dos requisitos diversificados dos clientes. Cada variante definida provoca alterações no produto e nas propriedades do processo produtivo em função dos requisitos do cliente.

Outro modelo proposto é baseado no conceito de lista genérica de materiais e operações (*Generic BOMO*). Na proposta do modelo, J. X. Jiao et al. (2000) refere que o custeamento de um produto no contexto de um modelo produtivo de elevada complexidade e variabilidade deverá ser feito:

- Atribuindo os custos de mão-de-obra e os custos fixos proporcionais ao tempo de execução, que pode ser determinado a partir da estimativa de tempos *standard* médios baseados em dados operacionais reais
- Determinando os custos de materiais relacionando o consumo de materiais com as operações correspondentes segundo as relações estabelecidas na BOMO.

Acrescenta ainda J. X. Jiao et al. (2000) que num modelo baseado numa lista genérica de materiais e operações é possível obter uma base para uma rápida resposta aos pedidos de orçamentação (RFQ), visto que a variedade contida nos parâmetros relaciona coerentemente as necessidades do cliente com os dados da BOMO.

3.5. O Modelo GenPDM

Para fazer face aos desafios da gestão de informação num contexto de produção diversificada, J. X. Jiao et al. (2000) propõe a alteração do conceito dos modelos atuais. Esta proposta de rutura com o paradigma dos modelos atuais baseia-se no facto de estes separarem os dados em conjuntos independentes e não relacionados.

Um destes conjuntos de dados é a lista de materiais (BOM), que descreve a estrutura do produto através de um esquema das inter-relações existentes entre as matérias-primas, produtos intermédios e produto final, assim como as quantidades de cada um. O outro conjunto de dados designa-se de gama de operações (BOO) que se foca na estruturação e mapeamento do processo de fabrico, representando-o segundo uma sequência de operações e recursos necessários para a realização de cada operação.

Para contrapor a separação dos dados, J. X. Jiao et al. (2000) propõe uma estrutura de dados combinada, designada por BOMO. A lista de materiais e operações (BOMO) agrega as listas de materiais e operações numa única lista, com fim de facilitar as atividades de planeamento e controlo de produção, processamento das encomendas, controlo das especificações de engenharia e orçamentação.

A lista agregada de materiais e operações não garante por si só a customização do produto. A BOMO deve dispor das condições necessárias para assegurar que o produto personalizado estará de acordo com as especificações da encomenda (Dean et al., 2008). Para a formação de uma variante de produto é necessário, em primeiro lugar, atribuir valores a diferentes parâmetros de forma a especificar as diversas características do

produto. Após a definição das características da variante em questão, é então gerada a sua BOMO específica.

O modelo de referência genérica GenPDM (*Generic Product Data Management*) que será agora descrito, tem como base o conceito de BOMO proposto por J. X. Jiao et al. (2000).

3.5.1. Referências Genéricas

O principal conceito deste modelo é o de referência genérica. Considera-se como uma referência genérica um conjunto de produtos ou subprodutos com características comuns e que possam ser agrupados numa mesma família de produto. Neste contexto, um produto é gerado sempre que se caracterize uma variante da família de produtos.

Para interpretar o modelo GenPDM é essencial compreender a sua notação gráfica. Na figura 21 encontra-se uma descrição do significado de cada símbolo, assim como o texto que é apresentado em cada uma delas e as suas posições relativas.

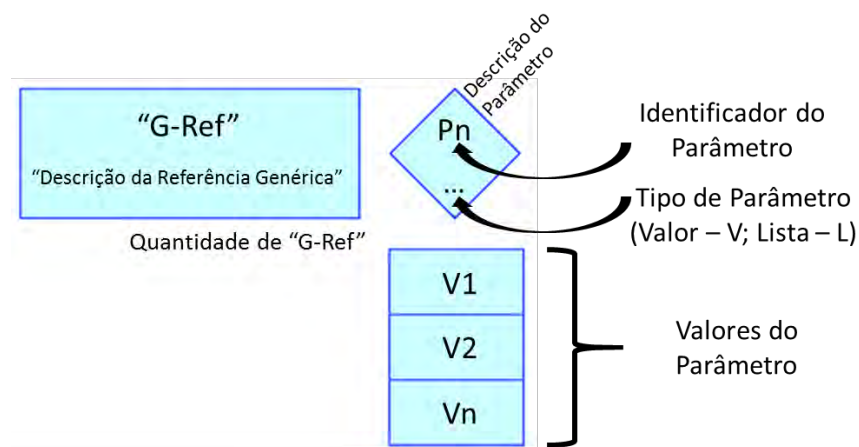


Figura 21 - Notação gráfica de uma referência genérica

Considerando o exemplo da indústria dos moldes, a figura 22 identifica diferentes referências genéricas existentes na população de produtos. São exemplos de referências genéricas o molde, a corredeira, a placa cavidade, o sistema de injeção, etc.

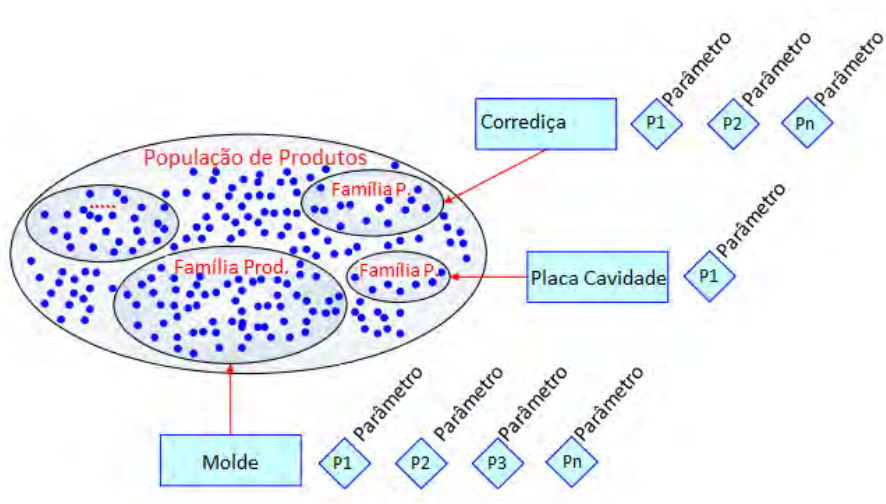


Figura 22 - Referências genéricas de uma população

A cada referência genérica está associado um conjunto de parâmetros. A cada parâmetro corresponde um conjunto de valores. A caracterização da referência genérica faz-se através da seleção de um valor em cada parâmetro. Considerando o exemplo da figura 23, os parâmetros selecionados para caracterizar referência genérica GR1 placa cavidade foram:

- Dimensão da placa em X
- Dimensão da placa em Y
- Dimensão da placa em Z
- Tipo de aço
- Acabamento

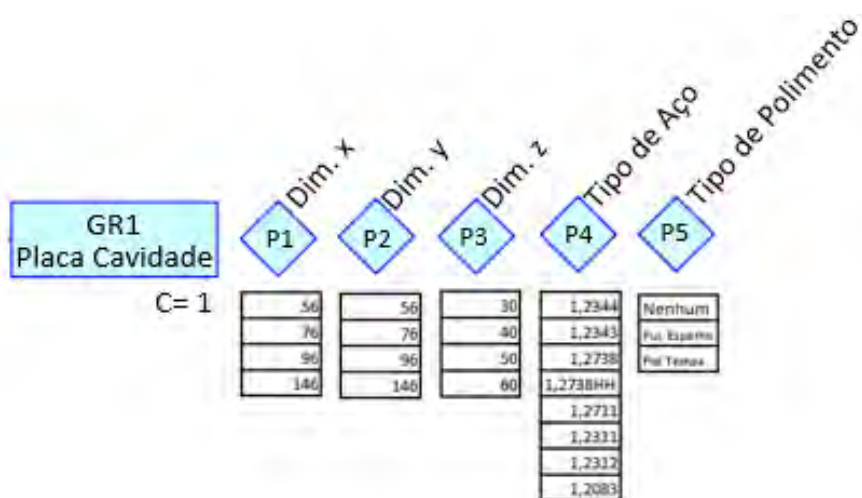


Figura 23 - Parâmetros da GR1 - Placa Cavidade

Em função dos requisitos do utilizador, após a seleção dos valores de parâmetros desejados foi definida uma variante da referência genérica “Placa Cavidade”. No caso da figura 24 foi selecionada a seguinte placa cavidade:

- Dimensão em X: 76 mm
- Dimensão em Y: 96 mm
- Dimensão em Z: 30 mm
- Tipo de aço: 1,2711
- Acabamento: Polimento espelho

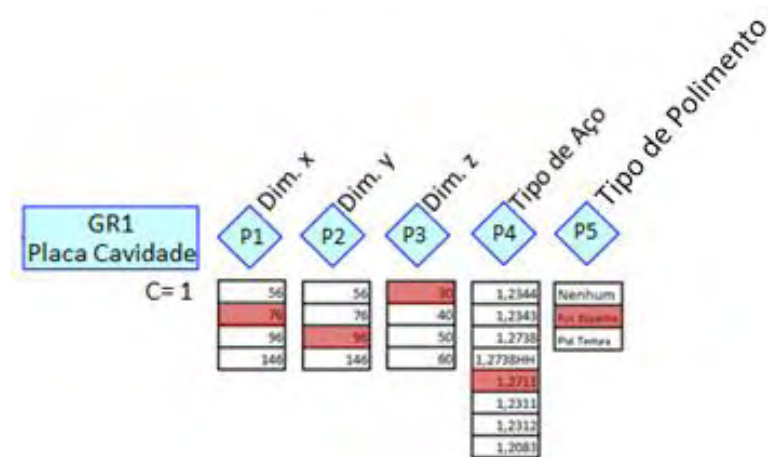


Figura 24 - Seleção de valores de parâmetros da GR1

3.5.2. Tipos de Parâmetros

No modelo GenPDM, o conceito de “Tipo de Parâmetro” assemelha-se ao conceito dos “Tipos de Dados” utilizados na programação informática, nos quais se define o nome e a natureza dos dados (número inteiro, decimal, carácter, etc.).

No caso do GenPDM os tipos de parâmetros identificam a natureza do parâmetro. Por exemplo, no caso de se pretender determinar a cor de um elemento, teríamos como tipo de parâmetro a cor, e as cores vermelho, amarelo e azul seriam os diferentes valores que é possível atribuir a esse mesmo parâmetro. Após definidos no modelo, os tipos de parâmetros podem relacionar-se com quantas referências genéricas for necessário.

Os tipos de parâmetros dividem-se em duas categorias. O tipo de parâmetro lista, representado pela letra “L”, refere-se a um conjunto discreto de valores de parâmetro. O tipo de parâmetro valor é representado pela letra “V” e refere-se a um intervalo contínuo de valores numéricos (figura 25).

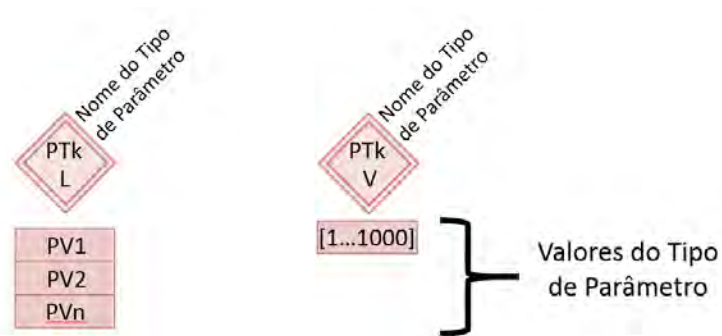


Figura 25 - Notação gráfica dos tipos de parâmetros

Voltando ao exemplo da referência genérica placa cavidade, na figura 26 encontram-se representados os tipos de parâmetros associados aos parâmetros desta referência genérica. São eles:

- Dimensão - tipo de parâmetro lista
- Tipo de Aço - tipo de parâmetro lista
- Acabamento - tipo de parâmetro lista
-

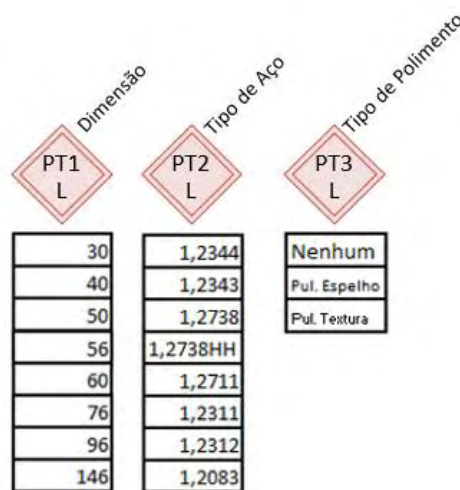


Figura 26 - Tipos de parâmetros

A relação existente entre os parâmetros da referência genérica placa cavidade e os tipos de parâmetros é ilustrada na figura 27. Como se pode observar, cada parâmetro está indexado a um tipo de parâmetro. Esta indexação ocorre também a nível dos valores dos parâmetros, já que cada valor de parâmetro da GR1 está indexado a um valor do tipo de parâmetro correspondente.

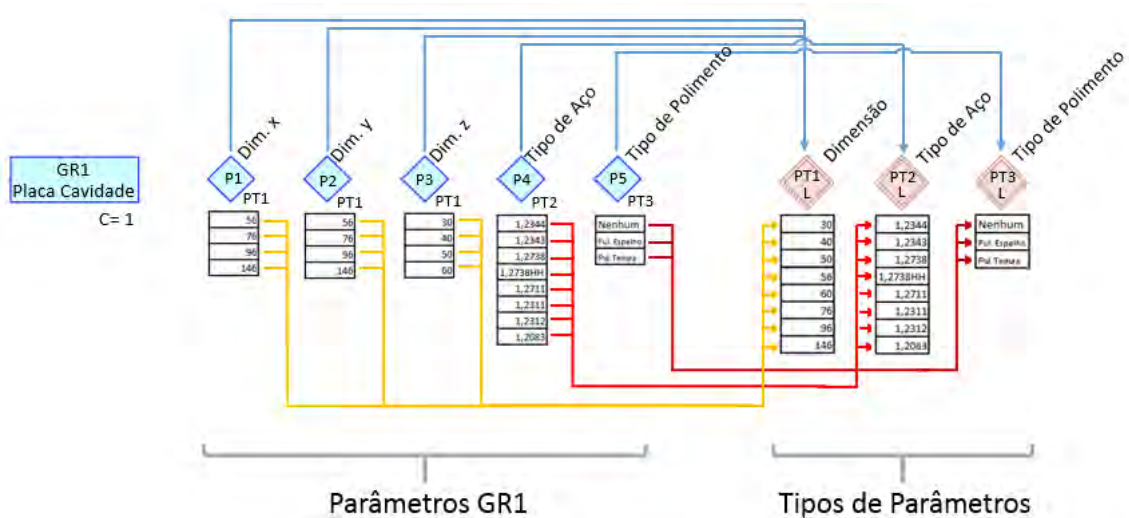


Figura 27 - Relação dos parâmetros da GR1 e os tipos de parâmetros

3.5.3. Tipos de Operações Genéricas

À semelhança das referências genéricas, também os tipos de operações preservam a capacidade de alterarem as suas características em função da variação dos parâmetros da referência genérica à qual estão associadas. A notação gráfica para os tipos de operações genéricas é muito semelhante à notação gráfica das referências genéricas (figura 28).

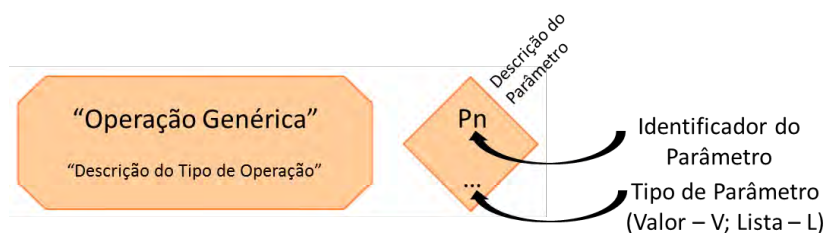


Figura 28 - Notação gráfica de uma operação genérica

Considerando o exemplo do fabrico de uma placa cavidade, duas das operações utilizadas são a maquinagem e o polimento de superfície. A figura 29 ilustra estas duas operações na forma de tipos de operações genéricas.

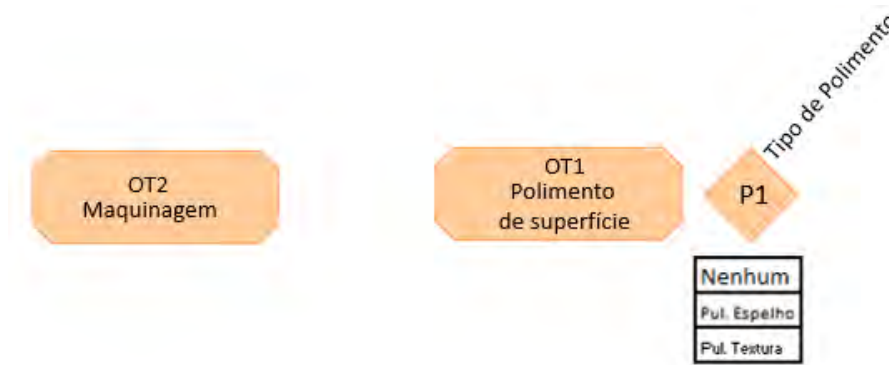


Figura 29 - Operações genéricas

3.5.4. Lista de Materiais e Operações (BOMO)

Como já referido, a agregação da lista de materiais e da lista de operações numa só é uma das bases fundamentais do modelo GenPDM. Com o recurso à BOMO é possível associar a uma referência genérica os seus componentes e as diversas operações necessárias para transformar as matérias-primas no produto final.

Na figura 30 está representada a notação gráfica da BOMO de uma referência genérica.

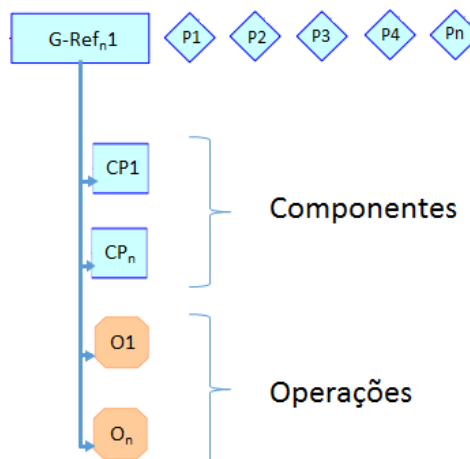


Figura 30 - Lista de materiais e operações (BOMO)

No âmbito do exemplo que tem vindo a ser desenvolvido neste capítulo, a figura 31 representa uma possível BOMO da GR1 – placa cavidade.

A cada componente da GR1 é associada uma referência genérica ou matéria-prima e a cada operação é associado um tipo de operação genérico. Os parâmetros de cada

componente e operação correspondem aos parâmetros da referência genérica, matéria-prima ou tipo de operação genérica respectiva.

A transmissão dos parâmetros introduzidos na GR1 aos seus componentes e operações é feita segundo os fluxos representados pelas setas vermelhas.

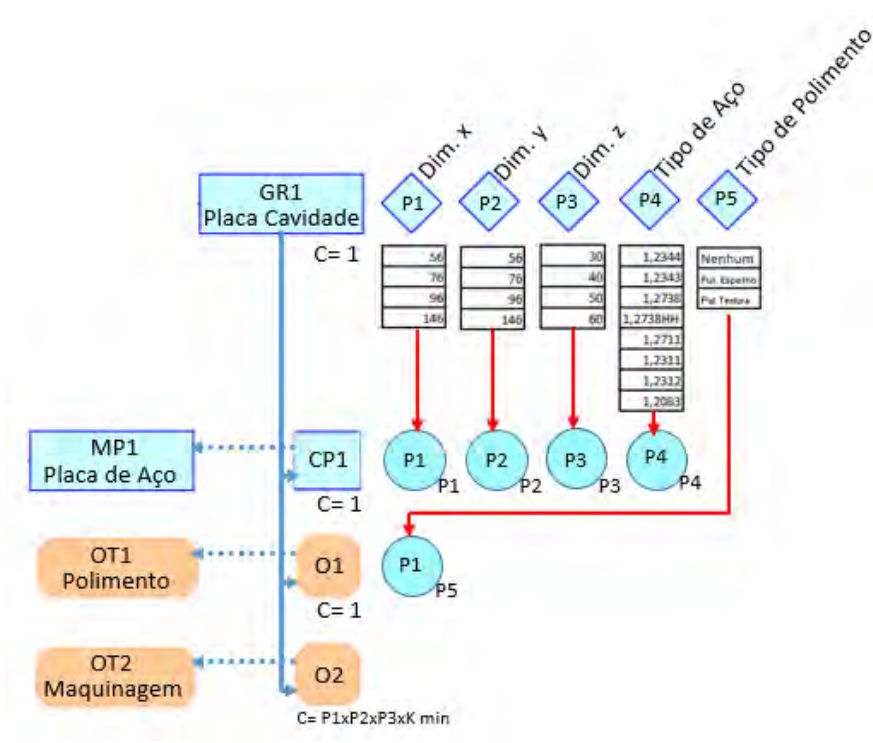


Figura 31 - BOMO da GR1

3.5.5. Características de um Parâmetro

Uma das capacidades do modelo GenPDM é a capacidade de associar as características a tipos de parâmetros. Uma característica (C) permite estabelecer associações entre diferentes parâmetros.

Considere-se, por exemplo, que se quer determinar que tipos de aços devem receber uma operação de têmpera. Da lista de aços disponíveis, os aços temperados são os de tipo 1.2344, 1.2343 e 1.2083. Os restantes tipos de aço são pré tratados.

Para garantir que os aços temperados receberão o tratamento térmico, criar-se-á em primeiro lugar um novo tipo de parâmetro PT3 que se designará “Sim/Não” (figura 32). Este tipo de parâmetro terá um valor “1” correspondente a “Sim” e um valor “0” correspondente a “Não”.



Figura 32 - PT3 - Sim/Não

No lado direito da figura 33 encontra-se a representação proposta pelo modelo GenPDM das características de um tipo de parâmetro. Devido à elevada quantidade de tipos de parâmetros que se apresentarão ao longo do trabalho, para efeitos de redução de espaço optou-se por simplificar esta representação.

Para este trabalho, a introdução de uma característica no tipo de parâmetro PT2 será feita segundo o que consta no lado esquerdo da figura 33. Como se pode observar, à frente dos valores 1.2344, 1.2343 e 1.2083 existe um número “1” que responderia ao “Sim” e à frente dos restantes existe um número “0” que corresponderia ao “Não”.

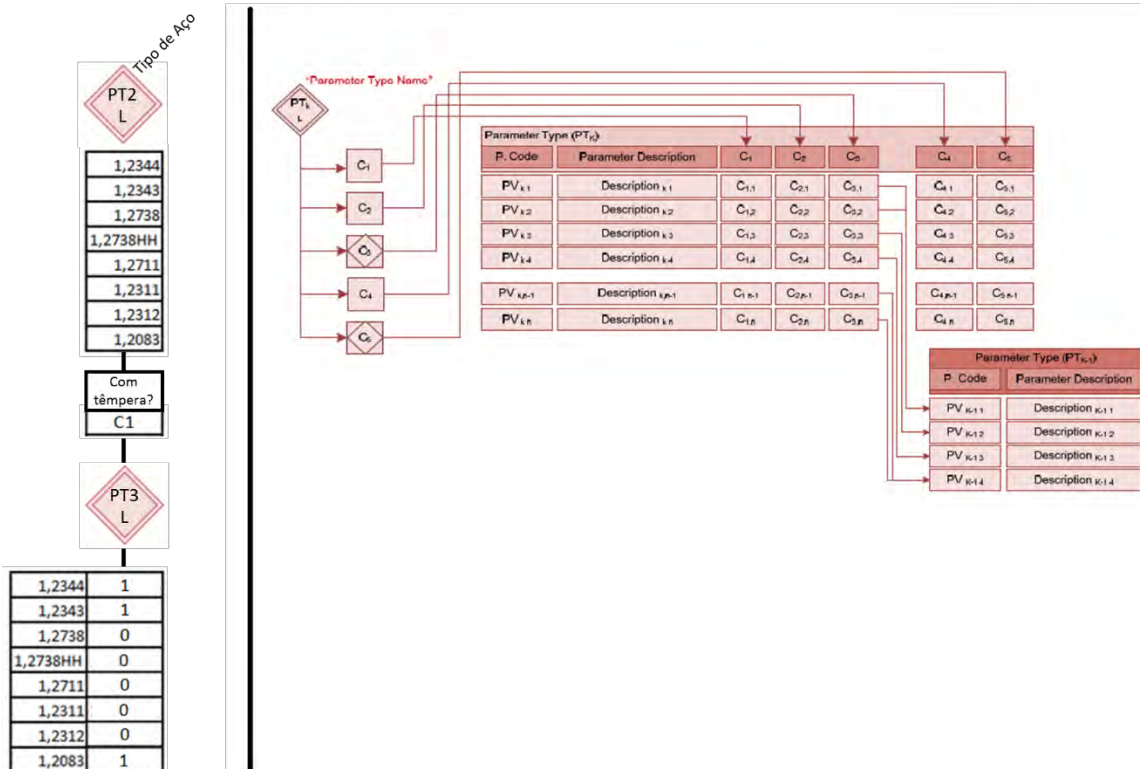


Figura 33 – Esquerda - PT2 com a característica C1; Direita – Representação do tipo de parâmetro segundo o modelo

Na figura 34 é possível ver novamente a BOMO da referência genérica GR1 com a nova operação “OT3 - Têmpera”. A operação têmpera chama a característica 1 do parâmetro P4 da GR1 através da referência C1@P4. Assim, quando o valor de C1@P4 for “1” a operação terá a quantidade “1” e será realizada. Quando o valor de C1@P4 for “0” a operação não se realizará.

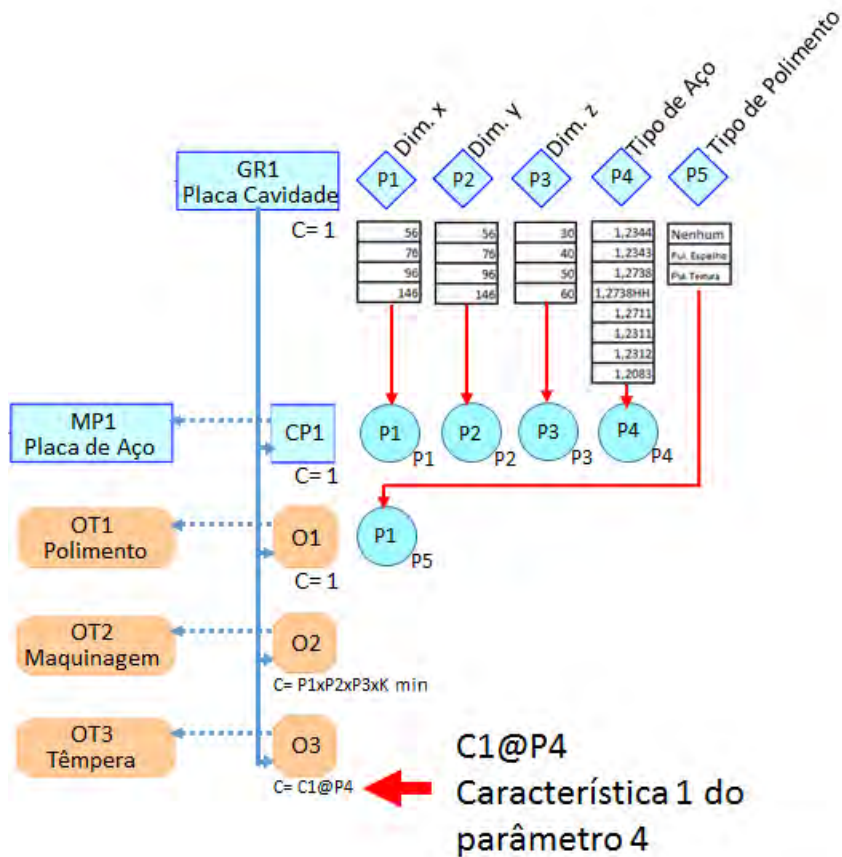


Figura 34 - BOMO da GR1 com característica no parâmetro P4

4. Implementação do modelo GenPDM

Neste capítulo será descrito o processo de implementação do modelo GenPDM no caso de estudo.

Em primeiro lugar será descrita a metodologia utilizada no processo de recolha e tratamento de dados.

Em seguida serão definidos os tipos de parâmetros, os tipos de operações genéricas e as referências genéricas, segundo a metodologia introduzida no capítulo 3.5.

4.1. Recolha e tratamento de dados

Os dados obtidos através deste processo têm como fim o apoio à implementação do modelo e a análise de dados sobre listas de materiais e gamas de operações. A metodologia de recolha e tratamento de dados baseou-se em 5 fases fundamentais:

1. Conhecimento e análise do produto, incluindo os seus componentes, o processo de fabrico, e os parâmetros segundo os quais os clientes definem os requisitos do produto;
2. Análise das relações existentes entre os anteriores, de forma a perceber como é que os requisitos do cliente se refletem no produto final, nos componentes e nas operações;
3. Recolha e análise de dados relativos às listas de materiais de produtos fabricados;
4. Recolha e análise de dados relativos ao processo de fabrico e sequências de operações de produtos fabricados;
5. Com base nas relações estabelecidas no segundo ponto, estabelecer relações entre as listas de materiais e as listas de operações.

O conhecimento do produto, referido na primeira fase, adquire-se através da interação com as atividades de orçamentação, projeto de engenharia e produção. Este processo é importante para conhecer, em primeiro lugar, os conceitos básicos do produto e responder a perguntas como:

- O que é um molde?
- Para que serve?

- Como é que este é constituído?
- Qual é o seu princípio de funcionamento?
- Quais são as tecnologias subjacentes?
- Quais são os parâmetros de caracterização?
- Qual é o processo de fabrico?

Após a aquisição de um conhecimento básico em relação ao molde, a atividade seguinte consiste na elaboração de uma estrutura de inter-relações. Nesta fase estuda-se de que forma é que os diferentes requisitos do cliente influenciam o produto final e os requisitos de engenharia e de produção. Para isto é necessário estabelecer inter-relações entre os diversos componentes do produto, e perceber de que forma é que os parâmetros associados a um componente influenciarão os parâmetros e o processo de fabrico de outro componente.

Para exemplificar as inter-relações entre os componentes de um molde, considere-se as dimensões da peça plástica que se pretende injetar. As dimensões da peça são um dos parâmetros que determina as dimensões das placas moldantes, que por sua vez influenciam outros componentes da estrutura tais como as placas porta cavidade e placas porta macho.

Um exemplo que influencia o processo de fabrico é a escolha dos tipos de aço. Caso o cliente especifique um tipo de aço temperado para as placas moldantes, esta escolha terá efeitos a nível do processo produtivo diferentes da escolha de um tipo de aço pré-tratado. Após o desbaste forte, o aço temperado sofre uma operação externa de tratamento térmico. Esta operação garante-lhe uma elevada dureza que aumenta o tempo de maquinaria nas operações de acabamento.

A compreensão destas inter-relações é imprescindível para que a implementação do modelo seja a mais aproximada possível da realidade. Para isso deve:

- Conter as listas genéricas de materiais e operações;
- Conter as relações entre os diversos parâmetros;
- Fazer refletir todas as alterações nos parâmetros de componentes de nível superior nos parâmetros dos subcomponentes, segundo as relações estabelecidas (J. X. Jiao et al., 2000).

A terceira fase da recolha e tratamento de dados consiste na recolha e tratamento de dados relativos às listas de materiais de produtos acabados. A lista de materiais é elaborada após a fase de projeto e destina-se a realizar os pedidos de compra de todas as matérias-primas e componentes cujo fabrico é adjudicado. Para complementar os dados das listas de materiais, recolheram-se dados a partir dos modelos tridimensionais dos moldes que não se encontram disponíveis nestas. Esta fase tem três objetivos principais:

- Determinar as relações paramétricas existentes entre os requisitos da encomenda e o produto final;
- Determinar as relações paramétricas concretas entre os diversos componentes, isto é, determinar concretamente como é que os parâmetros de um componente influenciam os parâmetros de outros;
- Obter uma base de dados sobre a lista de materiais que posteriormente será cruzada com os dados das operações.

Os dados recolhidos foram agrupados em folhas de *Excel*, tal como se pode ver no excerto de uma tabela de dados, tabela 1. Para cada código de molde, foram catalogados os dados que se consideraram ser mais importantes, tais como:

- Número de cavidades;
- Tipo de injeção;
- Tipo de aço das placas moldantes;
- Número e tipo de movimentos;
- Quantidades;
- Número de eletrodos;
- Dimensões dos principais componentes;
- Outras dimensões

Após a recolha dos dados, seguiu-se o seu tratamento com base nas relações definidas na fase 2. A tabela 2 é o excerto de uma tabela de *Excel* na qual se organizaram os dados relativos à cota em “z” da placa porta cavidade em função da mesma dimensão da placa cavidade. O objetivo nesta tabela é obter uma linha de tendência que determine de que forma é que o aumento da cota “z” da placa cavidade influencia a cota “z” da placa porta cavidade.

Os dados obtidos através deste processo de tratamento de dados são suscetíveis de ter que ser alterados no momento do projeto do molde. No momento de definição das relações na fase 2 do processo de recolha e tratamento de dados, definiram-se aquelas relações que foram consideradas as mais importantes. Contudo, isto não significa que não haja outros fatores secundários a influenciar o mesmo parâmetro.

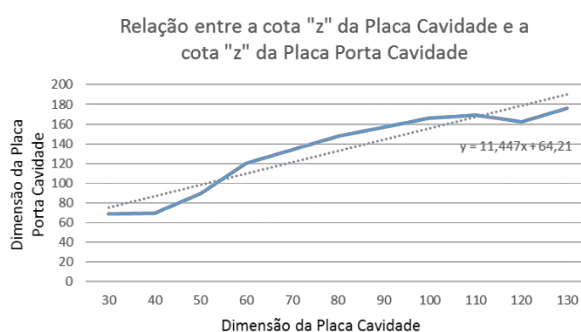
Tabela 1 - Excerto da tabela de dados recolhidos a partir das Listas de Materiais e do modelo tridimensional do Molde.

Numero de molde	7170	7180	7190	7200	7210	7220	7230	7240	7250	7280	7290	7300	7310
Complexidade	a	b	b	b	a	c	b	b	1+1	b	b	b	a
Familia (Nro Cava)	2	2	4	2	2	1+1	2	2	2	4	4	2+2	1
Tipo	Emblema	Monogran	Monogran	Monogran	Monogran	Tapa gas	Bisagra	Tapa Gas	Monogran	monogran	monogran	Monogran	Emblema
Movimientos	0	1 Corredi	2 Corredi	2 corredi	0	1 rotativo y muchos	nao enco	1 correde	2 correde	2 correde	2 correde	2 correde	0
Nro Electrodo	2	4	11	?	2	75		16	?	0	4	5	5
Nro de postizos cilindricos	0	0	0	0	0			2	1	0	0	0	0
Nro discos centraje									1	1	1	1	1
Directo a placa? (1-Sim; 0-Não)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Tipo INY	Submarina p/ pala	Submarin	Submarin	Banana	Camara c	Camara c	Camara c	Submarin	Submarin	camara c	camara c	submarin	
PEÇA	X	20	11	22	28	16	161	80	149	21	21	34	27
	Z	14	3	5	10	3,2	82	84	34	5	5	1,8	5,6
	Y	40	52	130	181	119	240	209	190	265	109	205	141
MOLDE	X	210	216	296	296	215	496	446	296	296	296	296	210
	Z	252	262	272	246	262	630	481	548	266	266	384	364
	Y	196	296	496	316	246	896	746	846	496	446	596	496
Volume molde	10668672	16751232	39933952	23009856	13857180	2,8E+08	1,6E+08	2,07E+08	39053050	35116250	67743744	53441024	1062633E
Extra em X cavidade		12	65	79	62	63	35	66	74	63	75	39	63
Extra em X macho		32	35	33	16	63	35	66	77	17	29	122	122
Espessura total peças X		40	11	44	56	32	161	80	149	42	42	68	54
Extra em Y cavidade		82	79	62	37	37	80	42	86	103	73	49,8	67
Extra em Y macho		86	79	52	57	37	80	42	86	93	95	478	358
Espessura total peças Y		40	104	260	181	119	240	209	190	265	218	410	282
Espaço entre cavidades	X	40		45	50	61			63	51	61	51	51
	Y		13	46			190	48	110		15	8,2	19
Espessura PLACA PORTA CAVIDAD	Z	39	48	38	38	38	77	59	82	38	30	38	38
Espessura PLACA PORTA MACHO	Z	48	46	51	46	51	143	56	85	51	51	71	51
ntas ou separadas??? (0-Juntas 1- Separadas 2-Pares 3-Quat		0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
Marca	Denominacion												
1	PLACA BASE L. INYECCION	X					496	446	446			296	296
		Z					43	36	46			98	96
		Y					896	746	846			596	496
2	PLACA PORTA CAVIDAD	X	216	216	296	296	256	446	396	296	296	296	296
		Z	68	78	68	68	86	176	156	68	68	68	68
		Y	196	296	496	316	246	896	696	846	496	596	496
3	PLACA PORTA MACHO	X	176	176	296	256	216	446	396	396	296	296	296
		Z	76	86	96	86	86	216	116	136	96	66	116
		Y	196	296	496	316	246	896	696	846	496	596	496
5	CALZOS	X	46	66	66	66	46	136	66	78	66	66	66
		Z	76	46	76	66	76	82	136	156	76	76	76
		Y	196	296	496	316	246	896	646	846	496	446	596
7	PLACA PORTA EXPULSORES	X	80	80	120	120	120	277	218	236	120	120	120
		Z	12	12	17	12	12	27	27	27	17	17	17
		Y	194	294	494	314	244	896	646	744	494	444	594
8	PLACA TAPA EXPULSORES	X	80	80	120	120	120	277	218	236	120	120	120
		Z	17	17	22	17	17	36	36	46	22	22	22
		Y	194	294	494	314	244	896	646	744	494	444	594
14	PLACA BASE L. EXPULSION	X	216	216	296	296	256	496	446	446	296	296	296
		Z	27	27	27	27	27	46	36	46	27	27	27
		Y	196	296	496	316	246	896	764	846	496	446	596
75	CAVIDAD 1	QTDD	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1
		X	92	76	168	168	156	196	146	223	168	168	168
		Z	26	28	34	36	26	110	112	80	34	36	34
		Y	122	196	368	218	156	320	251	276	308	306	468
20	POSTIZO CAVIDAD	QTDD							2				
		X							16				
		Z							16				
		Y							31				
35	MACHO 1	QTDD	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1
		X	112	46	122	122	156	196	146	226	122	122	122
		Z	34	42	47	46	44	138	118	76	47	51	50
		Y	126	196	358	238	156	320	251	276	358	328	478
40	POSTIZO MACHO	QTDD			16		4	1					
		X			6		8	140					
		Z			45		24	70					
		Y			6		41	212					
56	CORREDERA	QTDD		1	1	2		1	2	2	1	2	1
		X		50	60	46		86	56	73	56	62	56
		Z		26	33	31		86	42	33	33	33	33
		Y		161	328	208		136	106	128	238	287	448

Tabela 2 - Excerto de uma tabela para determinação da relação entre a cota em "z" da Placa Cavidade e a mesma cota na Placa Porta Cavidade

DIMENSOES PLACA PORTA CAV.									
z									
Z PPCav	66	76	66	66	66	176	156	156	66
Z Cav	26	28	34	36	26	110	112	80	66
0									
10	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
20	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
30	66	76	FALSE	FALSE	66	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
40	FALSE	FALSE	66	66	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	66
50	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
60	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
70	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
80	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	156	FALSE
90	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
100	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE
110	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	176	FALSE	FALSE	FALSE
120	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	156	FALSE	FALSE
130	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE

media	EQUAÇ,AC Z porta cav	
SE #DIV/0!	-1	
SE #DIV/0!	0	
SE 69,07692	1	75,657 76
SE 69,53571	2	87,104 96
SE 89,92308	3	98,551 106
SE 120,5	4	109,998 116
SE 134,125	5	121,445 126
SE 147,75	6	132,892 136
SE 156,875	7	144,339 146
SE 166	8	155,786 156
SE 169,3333	9	167,233 176
SE 162,6667	10	178,68 186
156	176	11 190,127 196



A quarta fase consistiu na recolha e tratamento de dados relativos à gama de operações de cada produto e aos seus tempos de execução. Esta tarefa beneficiou do facto de a empresa dispor de um sistema informático ERP no qual é feito o planeamento e controle da produção. Os dados, recolhidos durante o ano de 2013, referem-se aos projetos executados durante o ano de 2012 para garantir que estes se encontram encerrados.

Após a elaboração da lista de materiais, esta é comunicada ao departamento de produção. Neste departamento é gerada uma gama de operações para cada um dos componentes fabricados internamente, que fica associada ao componente durante todo o processo de fabrico. Um exemplo de uma gama de fabrico utilizada na empresa encontra-se na figura 35.

Cada operação presente na gama possui um código único. Assim, no momento em que se inicia ou termina uma operação, o sistema informático recebe a informação através da leitura do código de barras e contabiliza o tempo consumido. Esta prática é bastante útil, visto que:

- Permite acompanhar o progresso de cada componente;
- Garante que no final de cada projeto se tem acesso a informação detalhada sobre o fabrico de cada produto;
- Permite que se relacione esta informação com os dados do orçamento.

Referência do molde

Marca e designação do componente

Operação

Tempo previsto

Código de barras para leitura ótica

Rúbrica do operário

Fecha de ENTREGA:	30/03/2014	Si/Ref:	MOLDE:	Hoja:	1
MARCA:	3.123	3.123 - Boquilla			Firma Operario
EROSION POR PENETRACION ONA TECNO-H400					
5	HORAS MAQ. EROSION				
CORTE POR HILO CHARMILLES					
11	HORAS MAQ. HILO CHARMILLES				
PROGRAMACION MECANIZADO					
FRESADO, ACABADO SIPLANO					
20	HORAS FRESADORA				

21/01/2014

Figura 35 - Exemplo de gama de fabrico utilizada na empresa

Os dados recolhidos foram agrupados em folhas *Excel*, tal como se pode ver na tabela 3 que representa o excerto da tabela de dados de operações. Para cada código de molde, foram catalogados os seguintes dados:

- Tempos das operações de projeto e montagem do molde;
- Lista de operações associada a cada componente;
- Tempos de cada operação constante da lista;
- Para as operações externas, foram recolhidos dados relativos aos seus custos.

Na quinta fase estudou-se a forma como os requisitos do cliente afetam o processo de fabrico. Para isso estabeleceram-se relações entre os tempos de fabrico e características do respetivo componente como as dimensões, material e complexidade. Assim, para as atividades que se considerou que sofriam maior variabilidade em função dos parâmetros, calculou-se o valor tempo por milímetro quadrado ou cúbico. Para as restantes operações calcularam-se unicamente os tempos médios.

Para componentes como a cavidade, macho e corrediças, os tempos das operações foram agrupados em função de um parâmetro de complexidade que será descrito no capítulo 4.2. Após o seu agrupamento foi possível obter valores de tempos médios para cada operação em função deste parâmetro. Na tabela 4 está representado um excerto da tabela de cálculo dos tempos em função do parâmetro complexidade.

Tabela 3 - Excerto da tabela de dados de operações recolhidos a partir do sistema ERP.

Numero		a	b	b	b	c	b	b	b	b	b	a	b	b	b		
		7170	7180	7190	7200	7220	7240	7280	7300	7360	7370	7410	7440	7480	7490	7510	
Familia (Nro Cavs)		2	2	4	2	1+1	2	4	2+2	4	1+1	4	1+1	2	1+1	1	
Tipo		Emblema	Monograr	Monograr	Monograr	Tapa Gas	Tapa Gas	monograr	monograr	monograr	monograr	Emblema	monograr	monograr	monograr	monograr	
Marca	Denominacion																
Anteproyecto																	
Proyecto																	
Electrodos		6.05	5.67	6.26	3.94	227.59	48.55	5.16	15.2	16.94	6.31	9.31	42.53			4.06	11.52
		20.56	24.06	59.92	38.87	2.19	90.7	27.5	65.69	37.97	29.65	79.86	4.13	39.99	46.58	37.73	
		11.54	12.35			95.51	20.49	3.04	7.52	0.56	10.08	2.93	10.98	3.04	4.15		
1	PLACA BASE L. INYECCION																
	41. Esquadrar, Ac																
	43. Rectificar																
	52. Programação																
2	PLACA PORTA CAVIDAD	6.46	8.5	17.77	7.68			20.51	11.93	11.07	10.46	14.41	7.78	10.19	10.63	9.38	
	41. Esquadrar, Ac	3.04	2.2	4.75	3.75			4.77	5.75	3.56	3.2	4.48	3	3.44	2.81	2.46	
	47. Taladrar S/ Pla	0.61	5.03	6	6.12			5.92	2.65	1.76	8.94	0.89	2.69	1.31	2.5	3.18	
	48. Roscar S/ Pla	1.27		0.59	1.22												
	52. Programação																
3	PLACA PORTA MACHO	6.74	8.24	20.33	18.54			13.84	16.45	23.17	12.57	12.67	17.33	15.59	21.13	10.55	
	41. Esquadrar, Ac	3.28	1.42	5.86	5.45			4.31	5.8	7.2	2.46	3.11	4.17	4.43	3.5	2.96	
	43. Rectificar		0.02	2.14	3.45			3.02	2.26		1.79				9.51	2.86	
	47. Taladrar S/ Pla	0.06	2.24	5.22	1.52			1.48	3	3.86	1.38	0.25					
	48. Roscar S/ Pla																
	49. Corte por Hilo																
	52. Programação																
5	CALZOS	2.04	2.03	5.16	1.13			0.22	4.91	2.6	5.99	9.86	0.12	5.37	6.33	4	
	41. Esquadrar, Ac							4.01		1.36							
	42. Fresado - Des				1.21			3.15	2.81	2.62	3.07	1.65	1.81	2.96		2.41	
	43. Rectificar	1.85		2.98	2.26			1.04	2.14	1.85		0.98	0.77				
	47. Taladrar s/ pla			2.64	1.54												
7	PLACA PORTA EXPULSORES	3.25	9.15	5.16	5.78			6.08	6.77	4.04	5.18	7.27	4.35	1.38	0.6		
	41. Esquadrar, Ac	2.48	1.3	2.28	3.24			2.76	2.51	3.67	1.71	2.41	3.12		3.54	2.95	
	43. Rectificar																
	47. Taladrar S/ Pla																
	48. Roscar S/ Pla	0.33	0.26	5.87	1.19			1.32			0.49			0.38			
	51. Fresado, Acal								2.1	2.73				1.03		5.53	
	52. Programação																
8	PLACA TAPA EXPULSORES	2.17	2.9	6.25	3.38			4.63	5.21	5.98	3.56	4.14	2.37	5.23	7.53	3.51	
	41. Esquadrar, Ac	2.44	5.02	3.37	1.26			1.65	3.97	3.86		2.36	2.2	1.61	2.44		
	43. Rectificar		1.53	1.23	1.07				5.67		1.79					0.62	
	47. Taladrar S/ Pla	0.45		0.93	1.34			0.81		1.78	0.23	2.51	0.67	0.95		1.08	
	48. Roscar S/ Pla	0.54															
	49. Corte por Hilo	3.25		4.91	4.58			5.07	4.42	4.23	3.85	8.18	4.6	9.07	7.9	6.17	
	43. Rectificar	0.72		6.41	3.43			3.79	3.62	4.56	3.67	2.99	2	3.99	2.11	2.5	
	47. Taladrar s/ pla	0.46		0.44	1.38			0.54		0.65	0.76	1.46					
15	CAVIDAD 15	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
	QTDD	17.21	3.45	7.3	4.41	10.46	48.59	46.98	15.48	39.7	20	260	18.18	14.45	25.32	38.09	
	Transporte	1.94	3.5	1.14	8.82	31.42	23.58	10.04	11.65	15.11	7.65	2.42	4.76	7.26	3.14	3.78	
	41. Esquadrar, Ac	1.41	4.35	5.82	5.65	7.59	9.34	5.45	4.43	4.62	2.87	2.39	6.02	2.98	3.4	2.57	
	42. Fresado - Des	0.67	6.66	6.51	13.1	50.65	4.26	14.94	20.49	23.48	17.05	10.94	9.88	12.5	17.12	2.28	
	44. Erosao por pe					11.97		2.02	3.25	2.74		5.71	2.69	2.85	1.5	1.44	
	47. Taladrar s/ pla			4.58													
	48. Roscar S/ Pla	0.16		0.48		1.67			3.28		2.55						
	49. Corte por Hilo					24.94	41	7.22	13.1	9.81	2	16.34	3.09	10.76	3.14	1.5	
	51. Fresado, Acal	1.5	1.6	8.25	20.22	8.65				3.56		5.36	1.81	4.35	3.38		
	52. Programação	3.71															
	80. Tratamiento Te	4.6	6.9	31.05	16.1	46	115	25.3	29.9	28.5	8.89	15.2	9.5	13.68	10.86	6.46	
	81. Trabajos de sc	120															
	82. Pulido exterior																
35	MACHO 35	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
	QTDD	17.21	3.45	7.3	4.41	10.46	48.59	46.98	15.48	39.7	20	260	18.18	14.45	25.32	38.09	
	Transporte	1.94	3.5	1.14	8.82	31.42	23.58	10.04	11.65	15.11	7.65	2.42	4.76	7.26	3.14	3.78	
	41. Esquadrar, Ac	1.41	4.35	5.82	5.65	7.59	9.34	5.45	4.43	4.62	2.87	2.39	6.02	2.98	3.4	2.57	
	42. Fresado - Des	0.67	6.66	6.51	13.1	50.65	4.26	14.94	20.49	23.48	17.05	10.94	9.88	12.5	17.12	2.28	
	43. Rectificar	0.67	6.66	6.51	13.1	50.65	4.26	14.94	20.49	23.48	17.05	10.94	9.88	12.5	17.12	2.28	
	44. Erosao por pe	1.71	0.93	3.72		5.84	13.68	2.2	3.17	2.07	1.56	6.45	1.52				
	47. Taladrar s/ pla																
	48. Roscar S/ Pla	0.78							0.95								
	49. Corte por Hilo	2.78		8.81	14.32	2.5	4.51	2.51				14.38		1.49			
	51. Fresado, Acal	2.28	2.56	16.18	22.32	31.43	76.08	9.08	18.57	7.67	2	4.05	5.68	18.17	14.38	1	
	52. Programação	5.64	1.5	16.64	7.44	23.22	10.2		5.96		1.35	6.16	4.92	6.9	6.43	1.77	
	80. Tratamiento Te	6.9	5.75	28.75	18.4		62.1	27.6	29.9	28.99	13.91	16.15	10.45	12.49	6.95	3.84	
	81. Trabajos de sc			10.5	9.75		57	37.5				17.5	2.5	21			
	82. Pulido exterior																
56	CORREDERA																
	REFERENCIA																
	QTDD	1	1	1	2	1	2	2	1	2	1	0	1	2	1	1	1
	Transporte						13.82										1.2
	41. Esquadrar, Ac		2.81	6.98	8.74	6.13	6.02	1.77	4.55	4.96	7.28		3.05	1.82	6.82	3.61	
	42. Fresado - Des		1.12	2	13.34	1.5	2.45	5.25	3.88	7			5.7	5.52	3	5.83	
	43. Rectificar		6.45	5.68	6.55	3.72	4.46	6.24	3.09	5.44	3.67		3.85	7.21	5.8	2.87	
	44. Erosao por pe																
	47. Taladrar s/ pla			2.24		1.71	1.46	3.06			2.44	0.93					
	48. Roscar S/ Pla			0.28							0.19						
	49. Corte por Hilo															2.13	
	51. Fresado, Acal		1.23	11.77	13	9.38	3	15.43	9.03	17.33	12.14		11.04	14.59	25.73	6.63	
	52. Programação		0.58		5.67	5.48		0.65					2.65	4.34	10.51	1.61	
	80. Tratamiento Te		3.45	17.25	8.05	6.9	4.75	14.95	8.05	16.49	5.7		2.66	9.05	7.68	3.07	

Tabela 4 - Excerto da tabela de cálculo dos tempos médios das operações da Placa Cavidade

	7170	7180	7190	7200	7220	7240	7280	7300		
Dimensões	1	1	1	1	1	2	1	1		
X	92	76	168	168	196	223	168	168		
Z	26	28	34	36	110	80	36	34		
Y	122	196	368	218	320	276	306	368		
Nro Cavs	2	2	4	2	2	2	4	4		
Complexidade	a	b	b	b	c	b	b	b		
Horas	7170	7180	7190	7200	7220	7240	7280	7300		
41, Esquadrar, Achaflanar, Mecanizar s/ pl	1,94	3,45	7,3	4,41	4,02	0,84	1,81	6,4		
42, Fresado - Desbaste s/ programa de me	1,41	3,5	1,14	8,92	31,42	11,79	10,04	11,65		
43, Rectificar	0,87	4,35	5,82	5,65	7,59	4,67	5,45	4,43		
44, Erosao por penetração	6,66	6,51	18,81	13,1	50,65	2,13	14,94	20,49		
47, Taladrar s/ plano	0	0	4,58	0	11,97	0	2,02	3,25		
48, Roscar S/ Plano	0,16	0	0,48	0	0	0	0	0		
49, Corte por Hilo	0	0	0	0	1,67	0	0	3,28		
51, Fresado, Acabado s/ plano	1,5	0	1,34	3,08	24,94	20,5	7,22	13,1		
52, Programação Mecanizado	3,71	1,5	0	8,25	20,22	8,65	0	0		
80, Tratamento Tempera	4,6	6,9	31,05	16,1	46	57,5	25,3	29,9		
81, Trabajos de soldadura en exterior	0	0	0	0	42	0	0	0		
82, Pulido exterior	120	0	0	0	0	0	0	0		
									Média	Unidades
Área X.Y (mm2)	11224	14896	61824	36624	62720	61548	51408	61824		
Área total X.Y+X.Z+Y.Z (mm2)	33576	45024	160096	101040	238960	202936	136944	160096		
Volume X,Y,Z (mm3)	291824	417088	2102016	1318464	6899200	4923840	1850688	2102016		
A										
Complexidade	a	b	b	b	c	b	b	b		
Horas	7170	7180	7190	7200	7220	7240	7280	7300	Média	Unidades
44, Erosao por penetração	6,66	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE		7,38 h
47, Taladrar s/ plano	0	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE		2,78 h
52, Programação Mecanizado	3,71	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE		3,95 h
80, Tratamento Tempera	4,6	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE		13,19166667 €
82, Pulido exterior	120	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE		358 €
41, Esquadrar (h/mm2)	0,000172844	0	0	0	0	0	0	0		0,000186346 h/mm^2
42, Fresar (h/mm3)	4,83168E-06	0	0	0	0	0	0	0		2,87986E-06 h/mm^3
43, Rectificar (h/mm2)	2,59114E-05	0	0	0	0	0	0	0		3,83252E-05 h/mm^2
51, Fresar, acabado s/ plano (h/mm3)	5,14008E-06	0	0	0	0	0	0	0		6,3246E-06 h/mm^3
B										
Complexidade	a	b	b	b	c	b	b	b		
Horas	7170	7180	7190	7200	7220	7240	7280	7300	Média	Unidades
44, Erosao por penetração	FALSE	6,51	18,81	13,1	FALSE	2,13	14,94	20,49		10,90 h
47, Taladrar s/ plano	FALSE	0	4,58	0	FALSE	0	2,02	3,25		2,78 h
52, Programação Mecanizado	FALSE	1,5	0	8,25	FALSE	8,65	0	0		6,48 h
80, Tratamento Tempera	FALSE	6,9	31,05	16,1	FALSE	57,5	25,3	29,9		20,44 €
82, Pulido exterior	FALSE	0	0	0	FALSE	0	0	0		251,25 €
41, Esquadrar (h/mm2)	0	0,000232	0,000118	0,00012	0	1,36E-05	3,52E-05	0,000104		0,000161491 h/mm^2
42, Fresar (h/mm3)	0	8,39E-06	5,42E-07	6,77E-06	0	2,39E-06	5,43E-06	5,54E-06		5,17507E-06 h/mm^3
43, Rectificar (h/mm2)	0	9,66E-05	3,64E-05	5,59E-05	0	2,3E-05	3,98E-05	2,77E-05		4,21682E-05 h/mm^2
51, Fresar, acabado s/ plano (h/mm3)	0	0	6,37E-07	2,34E-06	0	4,16E-06	3,9E-06	6,23E-06		5,78472E-06 h/mm^3
C										
Complexidade	a	b	b	b	c	b	b	b		
Horas	7170	7180	7190	7200	7220	7240	7280	7300	Média	Unidades
44, Erosao por penetração	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	50,65	FALSE	FALSE	FALSE		37,47 h
47, Taladrar s/ plano	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	11,97	FALSE	FALSE	FALSE		5,20 h
52, Programação Mecanizado	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	20,22	FALSE	FALSE	FALSE		16,47 h
80, Tratamento Tempera	FALSE	FALSE	FALSE	FALSE	46	FALSE	FALSE	FALSE		56,59 €
41, Esquadrar (h/mm2)	0	0	0	0	1,68E-05	0	0	0		3,34217E-05 h/mm^2
42, Fresar (h/mm3)	0	0	0	0	4,55E-06	0	0	0		3,01792E-06 h/mm^3
43, Rectificar (h/mm2)	0	0	0	0	3,18E-05	0	0	0		2,39314E-05 h/mm^2
51, Fresar, acabado s/ plano (h/mm3)	0	0	0	0	3,61E-06	0	0	0		3,60805E-06 h/mm^3

4.2. Definição dos Tipos de Parâmetros

A implementação do modelo será iniciada com a definição dos tipos de parâmetros. Como já referido, os tipos de parâmetros determinam a natureza dos parâmetros das referências genéricas e operações genéricas e os diferentes valores que estes podem adotar.

- **TP1 – Quantidade**

O tipo de parâmetro quantidade representa a quantidade de algum componente. Neste tipo de parâmetro, cuja representação gráfica se pode ver na figura 36, recorreu-se a diversas características:

- C1 - Determina que o número de placas porta cavidade é 0 caso de se optar por zonas moldantes diretas à placa (placa porta cavidade e placa cavidade passam a ser uma só) e 1 para os outros casos;
- C2 - Determina o número de placas cavidade;
- C3 – Determina que as dimensões da placa base dependem da placa cavidade sempre que as zonas moldantes sejam diretas à placa;
- C4 – Determina que as dimensões da placa base dependem da placa porta cavidade sempre que o molde tenha placa cavidade e placa porta cavidade independentes;
- C5 e C6 – Quando o número de elétrodos pequenos for superior a 0, informa o sistema que a dimensão em X e Y destes elétrodos será de 16 mm e que a dimensão em Z é 40;
- C7 e C8 – Quando o número de elétrodos médios for superior a 0, informa o sistema que a dimensão em X e Y destes elétrodos é de 26 mm e que a dimensão em Z é de 60 mm;
- C9, C10 e C11 – Quando o número de elétrodos grandes for superior a 0, informa o sistema que a dimensão em X destes elétrodos é de 26 mm, que a dimensão em Y é de 150 mm e que a dimensão em Z é de 80 mm;
- C12 – Define a existência de placas de ajuste no sistema de correções, em função da existência de cunhas.

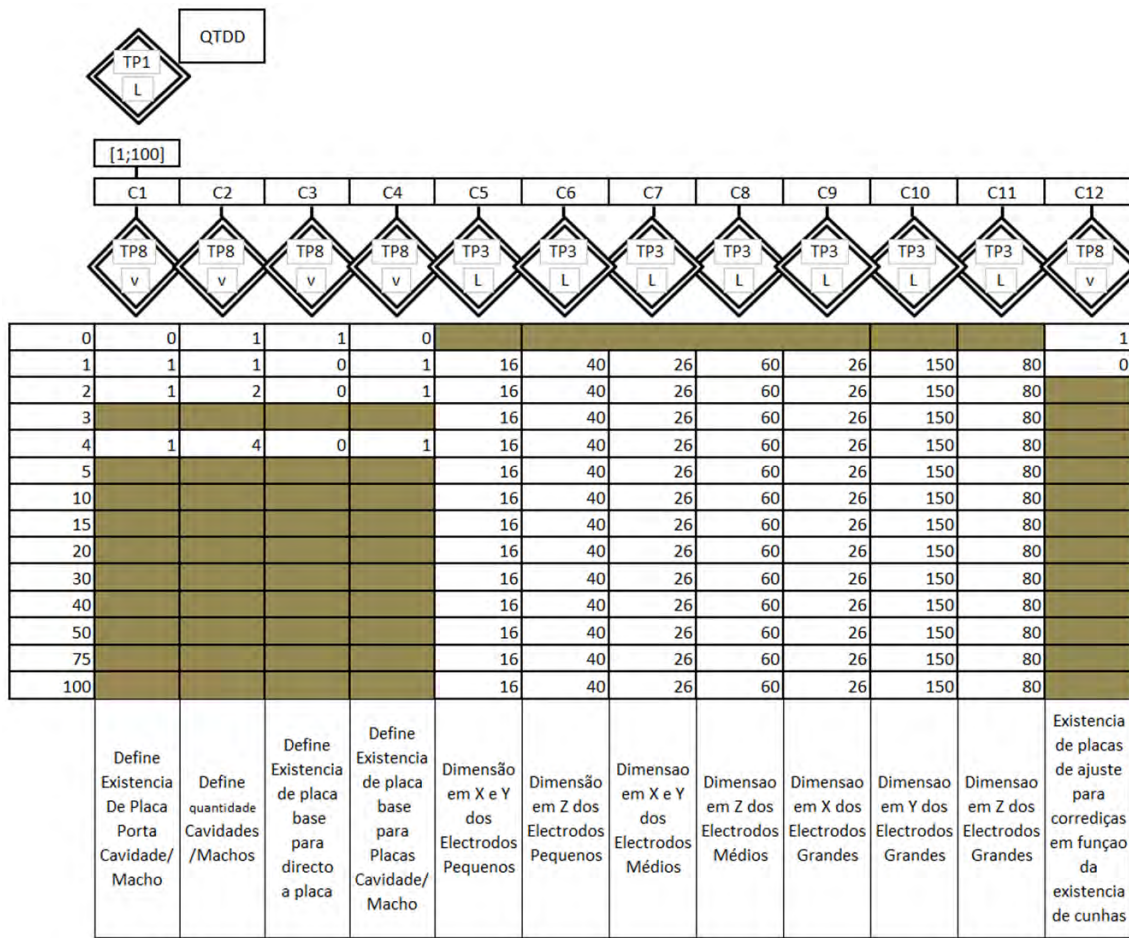


Figura 36 – Tipo de parâmetro quantidade e as características associadas

- **TP2 – Complexidade**

Numa indústria como o fabrico de moldes de peças de injeção, a variedade infinita de peças possíveis gera uma variedade infinita de moldes possíveis. Todas estas peças vão desde as formas mais simples até às mais complexas e esta complexidade é naturalmente transposta para o molde. Desta forma, a complexidade do molde aumentará proporcionalmente à complexidade da peça que se pretende injetar.

A criação deste parâmetro surgiu quando se enfrentou a necessidade de introduzir um parâmetro de avaliação global da complexidade da peça por parte do utilizador. Durante o processo normal de orçamentação, este tipo de avaliação acaba por também tem que ser feita de forma a distinguir as peças em função da sua complexidade.

Considere-se o exemplo de duas peças com exatamente as mesmas dimensões e cujas placas moldantes de cavidade e macho têm também exatamente a mesma dimensão. Sem

um parâmetro relativo à complexidade da peça, considerar-se-ia que o tempo associado ao fabrico das placas cavidade e macho seria exatamente igual para ambas, o que se traduziria num grande desfasamento da realidade.

Há várias características geométricas da peça que influenciam a complexidade do molde e aumentam o seu tempo de fabrico. Algumas destas características são a complexidade da superfície de fecho do molde, a existência ou não de movimentos, a existência de nervuras ou a necessidade de recorrer a postigos. Operações como o projeto também são muito influenciadas por este parâmetro. O projeto de um molde para uma peça plana sem movimentos nem formas complexas será muito mais rápido de executar do que o projeto de um molde para uma peça de bi-injeção com diversos movimentos e postigos moldantes.

Para fazer frente a esta enorme variabilidade de peças e complexidades, tornou-se necessário implementar um parâmetro que permitisse, através da análise de diversos aspetos formais da peça, dizer ao modelo o tipo de peça/molde que se está a avaliar. Estabeleceram-se assim três graus de complexidade que vão desde o A – o mais simples – até ao C – o mais complexo.

- A. Peça com geometria simples, sem movimentos ou com um movimento simples no máximo, baixa complexidade das operações de maquinagem;
- B. Peça com geometria mais complexa, na qual pode ser necessário introduzir alguns movimentos. A linha de fecho do molde já representa algumas mudanças de plano e pode ser contemplada uma pequena quantidade de postigos, complexidade das operações de maquinagem superior à encontrada no nível A;
- C. Peças com geometrias muito complexas, várias mudanças planos de ajuste, grandes dimensões segundo Z, grande quantidade de movimentos de correções e/ou balancés, correções inclinadas, grande necessidade de recurso a postigos moldantes, elevada quantidade de horas necessárias para operações de projeto e ajuste.

O parâmetro de complexidade é dos mais importantes de todo o sistema visto que se reflete em nos tempos de diversas operações e na quantidade de materiais normalizados.

De forma a simplificar a leitura das características do TP2, a representação gráfica da figura 37 foi ligeiramente alterada para que se perceba de que componentes e

operações se está a tratar. Os componentes cujos dados sobre tempos de fabrico não se encontram representados nesta figura, não vêm estes dados alterados em função da complexidade da peça.

- C1 a C10 – Dados dos tempos das diversas operações executadas em outros componentes e no processo de afinação do molde;
- C12 a C17 – Dados dos tempos das diversas operações executadas na placa cavidade;
- C18 a C23 – Dados dos tempos das diversas operações executadas na placa macho;
- C24 – Dados dos tempos de fabrico dos eléctrodos;
- C25 – Valor em euros dos materiais normalizados, em função da complexidade.

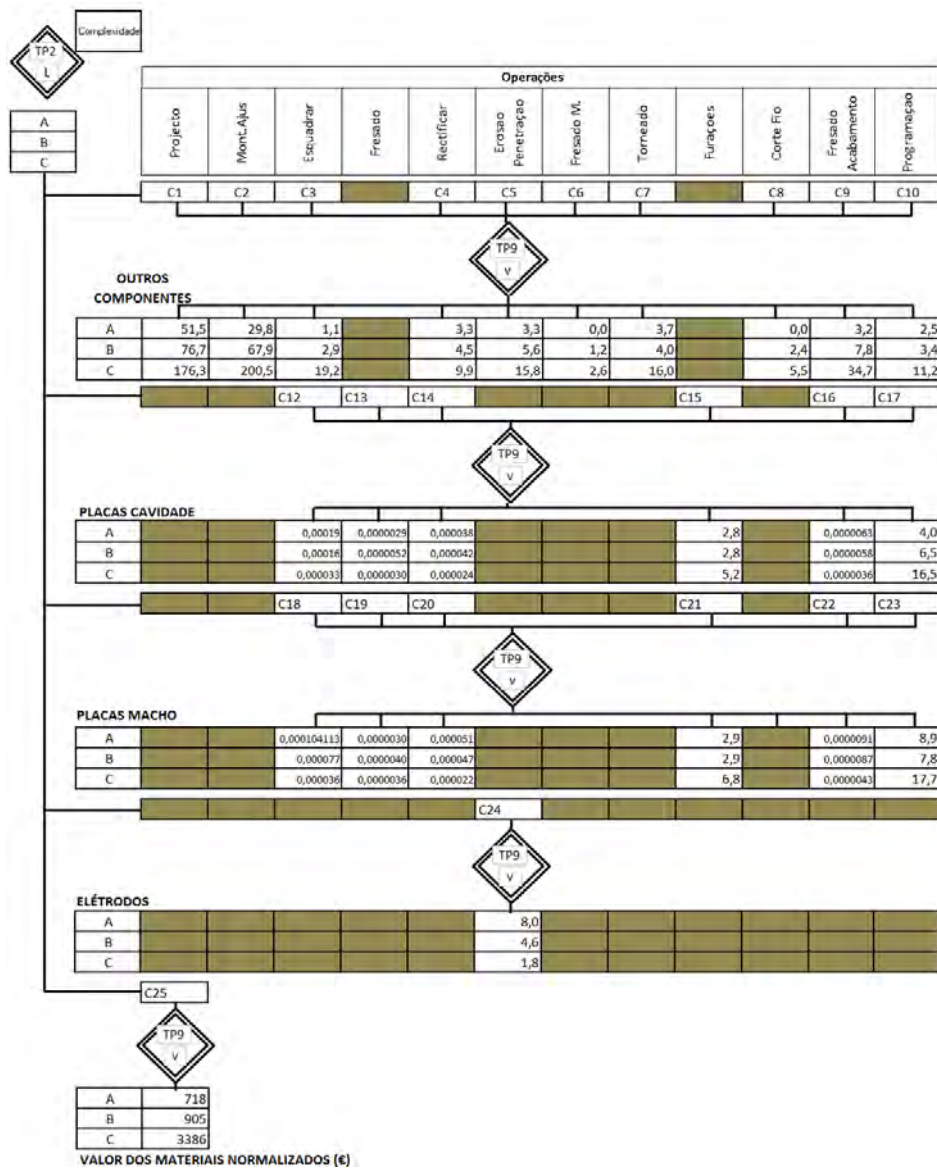


Figura 37 - Tipo de parâmetro complexidade e as características associadas

- **TP3 – Dimensão**

O tipo de parâmetro dimensão diz respeito à dimensão de diversos componentes. As características associadas a este tipo de parâmetro visam relacionar as dimensões de diversos componentes:

- C1 - Relação da dimensão X do calço com a dimensão X da placa porta macho;
- C2 - Relação da dimensão Z do calço com a dimensão Z da peça;
- C3 - Relação da dimensão Z da placa tapa extratores com a dimensão Y da placa porta macho;
- C4 – Relação da dimensão Z da placa porta extratores com a dimensão Y da placa porta macho;
- C5 – Relação da dimensão Z da placa porta cavidade com a dimensão Z da cavidade;
- C6 - Relação da dimensão Z da placa porta macho com a dimensão Z do macho.

Na figura 38 está presente a representação gráfica deste tipo de parâmetro.

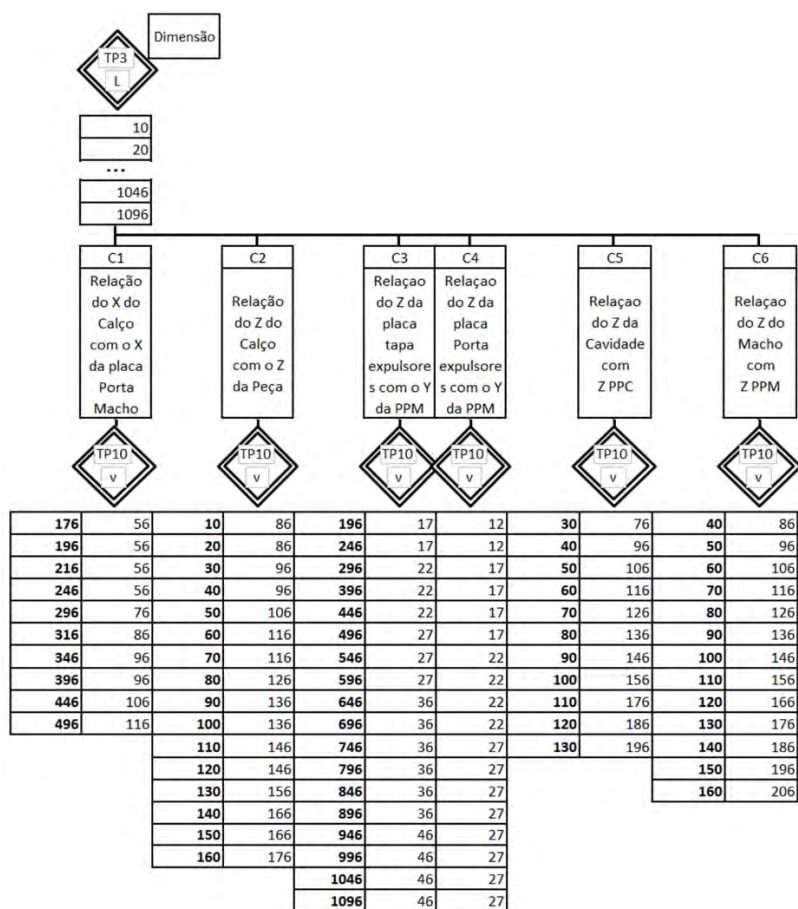


Figura 38 - Tipo de parâmetro dimensão e as características associadas

- **TP4 – Material**

Os valores deste parâmetro diferenciam diversos materiais metálicos. Estes incluem as diferentes ligas de aços para a estrutura, cobre-berílio, bronze-alumínio e o cobre para elétrodos. Como já referido, os aços para as zonas moldantes dividem-se entre os aços pré-tratados e os aços temperados. A descrição dos tipos de aços, as suas aplicações e os tratamentos térmicos necessários encontra-se presente na tabela 5.

Tabela 5 - Materiais, aplicação e tratamento

Nome	Aplicação	Comentários	
Aços	1.1730	Aço de estrutura	
	1.2344	Aço para zonas moldantes	Temperado e revenido
	1.2343	Aço para zonas moldantes	Temperado e revenido
	1.2738	Aço para zonas moldantes, Patim do Balancé	Prétratado
	1.2338HH	Aço para zonas moldantes	Prétratado
	1.2711	Aço para zonas moldantes	Prétratado
	1.2311	Aço para zonas moldantes/estrutura	Prétratado
	1.2312	Aço para zonas moldantes/estrutura	Prétratado
	1.2083	Aço para zonas moldantes	Temperado e revenido
1.2842	Aço para chapas de ajuste/cunhas		
CU-BE	Insertos e posições		
Bronze-Alumínio	Chapa Guia Corrediça, Chapas de Deslize		
Cobre elétrodos	Elétrodos		

Na figura 39 encontra-se a representação gráfica do tipo de parâmetro TP4. A característica C1 determina, para cada tipo de aço, a necessidade de recurso à operação externa de têmpera.

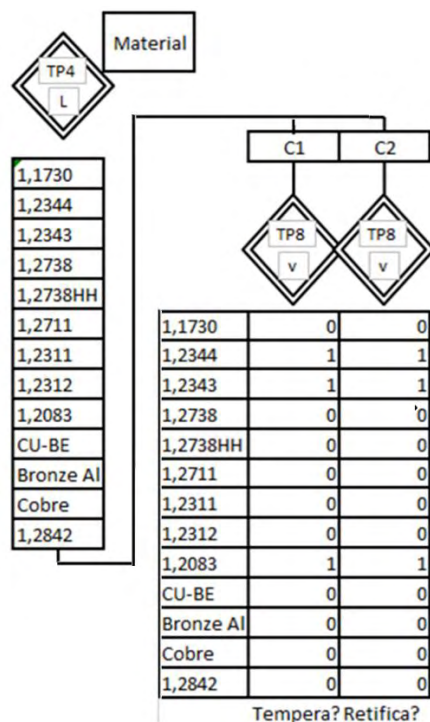


Figura 39 - Tipo de parâmetro TP4 - materiais - e as suas características

- **TP5 – Tipo de Injeção**

O tipo de injeção refere-se ao tipo de tecnologia utilizado no sistema de injeção de plástico que chega ao molde através do fuso da máquina de injeção na cavidade do molde. Existem três tipos de tecnologias para este efeito: canal frio, bico quente e sistema de câmara quente.

O canal frio consiste num bloco de aço maquinado fabricado internamente com forma e função semelhante a um funil. O plástico é injetado na cavidade do molde à temperatura com que é proveniente do fuso da máquina de injeção. Depois de entrar no molde, o plástico deverá percorrer um circuito antes de entrar na cavidade da peça. A este circuito dá-se o nome de gito.

O bico quente, embora seja proveniente de fornecedores exteriores e tecnologicamente mais complexo, tem uma forma e função idênticas à do canal frio. A principal diferença deve-se ao facto de ser provido de resistências e termopares que permitem o controlo da temperatura a que o plástico entrará na cavidade do molde.

Os sistemas descritos antes consistem em canais retilíneos que fazem um transporte o mais curto possível desde o extremo do fuso de injeção até a núcleo do molde. No caso de um sistema de câmaras quente, o objetivo é transportar o plástico até uma zona específica da cavidade. À semelhança dos bicos quentes, a temperatura do plástico é regulada devido à presença de resistências e termopares.

Os sistemas de câmara quente são utilizados em situações de injeção direta à peça. A zona de entrada de material escolhida deve ser a que garanta o melhor enchimento possível, a menor deformação e as melhores características visuais da peça injetada. Os sistemas de câmara quente existem com as mais diversas formas e características, mas a principal característica que os define é o número de bicos sendo os mais comuns os sistemas de 1 bico, 2 bicos e 4 bicos.

Este tipo de parâmetro, cuja representação gráfica se encontra na figura 40, engloba diversas combinações possíveis para que seja possível seleccionar a mais apropriada em função do caso. As características associadas a este tipo de parâmetro permitem desagregar a quantidade de cada componente em função da opção seleccionada. Exemplificando, no caso de se seleccionar “1 câmara de 2 Bicos e 1 câmara de 4 Bicos” o

o sistema determina que a quantidade de Câmaras de 2 Bicos é “1”, a quantidade de Câmaras de 4 Bicos é “1”, e que a quantidade dos restantes sistemas é “0”.

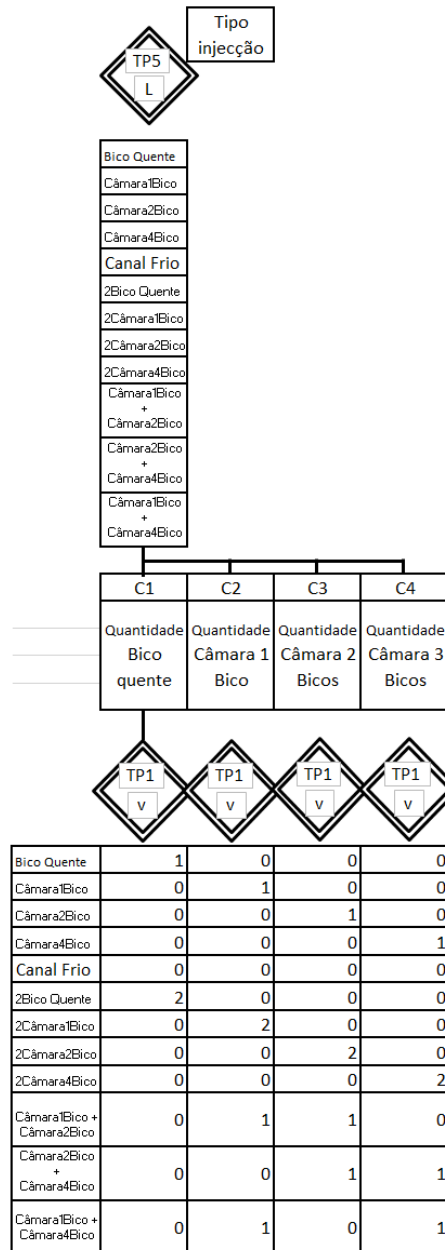


Figura 40 - Tipo de parâmetro tipo de injeção e as suas características

- **TP6 – Acabamento**

O acabamento é o tratamento final a que são sujeitas as superfícies moldantes após todas as operações de maquinagem ou erosão. O seu objetivo é uniformizar a superfície eliminando todas as marcas resultantes das operações de maquinagem e erosão. Dependendo do tipo de peça e dos parâmetros do cliente, pode-se dar diversos tipos de

acabamento em função da qualidade da superfície que estes proporcionam: polimento técnico, polimento para textura e polimento de alto brilho (espelho).

A representação gráfica do tipo de parâmetro TP6 e das respectivas características encontra-se na figura 41.

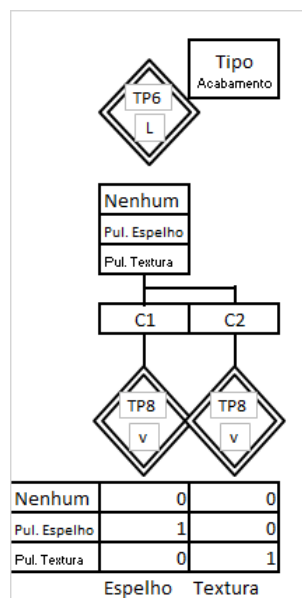


Figura 41 - Tipo de parâmetro tipo de acabamento e as suas características

- **TP7 – Corrediças**

Este tipo de parâmetro tem como função a descrição da quantidade e dimensão dos movimentos do tipo corrediças, necessários para a desmoldagem de contra-saídas da peça em causa. Dependendo das contra-saídas da peça, estas determinarão a direção, sentido e dimensões das corrediças, pelo que estas surgem com diversas formas e dimensões.

É possível descrever diversas formas de abordar o método de introdução da informação relativa às corrediças. Uma das formas ponderadas foi a possibilidade de introdução dos parâmetros relativos a cada movimento em particular. No entanto, esta foi deixada de lado devido à grande quantidade de parâmetros que esta possibilidade iria gerar.

Optou-se então por uma abordagem que permite descrever, para cada lado da peça, a quantidade de corrediças necessárias e ao mesmo tempo caracterizar a dimensão relativa destas. Não se considera neste caso imperativo dar dimensões precisas para cada

corrediça, visto que esta informação apenas é determinada no momento em que a modelação 3D destas e dos elementos que afetam os seus parâmetros se encontra terminada. Desta forma, o risco de falhar a previsão seria igualmente elevado.

Na figura 42, definiu-se uma orientação para a peça e escolheu-se uma designação para cada lado desta.

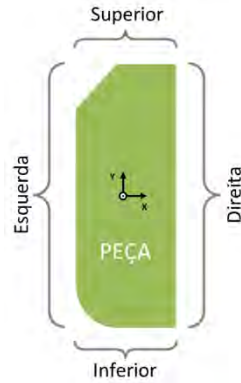


Figura 42 - Posição relativa das posições das corrediças relativamente à peça

Para caracterizar a dimensão relativa da corrediça em relação à peça, foram escolhidos três níveis: pequena, média e grande. Determinou-se que uma corrediça pequena corresponderia a 25% da dimensão do respetivo lado da peça, que uma corrediça média corresponderia a 65% e que uma corrediça grande corresponderia a 100% da dimensão (figura 43). Visto que cada lado da peça pode necessitar de mais do que uma corrediça, foram feitas diferentes combinações.

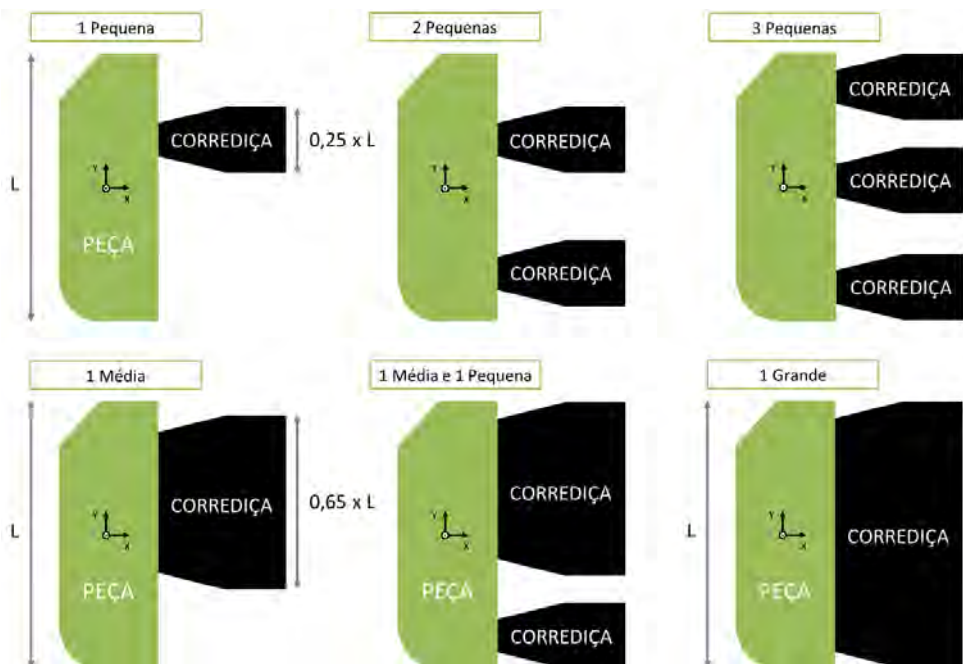


Figura 43 - Diferentes combinações disponíveis de diferentes tipos de corrediças

No caso deste tipo de parâmetro, representado na figura 44, as características têm uma função idêntica à desempenhada no caso dos sistemas de injeção. Se se introduzir, por exemplo, o valor “1 Peq 1 Med” (uma correção pequena e uma correção média), a característica C1 determina que a quantidade de correções pequenas é “1”, a característica C2 determina que a quantidade de correções médias é “1” e a característica C4 determina que a quantidade de correções médias é “0”.

Esta forma de caracterização dos movimentos permite portanto por um lado reduzir a quantidade de parâmetros relativos a este tipo de movimentos, e por outro ter a flexibilidade de fornecer bastante informação relativa à sua dimensão e posição relativa das correções.

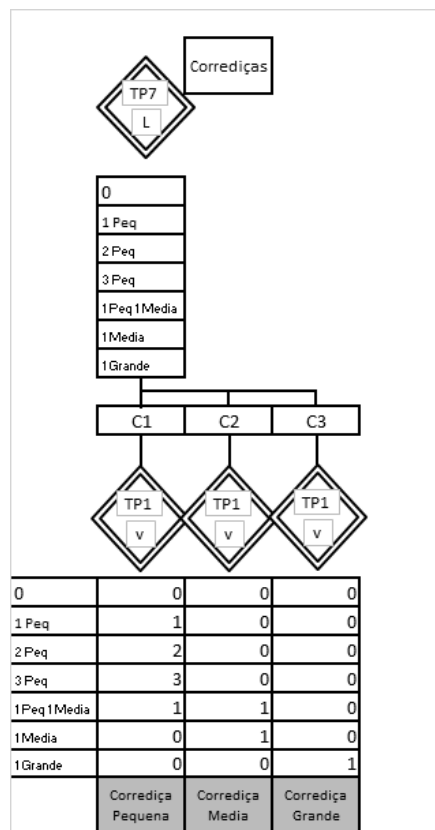


Figura 44 - Tipo de parâmetro correções e as suas características

- **TP8 – Quantidade Auxiliar**

A utilização de características num determinado tipo de parâmetro não permite fornecer informação circular, isto é, uma característica não pode fazer um tipo de

parâmetro depender de si mesmo. Desta forma, torna-se necessário a criação de um tipo de parâmetro auxiliar (figura 45) que se relacione com o tipo de parâmetro TP1.

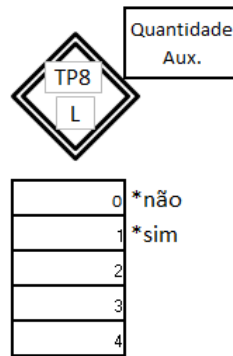


Figura 45 - Tipo de parâmetro quantidade auxiliar

- **TP9 – Valor Intervalo**

Este tipo de parâmetro foi criado para o caso das correções. Visto que a determinação da dimensão da correção se fará através da proporção desta em relação à peça, torna-se necessária a criação de um tipo de parâmetro (figura 46) no qual a dimensão possa assumir diversos valores num intervalo contínuo.

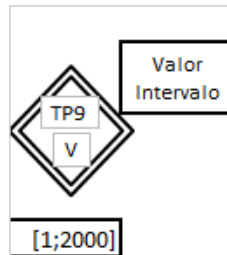


Figura 46 - Tipo de parâmetro valor intervalo

- **TP10 – Dimensão Auxiliar**

À semelhança do que ocorre com o TP8, o TP10 tem como objetivo relacionar o tipo de parâmetro “TP3-Dimensão” com outro tipo de parâmetro idêntico. As dimensões deste tipo de parâmetro, representado na figura 47, são relativas às placas porta cavidade, placas porta macho, calços, placas porta extratores, placas tapa extratores e placas base.

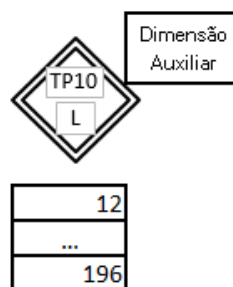


Figura 47 - Tipo de parâmetro dimensão auxiliar

4.3. Definição dos Tipos de Operações

As operações executadas subdividem-se em dois grupos essenciais: operações internas que se contabilizam em horas trabalhadas, às quais está subjacente um custo definido, e as operações externas ou subcontratadas que são contabilizadas segundo o seu valor em euros.

Visto que no capítulo 2.5 foi feita uma descrição detalhada de todos os processos de fabrico, neste capítulo serão apresentadas as representações gráficas para cada uma das operações

- **OT1 - Projeto**

Na figura 48 encontra-se a representação gráfica da operação OT1 – Projeto. A sua contabilização é feita em horas.

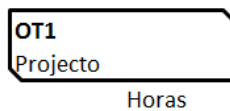


Figura 48 - OT1 - Projeto

- **OT2 - Programação de Maquinagem**

Na figura 49 encontra-se a representação gráfica da operação OT2 – Programação de maquinagem. A sua contabilização é feita em horas.

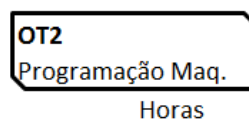


Figura 49 - OT2 - Programação Maquinagem

- **OT3 - Montagem e Ajuste**

Na figura 50 encontra-se a representação gráfica da operação OT3 – Montagem e ajuste. A sua contabilização é feita em horas.

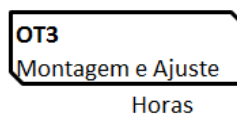


Figura 50 - OT3 - Montagem e Ajuste

- **OT4 - Esquadrar, Chanfrar e Maquinar**

Na figura 51 encontra-se a representação gráfica da operação OT4 – Esquadrar, Chanfrar e Maquinar.

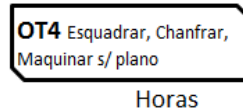


Figura 51 - OT4 - Esquadrar, Chanfrar e Maquinar

O tempo desta operação é determinado em horas. Obtém-se o seu valor através do produto da área da placa no plano XY com um valor constante “k” (figura 52). O valor “k” foi determinado durante a fase de tratamento de dados e a sua unidade é h/mm².

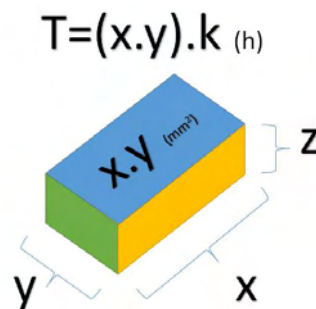


Figura 52 - Tempo=X.Y.k

- **OT5 - Fresado e Desbaste**

Na figura 53 encontra-se a representação gráfica da operação OT5 – Fresado e desbaste. A sua contabilização é feita em horas.

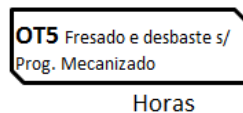


Figura 53 - OT5 - Fresado e desbaste

Numa fase anterior ao projeto do molde é impossível determinar o volume de aço retirado da placa para efeitos de estimação do tempo da operação. Optou-se então por estimar o tempo da operação com base no volume inicial da placa. Assim, para quantificar o tempo desta operação, recorre-se ao produto entre o volume da placa e o valor constante “k” com unidade h/mm³ (figura 54).

$$T=(x.y.z).k \text{ (h)}$$

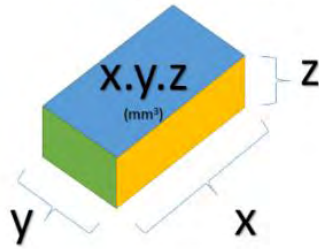


Figura 54 - Tempo=(X.Y.Z).k

- **OT6 - Retificar**

Na figura 55 encontra-se a representação gráfica da operação OT6 – Retificar. A sua contabilização é feita em horas.

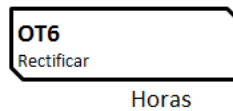


Figura 55 - OT6 - Retificar

A quantificação do tempo de retificação é feita através do produto do somatório das áreas das 3 caras da placa com a constante “k”, cuja unidade é h/mm² (figura 56).

$$T=((x.y)+(y.z)+(x.z)).k \text{ (h)}$$

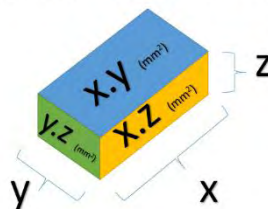


Figura 56 - Tempo=((X.Y)+(Y.Z)+(X.Z)).k

- **OT7 - Erosão por penetração**

Na figura 57 encontra-se a representação gráfica da operação OT7 – Erosão por penetração. A sua contabilização é feita em horas.

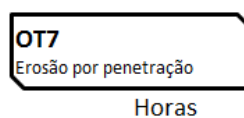


Figura 57 - OT7 - Erosão por penetração

- **OT8 - Fresado Manual**

Na figura 58 encontra-se a representação gráfica da operação OT8 – Fresado manual. A sua contabilização é feita em horas.

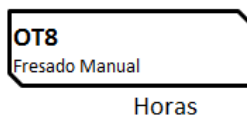


Figura 58 - OT8 - Fresado manual

- **OT9 - Torneado manual**

Na figura 59 encontra-se a representação gráfica da operação OT9 – Torneado manual. A sua contabilização é feita em horas.

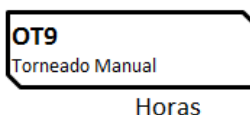


Figura 59 - OT9 - Torneado manual

- **OT10 - Furações**

Na figura 60 encontra-se a representação gráfica da operação OT10 – Furações. A sua contabilização é feita em horas.



Figura 60 - OT10 - Furações

- **OT11 - Roscado**

Na figura 61 encontra-se a representação gráfica da operação OT11 – Roscar. A sua contabilização é feita em horas.



Figura 61 - OT11 - Roscado

- **OT12 - Corte por fio**

Na figura 62 encontra-se a representação gráfica da operação OT12 – Corte por fio. A sua contabilização é feita em horas.



Figura 62 - OT12 - Corte por Fio

- **OT13 - Fresado, acabamento**

Na figura 63 encontra-se a representação gráfica da operação OT13 – Fresado e acabamento. A sua contabilização é feita em horas.

Tal como na operação OT5 a contabilização desta operação faz-se recorrendo ao produto entre o volume da placa e o valor constante “k” com unidade h/mm³.

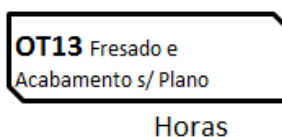


Figura 63 - OT13 - Fresado e acabamento

- **OT14 - Tratamento térmico – Têmpera; OT15 - Polimento Espelho; OT16 – Polimento para Textura**

Na figura 64 encontra-se a representação gráfica das operações OT14 - Tratamento térmico – Têmpera, OT15 - Polimento Espelho e OT16 – Polimento para Textura. Visto que estas três operações são externas, a sua contabilização é feita em euros.

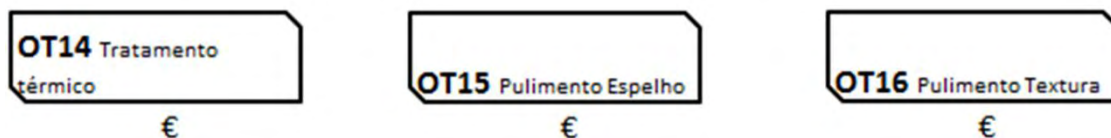


Figura 64 - OT14, OT15 e OT16

4.3. Matérias-primas

Consideram-se como matérias-primas todos os elementos que são comprados a fornecedores externos e que ainda não foram sujeitas a qualquer processo no interior da empresa em estudo. Em seguida serão listadas as matérias-primas utilizadas no modelo.

- **MP1 – Bloco Metálico**

A Matéria-Prima MP1-Bloco Metálico (figura 65) corresponde a todos os elementos comprados na forma de placas metálicas em bruto, a partir das quais serão fabricados diversos elementos do molde tal como as placas de estrutura, as placas moldantes, ou os elementos que constituem os sistemas das corredeiras. As características que a definem são as suas dimensões e o tipo de material.

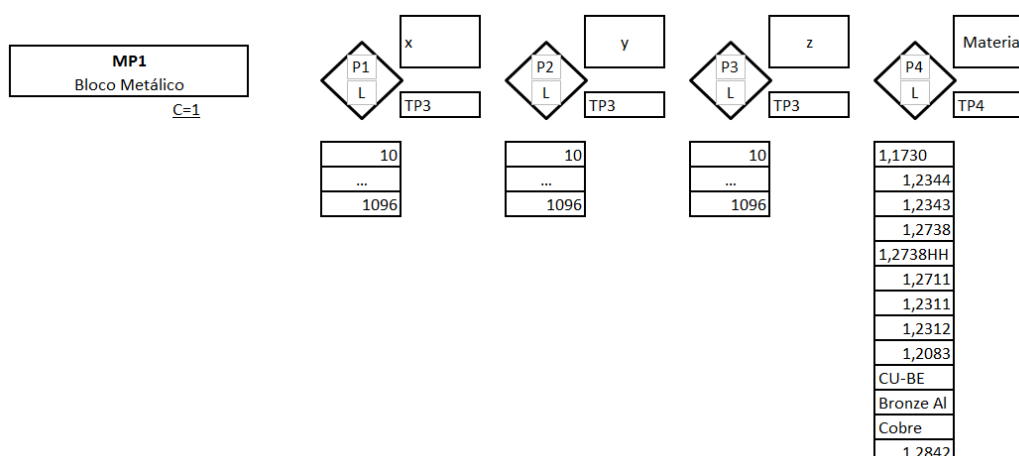


Figura 65 - Matéria-Prima MP1-Bloco Metálico

- **MP2, MP3, MP4, MP5, MP7 e MP8**

Na figura 66 encontram-se representadas as Matérias-Primas MP2, MP3, MP4, MP5, MP7 e MP8.

As Matérias-Primas MP2, MP3, MP4 e MP5 correspondem aos diversos sistemas de injeção de canal quente que é possível incorporar no molde. A MP7-Haste Balancé corresponde ao elemento cilíndrico do sistema de balancé que liga o patim do balancé e a cabeça. Já a Matéria-Prima MP8-Outros Componentes corresponde a todo o conjunto

de elementos standardizados que constituem o molde cujo valor em Euros é estimado a partir do parâmetro de complexidade do molde.

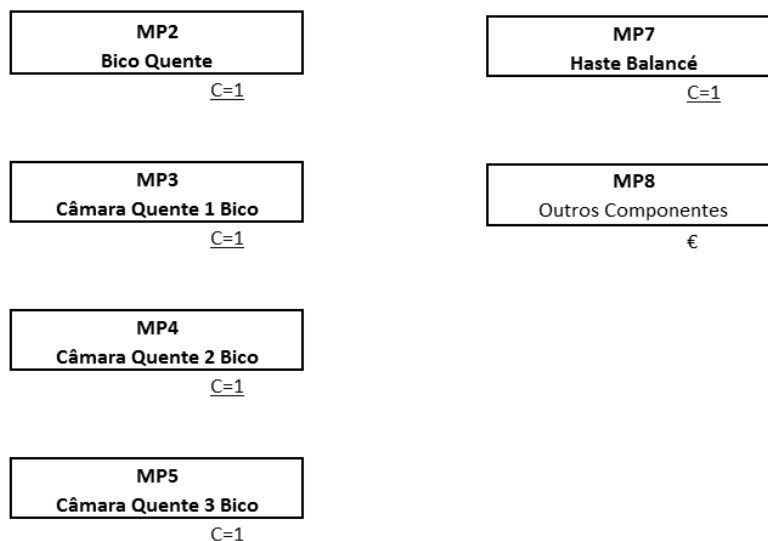


Figura 66 - Matérias-Primas MP2, MP3, MP4, MP5, MP7 e MP8

4.4. Referências Genéricas

Neste capítulo será feita uma descrição detalhada do modelo realizado para este caso de estudo, assim como da BOMO que constitui o produto final. Os parâmetros do molde introduzidos na GR1 são herdados pelos componentes que lhe são dependentes, pelas respetivas operações e pelas matérias-primas. Durante as seguintes páginas será feita uma descrição do modelo implementado.

- **GR1 – Molde**

A Referência Genérica 1 diz respeito ao molde que se pretende construir. Todos os parâmetros introduzidos nesta referência genérica serão herdados pelas referências e operações genéricas subsequentes em função dos fluxos de informação, dos parâmetros e das funções definidas. Os parâmetros a referência genérica “GR1-Molde” são:

- **P1 – Número de cavidades** - o número de cavidades representa o número de peças que serão produzidas em cada ciclo de injeção do molde;
- **P2 – Complexidade da peça** - caracterização da complexidade inerente à peça determinada através de uma análise por parte do utilizador;
- **P3 – Dimensão em X da Peça;**
- **P4 – Dimensão em Y da Peça;**

- **P5 – Dimensão em Z da Peça;**
- **P6 – Quantidade de placas cavidade** – a quantidade de placas cavidade não é necessariamente a mesma quantidade de cavidades indicadas na P1. É possível, por exemplo, uma só placa moldar 4 cavidade. No caso de se introduzir o valor “0” na quantidade de placas cavidade, o sistema considera que se está perante um molde com zonas moldantes diretas à placa. Isto significa que uma única placa desempenhará as funções da placa porta cavidade e da placa cavidade;
- **P7 – Dimensão em X da Cavidade, P8 – Dimensão em Y da Cavidade e P9 – Dimensão em Z da Cavidade** - dimensões da placa cavidade. Ponderou-se fazer depender as dimensões das placas cavidade das dimensões da peça. Esta ideia foi descartada porque, apesar de o principal fator determinante da dimensão das placas cavidade ser a dimensão da peça, esta não é uma relação independente de outros fatores. A existência de movimentos é o exemplo de outro fator que determina as dimensões do postigo. Optou-se assim fazer depender as dimensões das Placas Cavidade das opções técnicas do utilizador;
- **P11 – Dimensão em X do Macho;**
- **P12 – Dimensão em Y do Macho;**
- **P13 – Dimensão em Z do Macho;**
- **P14 – Dimensão em X da placa porta macho e placa porta cavidade; P15 - Dimensão em Y da placa porta macho e placa porta cavidade** - Tal como ocorre nas placas macho e cavidade, a sua dimensão depende de outros fatores além das dimensões da peça. Optou-se pela introdução manual destes parâmetros;
- **P 16 – Aço Cavidade; P17 – Aço Macho; P18 – Aço Postiços e Movimentos; P19 – Aço Estrutura;**
- **P20 – Tipo Injeção** - Indica-se o tipo de injeção do molde;
- **P21 – Tipo de Acabamento** - Indica-se o tipo de acabamento das zonas moldantes;
- **P22 – Corrediças Esquerda; P23 – Corrediças Direita; P24 – Corrediças Inferior; P25 – Corrediças Superior** - Definição da quantidade e dimensão relativas de corrediças nos 4 lados da peça;

- **P26 – Cunha** - Indica-se se o sistema de correções inclui o elemento cunha. Caso se indique que não há existência de cunha, é considerada a existências de chapas de ajuste;
- **P27 – Quantidade de elétrodos pequenos; P28 – Quantidade de elétrodos médios; P29 – Quantidade de elétrodos grandes** - Indica a quantidade de elétrodos de cada tipo necessários;
- **P30 – Quantidade de Postiços** - Os postiços são elementos que se situam nas zonas moldantes cujo principal objetivo é facilitar a desmoldagem de zonas complexas ou a introdução de fugas de gases que melhorem as condições de enchimento;
- **P31 – Quantidade de balancés;**

Devido à grande dimensão da representação gráfica desta referência gráfica, esta encontra-se no Anexo 1 deste trabalho. Na figura 67 encontra-se a lista de materiais da GR1 – Molde.

- **GR2 – Placa Porta Cavidade**

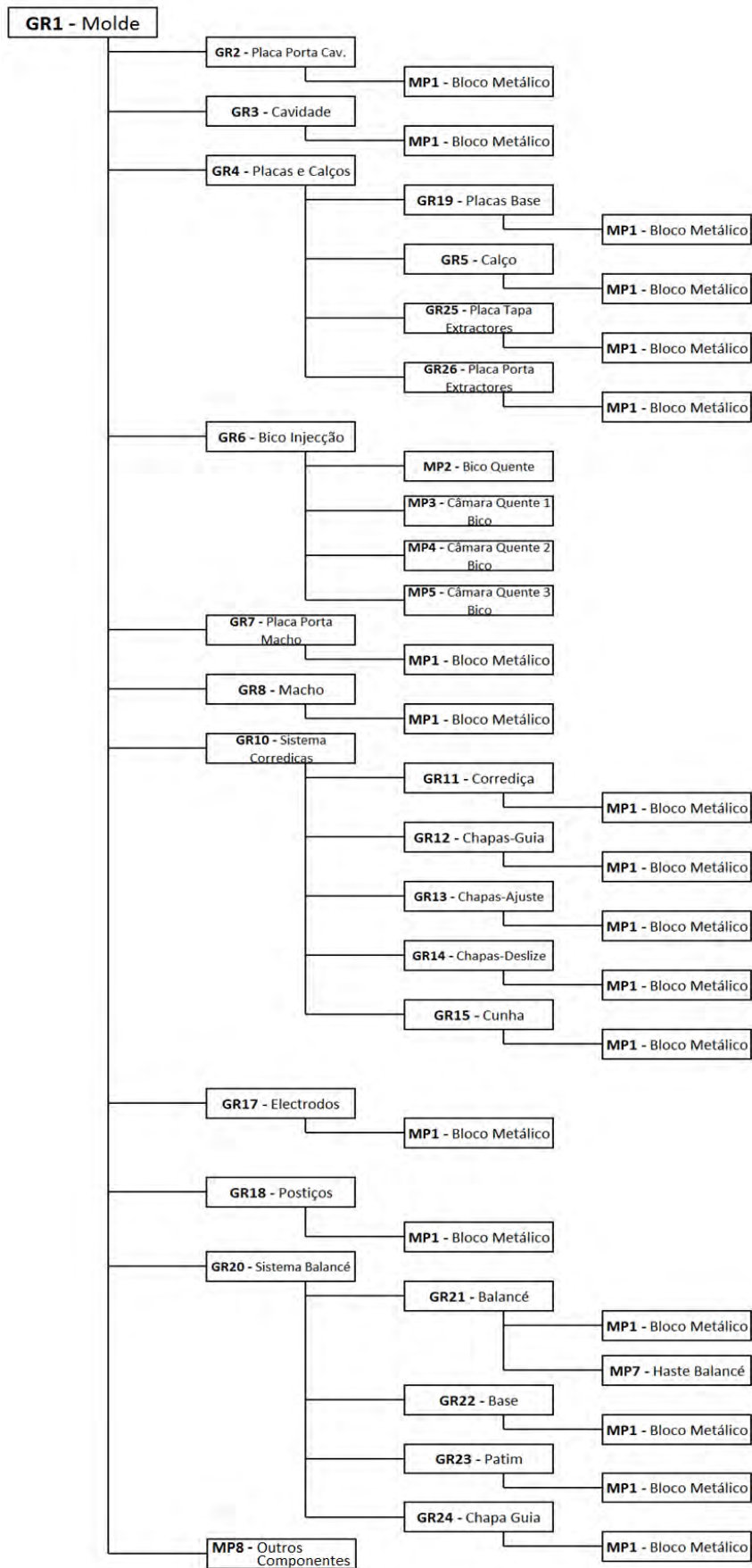
A Placa Porta Cavidade tem a si associados os parâmetros P1, P2 e P3 relativos às suas dimensões e o parâmetro P4 relativo ao tipo de aço de construção utilizado.

O parâmetro P1, associado à dimensão desta placa na direção Z está dependente da característica 5 no parâmetro P9 da GR1, que determina esta dimensão em função da dimensão em Z da placa cavidade.

Os parâmetros P2 e P3 relativos às dimensões em X e Y, respetivamente, são herdados diretamente dos valores introduzidos nos parâmetros P14 e P15.

O parâmetro P4 herda o seu valor diretamente do parâmetro P19 aonde se insere o tipo de aço das placas estruturais do molde.

A lista de operações desta referência genérica encontra-se listadas na tabela 6. Estas operações são executadas sobre um bloco de aço cujo material e dimensões foram selecionadas na GR1. A representação gráfica da GR1 encontra-se na figura 68.



- Figura 67 - Lista de materiais do molde

Tabela 6 – Dados das operações da Placa Porta Cavidade

	GR2. Placa Porta Cavidade
41, Esquadrar, Chanfrar, Mecanizar s/ plano	0,00013 h/mm2
42, Fresado - Desbaste s/ programa de mecanizado	
43, Rectificar	0,000013 h/mm2
44, Erosao por penetração	
45, Fresado Manual	
46, Torneado Manual	
47, Furações s/ plano	3,7 h
48, Roscar S/ Plano	1,1 h
49, Corte por Fio	
51, Fresado, Acabamento s/ plano	
52, Programação Mecanizado	3,1 h

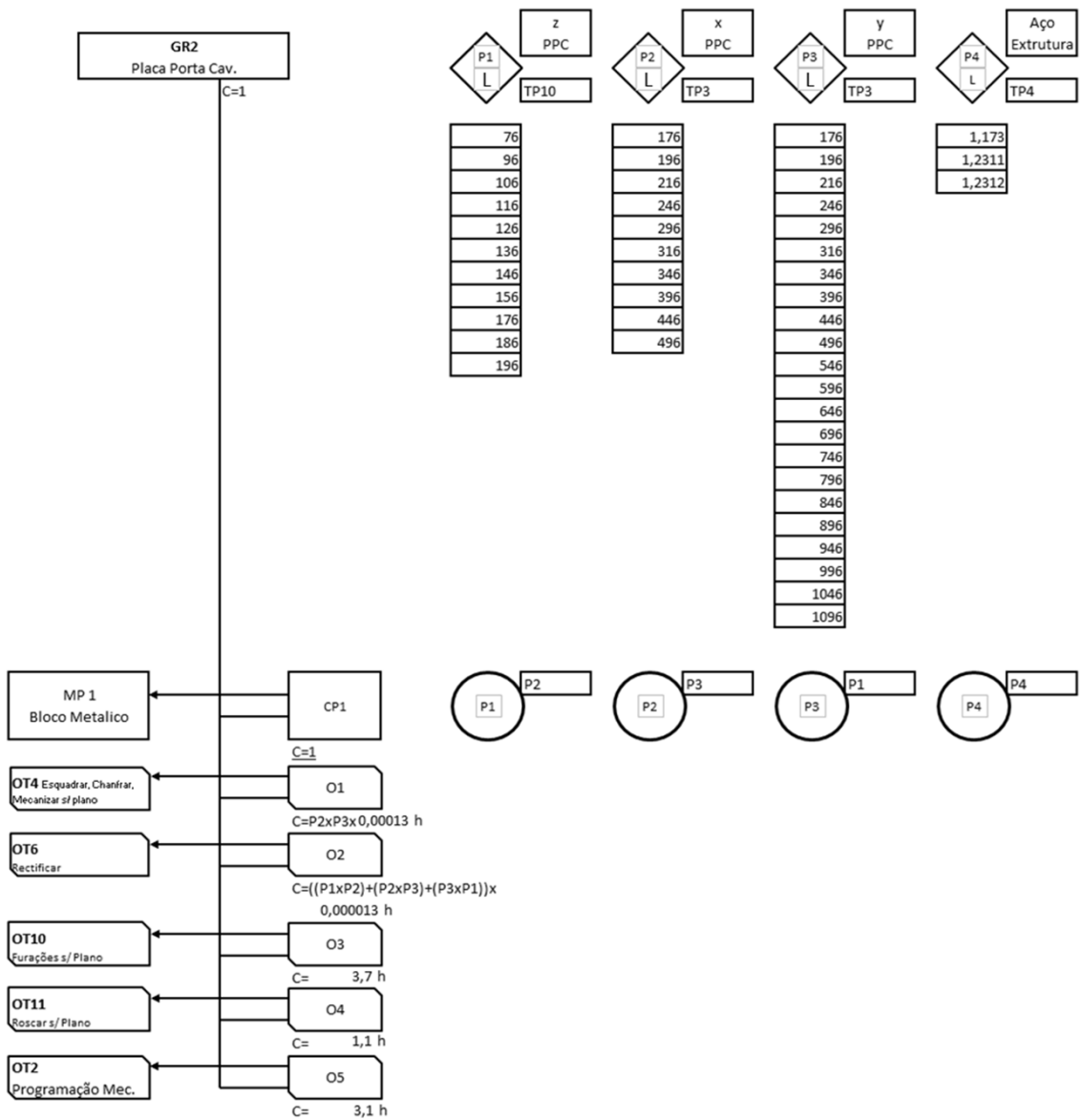


Figura 68 - GR2 - Placa Porta Cavidade

- **GR3 – Cavidade**

A placa cavidade é caracterizada através dos parâmetros relativos à complexidade da peça, das duas dimensões e do tipo de aço selecionado para as zonas moldantes do molde.

O parâmetro P1, complexidade da peça, herda o valor do parâmetro P2 da GR1. Este parâmetro influenciará o tempo de todas as operações necessárias à construção da placa cavidade, tal como se pode observar na tabela 7.

Os parâmetros P2, P3 e P4 dizem respeito às dimensões desta placa, e herdam a informação diretamente dos parâmetros P7, P8 e P9 da GR1, respetivamente.

O parâmetro P5 está associado ao tipo de aço selecionado na P16 da GR1 relativo ao tipo de aço das zonas moldantes. Este parâmetro influenciará também as operações necessárias para a construção da placa cavidade, visto que se for selecionado um tipo de aço pré-tratado as operações de têmpera e retificação não serão executadas.

A representação gráfica da referência genérica GR3 encontra-se na figura 69.

Tabela 7 - Operações da Placa Cavidade

	GR3. Cavidade		
	A	B	C
41, Esquadrar, Chanfrar, Mecanizar s/ plano	0,00019 h/mm ²	0,00016 h/mm ²	0,000033 h/mm ²
42, Fresado - Desbaste s/ programa de mecanizado	0,0000029 h/mm ³	0,0000052 h/mm ³	0,0000030 h/mm ³
43, Rectificar	0,000038 h/mm ²	0,000042 h/mm ²	0,000024 h/mm ²
44, Erosao por penetração			
45, Fresado Manual			
46, Torneado Manual			
47, Furações s/ plano	2,8 h	2,8 h	5,2 h
48, Roscar S/ Plano			
49, Corte por Fio			
51, Fresado, Acabamento s/ plano	0,0000063 h/mm ³	0,0000058 h/mm ³	0,0000036 h/mm ³
52, Programação Mecanizado	4,0 h	6,5 h	16,5 h

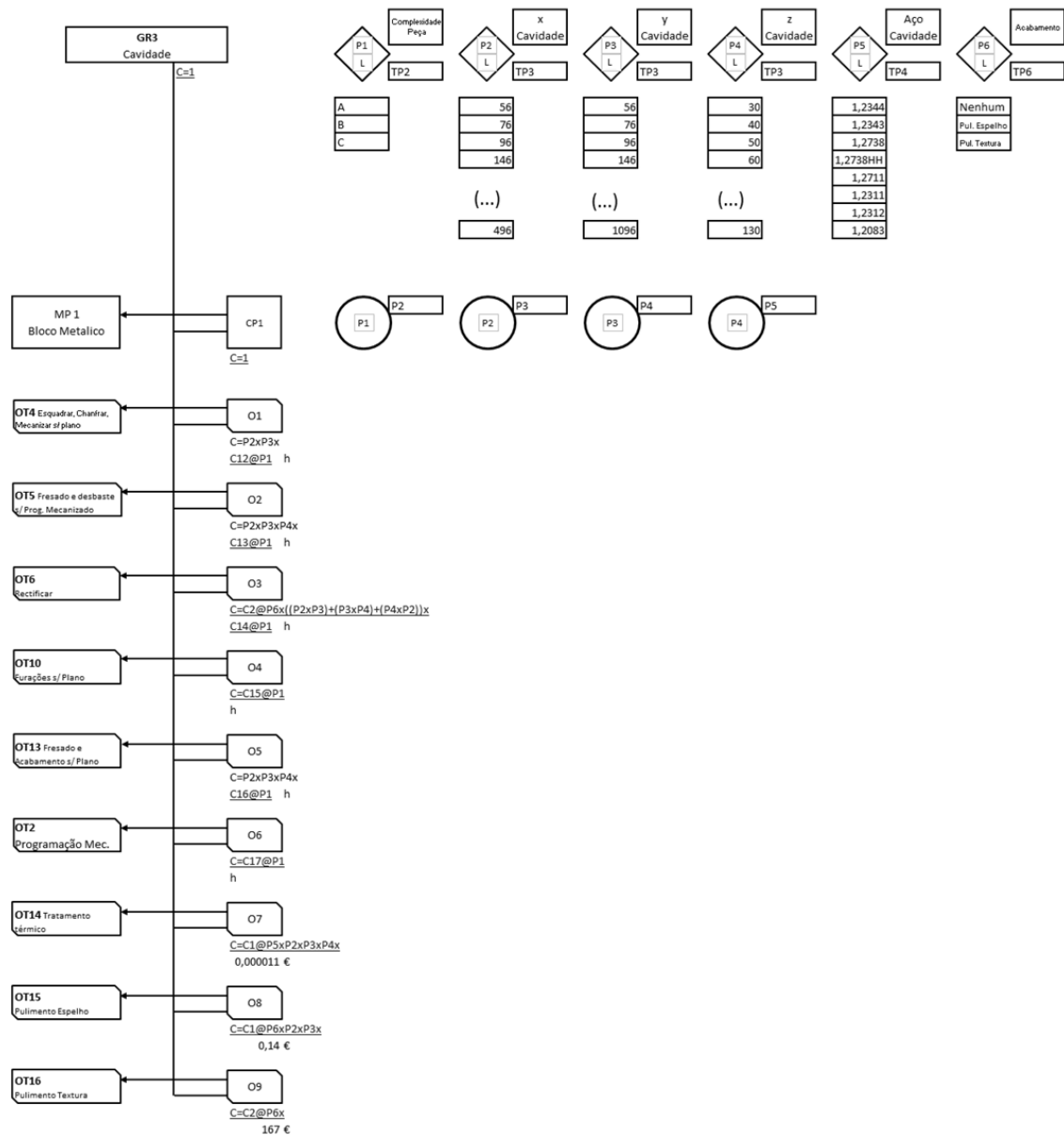


Figura 69 - GR3 - Placa Cavidade

• **GR4 – Placas e Calços**

Um dos parâmetros mais importantes para a caracterização de um molde é a quantidade e tipo de placas cavidade ou macho. Este facto determina se se está perante um sistema com placas moldantes montadas em placas porta macho e porta cavidade, ou se se trata de um molde com zonas moldantes diretas à placa porta macho e/ou cavidade.

Este parâmetro representou um problema aquando da elaboração do modelo. Este problema deveu-se ao facto de no primeiro caso as dimensões dos calços, placa base e

placas porta e tapa extractores dependerem das características da placa porta macho e no segundo caso dependerem das dimensões da única placa macho.

Perante este problema, foi necessário criar um componente intermédio designado “Placas e Calços” (figura 70) que permitisse determinar os parâmetros corretos para os componentes a fabricar. Os componentes dependentes desta GR foram duplicados de forma a abordar os dois casos possíveis. As quantidades ficaram dependentes de uma característica que determina que os componentes opostos à opção seleccionada fiquem com quantidade zero.

Por exemplo, no caso de se introduzir o valor “0” no P16 da GR1 que corresponde a um macho direto a placa, apenas os componentes com os seus parâmetros dependentes das dimensões da placa macho terão quantidade positiva. Já os componentes com os parâmetros dependentes da placa porta macho terão quantidade nula.

4.5. GR19 – Placas Base

As placas base têm como parâmetros as suas dimensões e o tipo de aço de estrutura selecionado. As suas dimensões em X e Y são herdadas diretamente das dimensões em X e Y das placas porta macho e cavidade ou das placas macho e cavidade. Isto vai depender de se tratar de um molde com placas macho/cavidade e placas porta macho/cavidade independentes ou com zonas moldantes diretas a placa.

Na figura 71 encontra-se a representação gráfica da GR19 – Placas Base, e a tabela 8 contém os dados das operações desta GR.

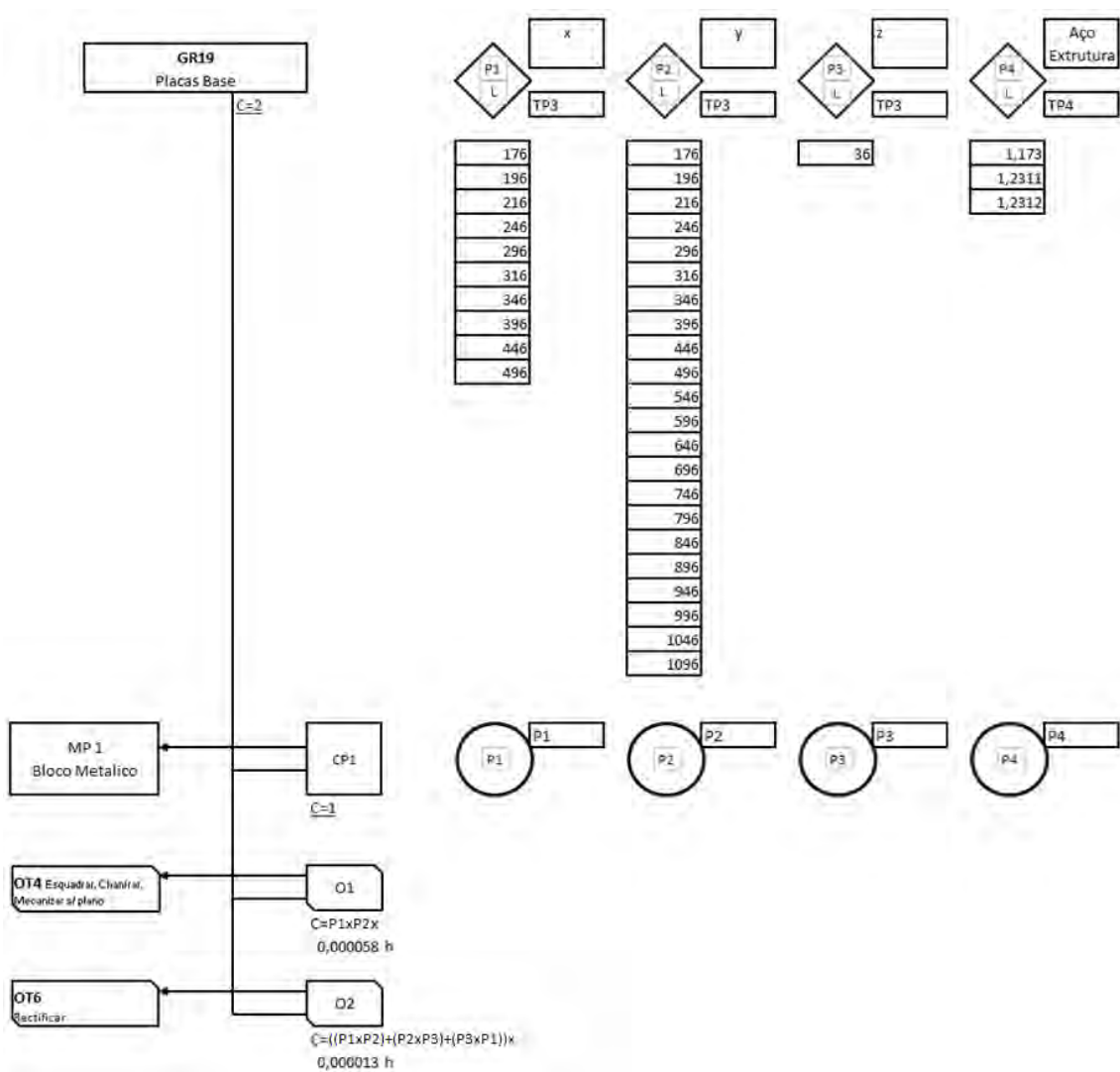


Figura 71 - GR19 - Placas Base

Tabela 8 - Operações das Placas Base

	GR19. Placa Base
41, Esquadrar, Chanfrar, Mecanizar s/ plano	0,000058 h/mm ²
42, Fresado - Desbaste s/ programa de mecanizado	
43, Rectificar	0,000013 h/mm ²

- **GR5 – Calços**

Os calços têm como parâmetros as suas dimensões e o tipo de aço de estrutura selecionado.

As suas dimensões em X estão associadas à dimensão das placas porta macho ou placas macho e são determinadas através da característica C1. As dimensões em Y são herdadas diretamente das dimensões em X e Y das placas porta macho ou das placas macho, dependendo se se trata de um molde com placas macho/cavidade e placas porta macho/cavidade independente ou com zonas moldantes diretas a placa.

Visto que a dimensão dos calços em Z determinará o curso (Figura 72) do sistema de extração, para uma correta expulsão da peça a dimensão em Z dos calços encontra-se dependente da dimensão em Z da peça.

A tabela 9 representa os dados das operações da GR5 e a figura 73 contém a representação gráfica desta referência genérica.

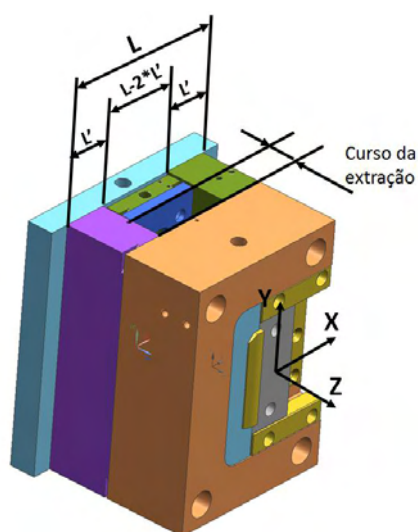


Figura 72 - Curso da extração e relações entre os calços e as placas de extração

Tabela 9 - Operações dos Calços

GR5. Calços	
41, Esquadrar, Chanfrar, Mecanizar s/ plano	0,00016 h/mm ²
42, Fresado - Desbaste s/ programa de mecanizado	
43, Rectificar	0,000019 h/mm ²
44, Erosao por penetração	
45, Fresado Manual	
46, Torneado Manual	
47, Furações s/ plano	1,3 h

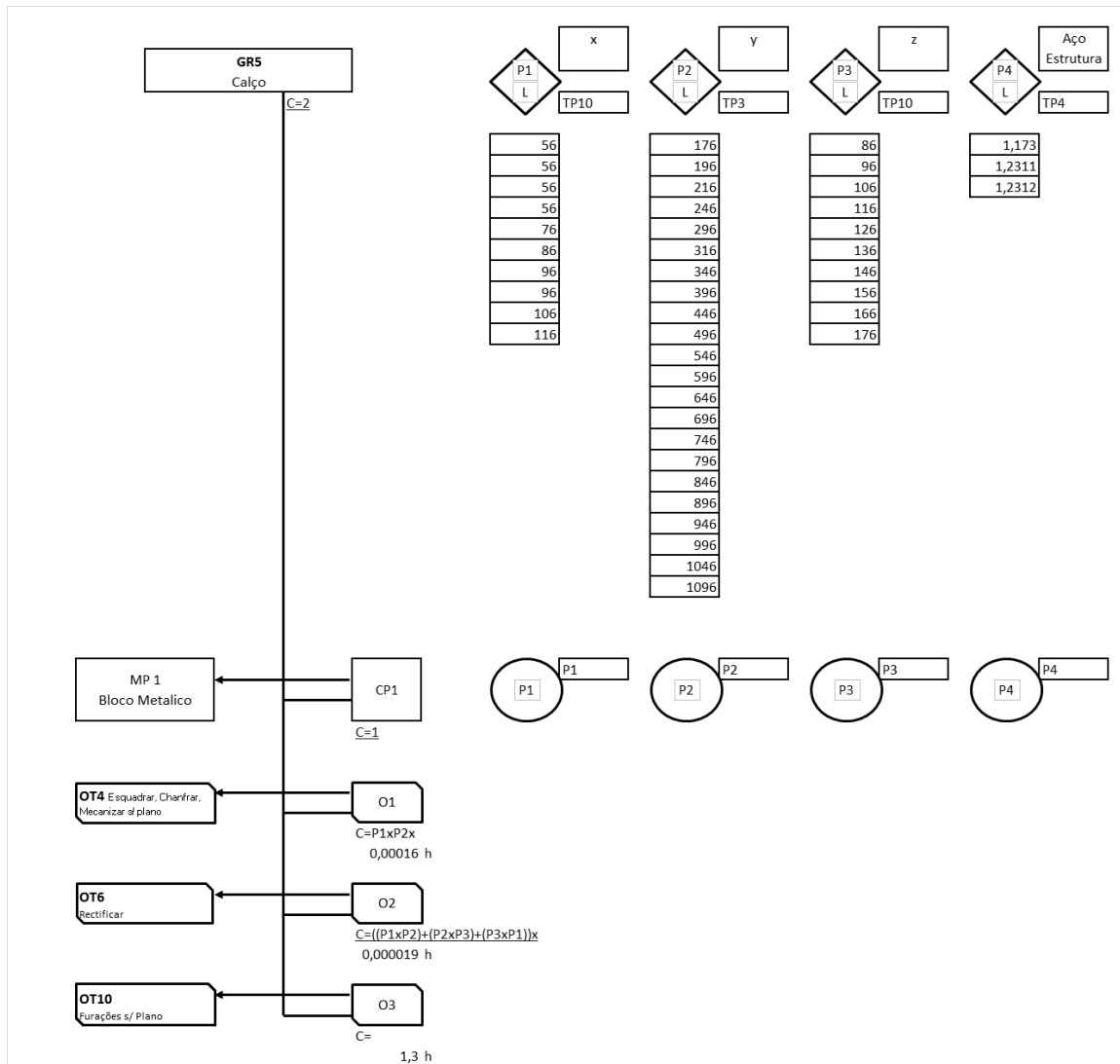


Figura 73 - GR5 - Calços

- **GR25 Placa Tapa Extratores e GR26 Placa Porta Extratores**

Os parâmetros de caracterização das placas porta e tapa extratores são as suas dimensões e o tipo de aço de construção.

A dimensão em X resulta da diferença entre a dimensão em X da placa porta macho e o dobro da dimensão em X de um dos calços.

A dimensão em Y é herdada diretamente da mesma dimensão relativa à placa porta macho (ou placa macho no caso de ser direto a placa). Devido à introdução de uma rede de proteção, estas placas ficam 2mm mais curtas.

A dimensão em Z depende da dimensão em X da placa porta macho.

Na figura 74 encontra-se a representação gráfica da “GR25 – Placa Tapa Extratores” e na figura 75 encontra-se representada a referência genérica “GR26 – Placa Porta Extratores”. A tabela 10 contém os dados das operações relativas a estas placas.

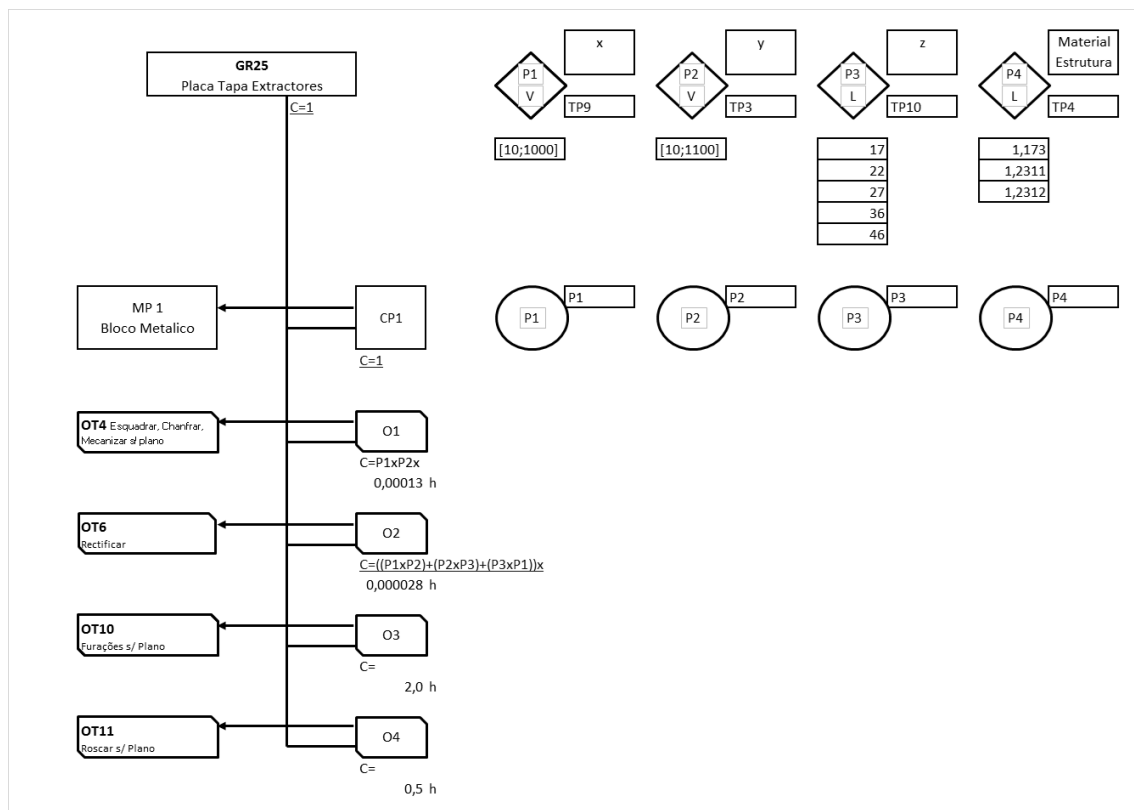


Figura 74 - GR25 - Placa Tapa Extratores

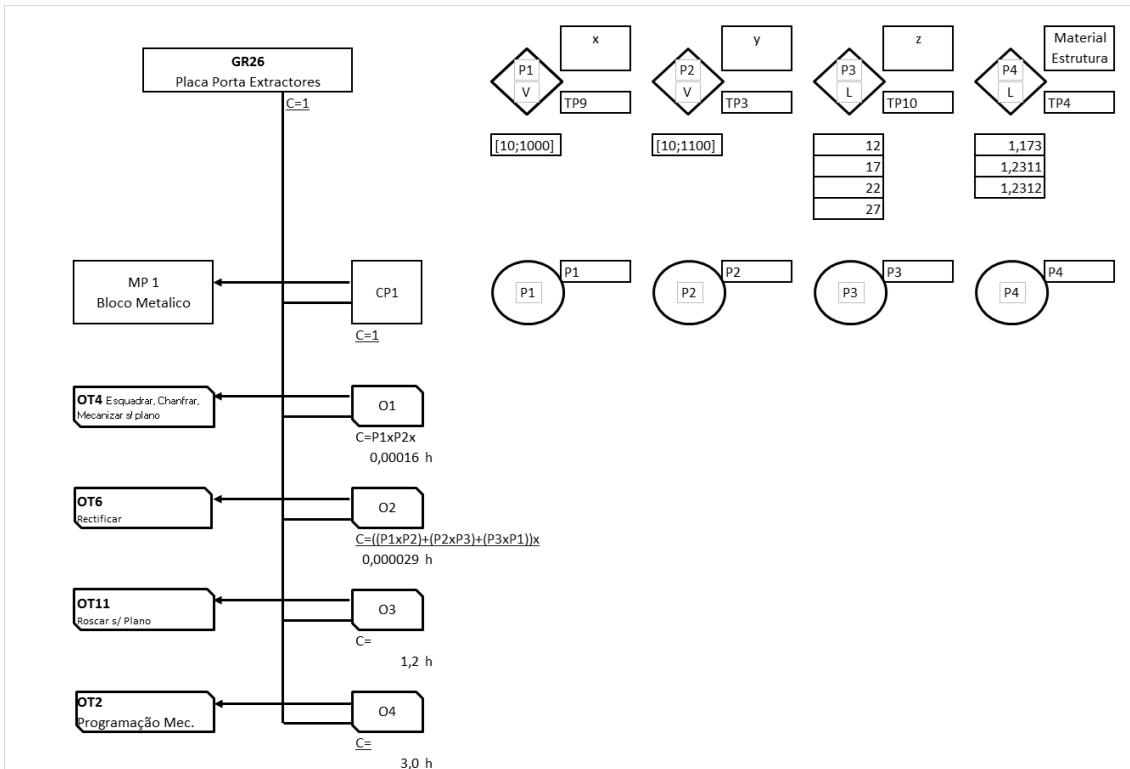


Figura 75 - GR26 - Placa Porta Extractores

Tabela 10 - Operações das Placas Porta Extractores e Tapa Extractores

	GR26. Placa Porta Extractores	GR25. Placa Tapa Extractores
41, Esquadrar, Chanfrar, Mecanizar s/ plano	0,00016 h/mm2	0,00013 h/mm2
42, Fresado - Desbaste s/ programa de mecanizado		
43, Rectificar	0,000029 h/mm2	0,000028 h/mm2
44, Erosao por penetração		
45, Fresado Manual		
46, Torneado Manual		2,0 h
47, Furações s/ plano		0,5 h
48, Roscar S/ Plano	1,2 h	
49, Corte por Fio		
51, Fresado, Acabamento s/ plano		
52, Programação Mecanizado	3,0 h	

- GR6 – Bico de Injeção**

Visto que o fabrico dos sistemas de injeção é subcontratado, estes são considerados matérias-primas. Assim, os únicos parâmetros necessários para a sua caracterização são o tipo e quantidade de sistemas de injeção (figura 76).

Estas informações foram compiladas num único tipo de parâmetro que inclui várias combinações possíveis. Tornou-se então necessário criar uma referência genérica GR6 que descompilasse a informação em valores efetivos de quantidades com recurso às características C1, C2, C3 e C4 do tipo de parâmetro TP5.

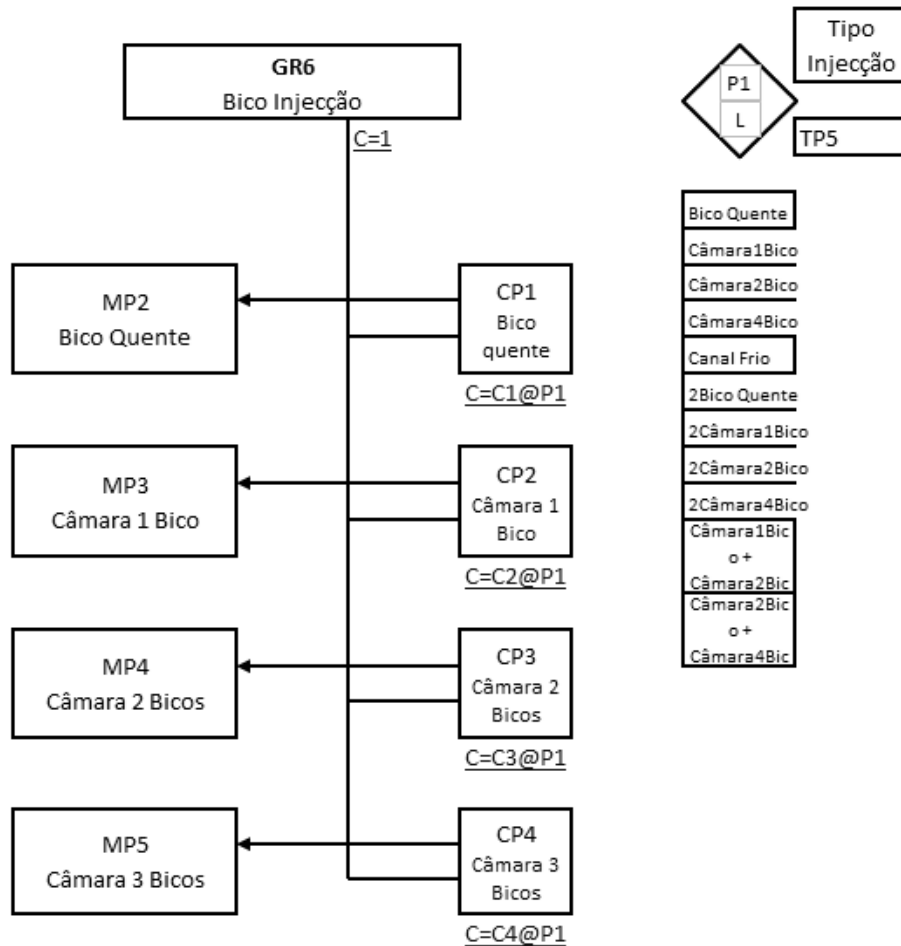


Figura 76 - GR6 - Bico de injeção

- **GR7 – Placa Porta Macho**

A caracterização da Placa Porta Macho é essencialmente a mesma que se encontra na GR2 - Placa Porta Cavidade. A sua diferença essencial encontra-se no parâmetro P1, associado à dimensão desta placa na direção Z. Neste caso, o parâmetro P1 está dependente da dimensão em Z da placa macho, através da característica C6 do parâmetro P13 da GR1.

Na figura 77 encontra-se a representação gráfica da GR7, e na tabela 11 encontram-se os dados relativos às suas operações.

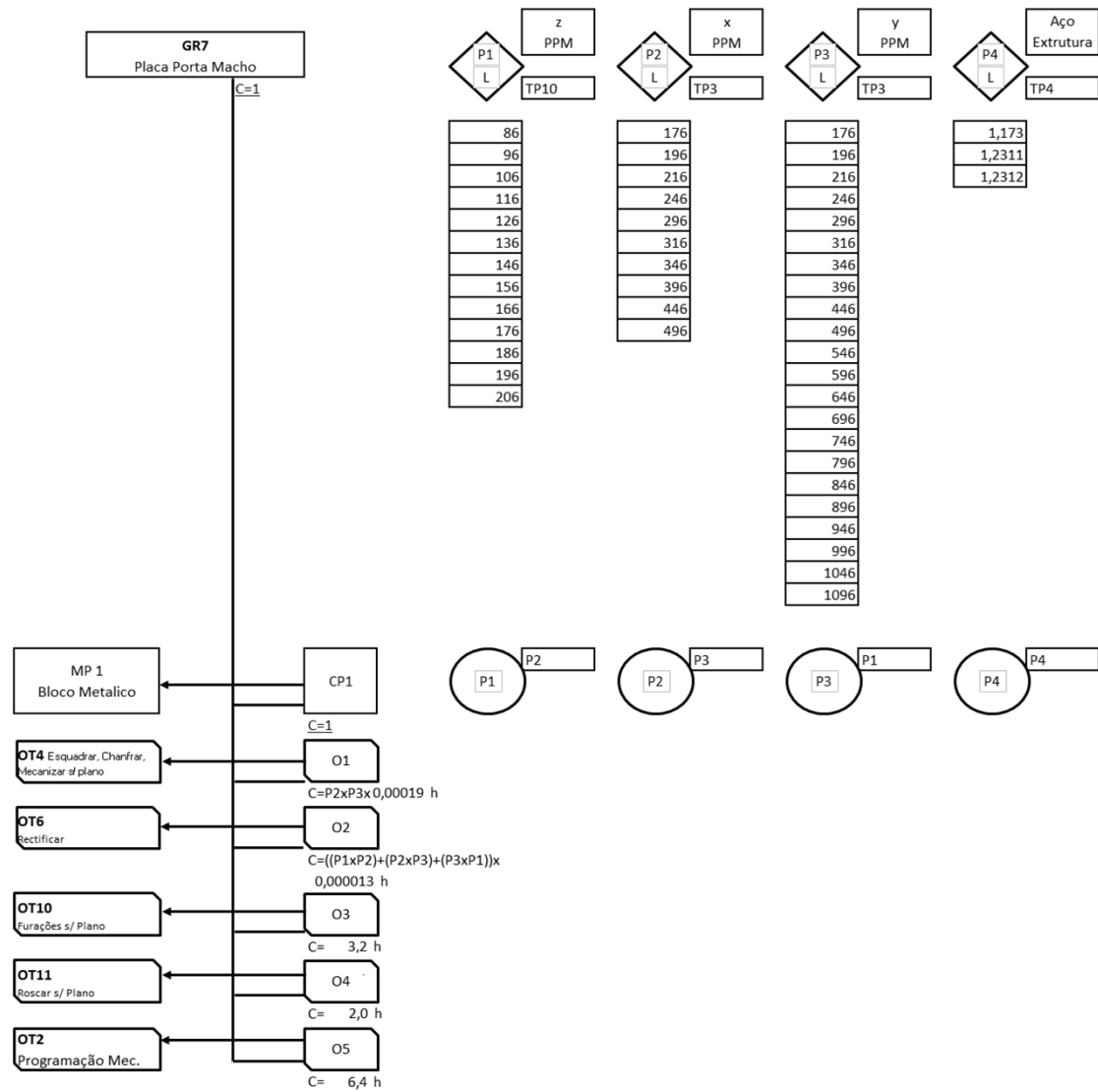


Figura 77 - GR7 - Placa Porta Macho

Tabela 11 - Operações da Placa Porta Macho

	GR7. Placa Porta Macho
41, Esquadrar, Chanfrar, Mecanizar s/ plano	0,00019 h/mm2
42, Fresado - Desbaste s/ programa de mecanizado	
43, Rectificar	0,000013 h/mm2
44, Erosao por penetração	
45, Fresado Manual	
46, Torneado Manual	
47, Furações s/ plano	3,2 h
48, Roscar S/ Plano	2,0 h
49, Corte por Fio	
51, Fresado, Acabamento s/ plano	
52, Programação Mecanizado	6,4 h

- **GR8 - Macho**

A caracterização da placa macho é idêntica à da placa cavidade. As diferenças devem-se ao parâmetro em GR1 de onde herdamos os seus valores.

O parâmetro P1 relaciona-se com a complexidade da peça herdando o valor do parâmetro P2 da GR1. Este parâmetro exercerá a sua influência sobre o tempo de todas as operações necessárias à construção de uma placa macho, tal como se pode ver na tabela 12.

Os parâmetros P2, P3 e P4 dizem respeito às dimensões desta placa, e herdam a informação diretamente dos parâmetros P11, P12 e P13 da GR1, respetivamente.

A representação gráfica da GR8 encontra-se na figura 78.

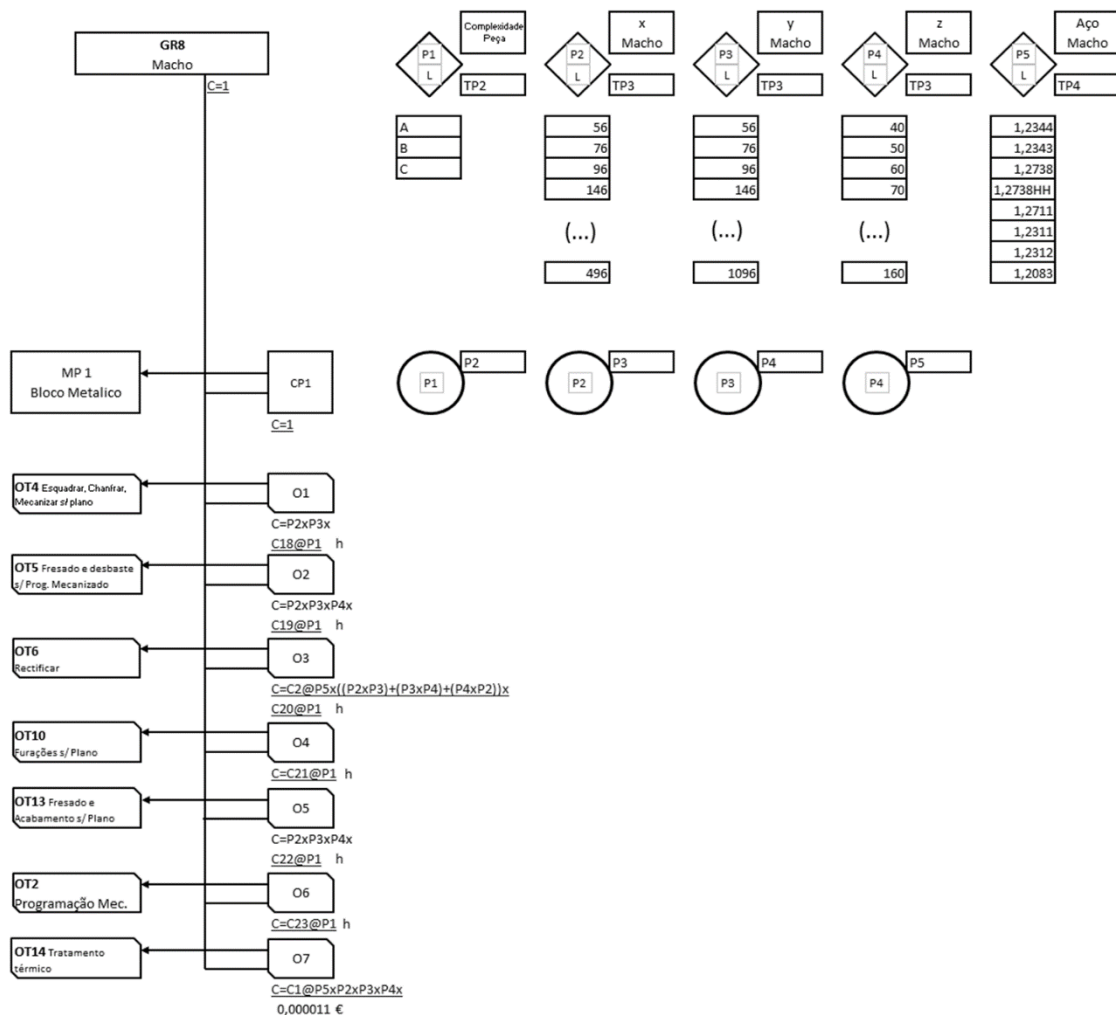


Figura 78 - GR8 - Placa Macho

Tabela 12 - Operações da Placa Macho

	GR8. Macho		
	A	B	C
41, Esquadrar, Chanfrar, Mecanizar s/ plano	0,00010 h/mm ²	0,000077 h/mm ²	0,000036 h/mm ²
42, Fresado - Desbaste s/ programa de mecanizado	0,0000030 h/mm ³	0,0000040 h/mm ³	0,0000036 h/mm ³
43, Rectificar	0,000051 h/mm ²	0,000047 h/mm ²	0,000022 h/mm ²
44, Erosao por penetração			
45, Fresado Manual			
46, Torneado Manual			
47, Furações s/ plano	2,9 h	2,9 h	6,8 h
48, Roscar S/ Plano			
49, Corte por Fio			
51, Fresado, Acabamento s/ plano	0,0000091 h/mm ³	0,0000087 h/mm ³	0,0000043 h/mm ³
52, Programação Mecanizado	8,9 h	7,8 h	17,7 h

- **GR10 – Sistema de Corrediças**

A GR10 - Sistema de Corrediças, cuja representação gráfica se encontra na figura 79, corresponde a todo o sistema associado a um movimento do tipo “corrediça”.

O parâmetro P1 está associado à dimensão da peça. É herdada com o objetivo de determinar a dimensão da corrediça. O parâmetro P2 recebe a informação sobre o tipo de aço selecionado para os postigos e movimentos.

O parâmetro P3 está associado à informação sobre o tamanho e tipo de corrediças num determinado lado da peça. Esta informação é posteriormente descompilada nos componentes CP1, CP2 e CP3 que recebem os dados relativos as suas dimensões e quantidade.

O parâmetro P4 recebe a informação relativa à existência de cunha no sistema de corrediças. Como a cunha é um elemento essencial de posicionamento da corrediça quando o molde se encontra fechado, no caso de não existir uma cunha independente é desenhada um encunhamento na placa lado do oposto do molde com chapas de ajuste.

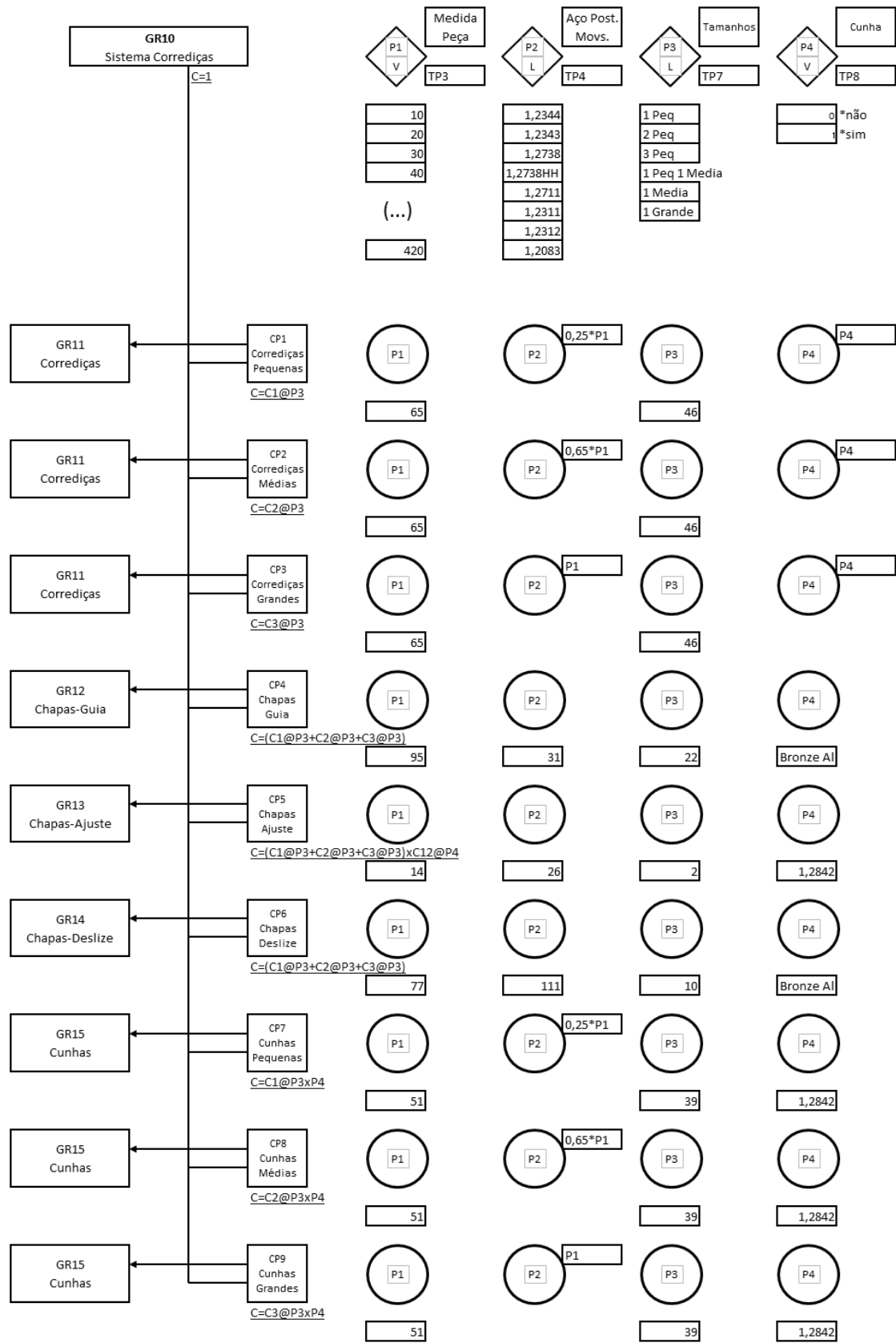


Figura 79 - GR10 - Sistema de Corrediças

- **GR11 – Correção**

A correção é caracterizada pelos parâmetros relativos às suas dimensões e material. A representação gráfica desta referência genérica encontra-se na figura 80 e os dados relativos às suas operações encontram-se na tabela 13.

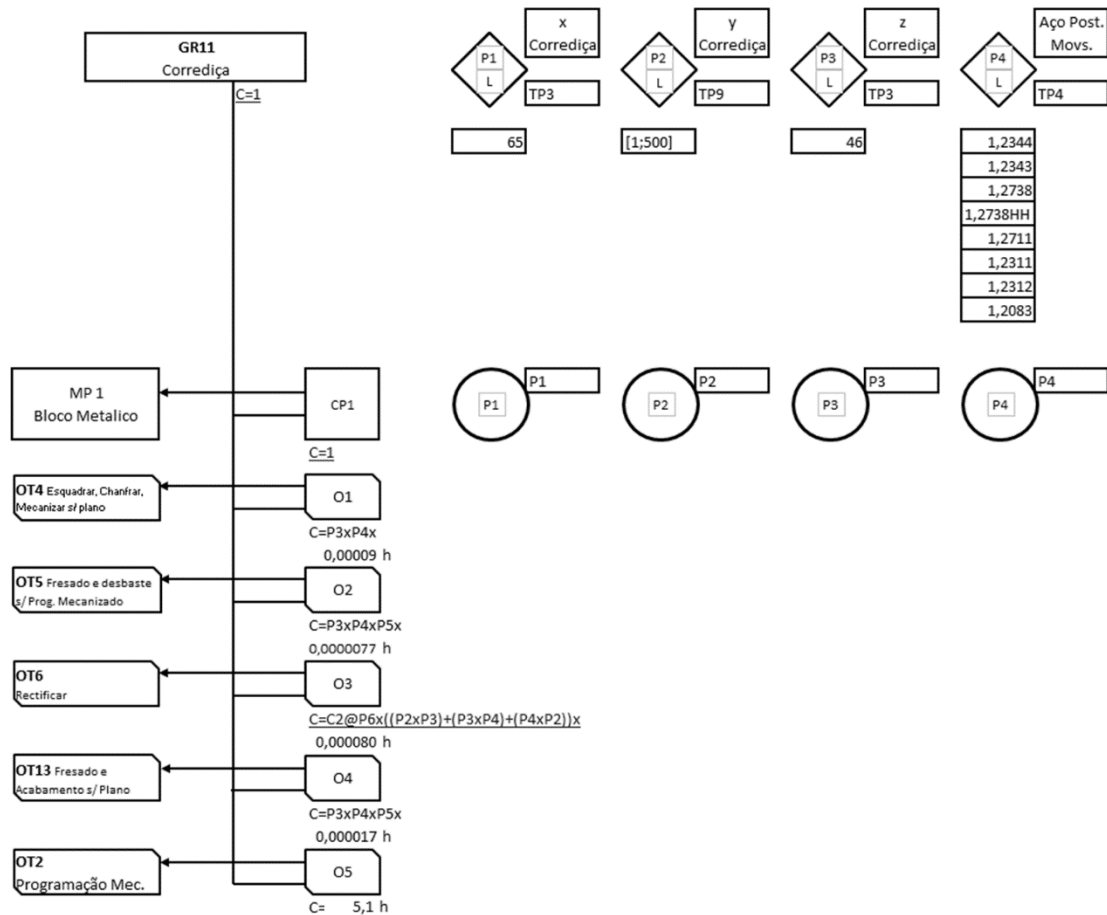


Figura 80 - GR11 - Correção

Tabela 13 - Operações das Correções

	GR11. Correção
41, Esquadrar, Chanfrar, Mecanizar s/ plano	0,000086 h/mm2
42, Fresado - Desbaste s/ programa de mecanizado	0,0000077 h/mm3
43, Rectificar	0,000080 h/mm2
44, Erosao por penetração	
45, Fresado Manual	
46, Torneado Manual	
47, Furações s/ plano	
48, Roscar S/ Plano	
49, Corte por Fio	
51, Fresado, Acabamento s/ plano	0,000017 h/mm3
52, Programação Mecanizado	5,1 h

- **GR17 – Eléktrodos**

A caracterização dos eléctrodos faz-se segundo os parâmetros P2, P3 e P4 relativos às suas dimensões e ao parâmetro P1 relativo à complexidade da peça. Tal como se pode observar na tabela 14, a única operação que dependerá da complexidade da peça é o tempo de erosão.

A representação gráfica da GR17 encontra-se na figura 81.

Tabela 14 - Operações dos Eléktrodos

	Electrodos		
	A	B	C
41, Esquadrar, Chanfrar, Mecanizar s/ plano			
42, Fresado - Desbaste s/ programa de mecanizado			
43, Rectificar			
44, Erosao por penetração	8,0 h	4,6 h	1,8 h
45, Fresado Manual	0,19 h		
46, Torneado Manual			
47, Furações s/ plano			
48, Roscar S/ Plano			
49, Corte por Fio	0,71		h
51, Fresado, Acabamento s/ plano	0,00013		h/mm ³
52, Programação Mecanizado	2,3		h
Projecto	1,4		h

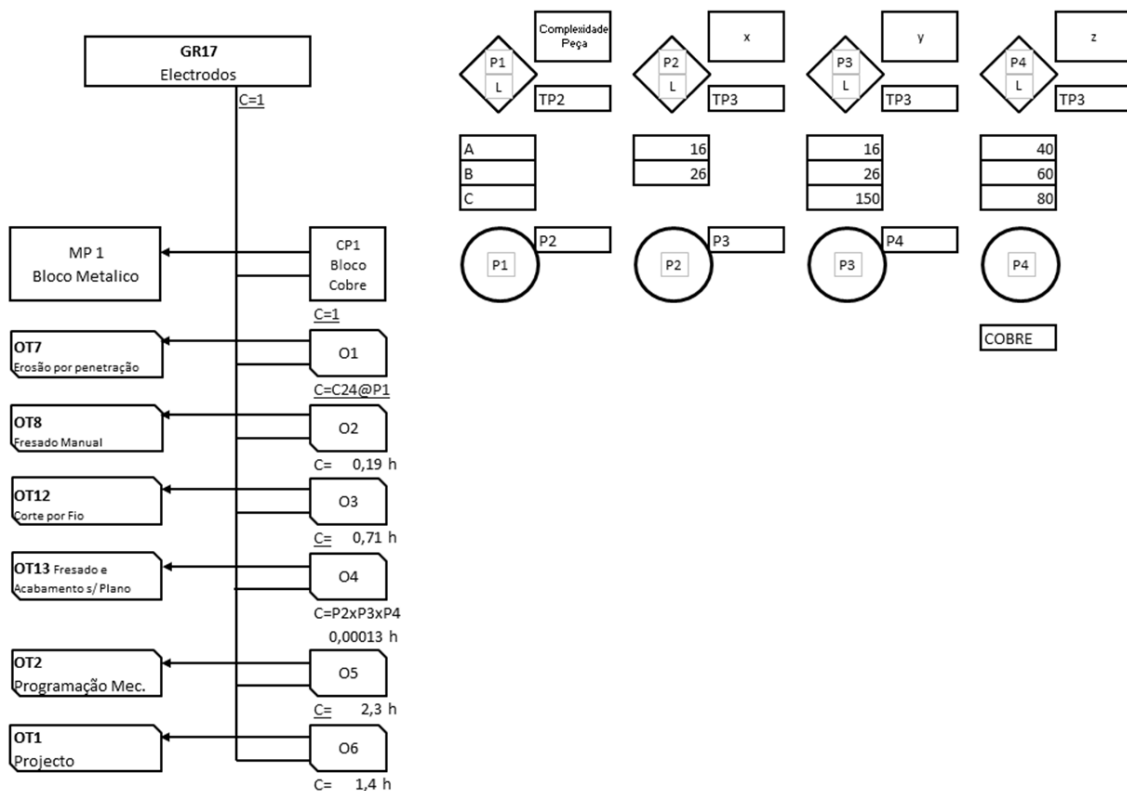


Figura 81- GR17 - Eléktrodos

- **GR18 – Postiços**

A caracterização dos postiços é feita segundo as suas dimensões e o seu material. A informação sobre o material é herdada a partir do material escolhido para os postiços e movimentos. Visto que a dimensão dos postiços não pode ser definida antes da fase de projeto, estabeleceu-se uma dimensão constante para cada postiço, baseada numa média.

A figura 84 representa a GR18 e a tabela 15 contém a informação relativa às suas operações.

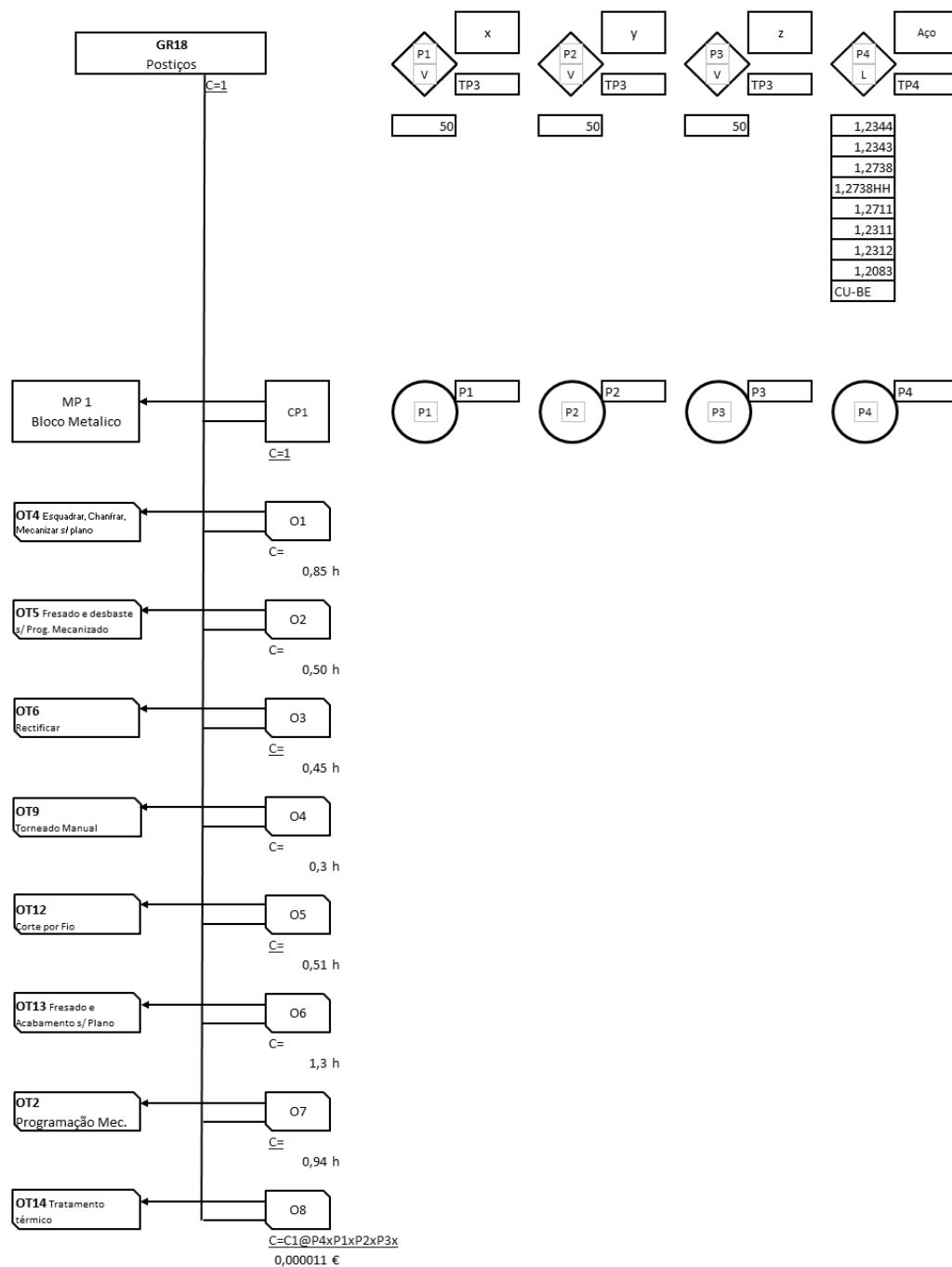


Figura 82 - GR18 - Postiços

Tabela 15 - Operações dos Postiços

	Postiços
41, Esquadrar, Chanfrar, Mecanizar s/ plano	0,85 h
42, Fresado - Desbaste s/ programa de mecanizado	0,50 h
43, Rectificar	0,45 h
44, Erosao por penetração	0,74 h
45, Fresado Manual	
46, Torneado Manual	0,32 h
47, Furações s/ plano	
48, Roscar S/ Plano	
49, Corte por Fio	0,51 h
51, Fresado, Acabamento s/ plano	1,3 h
52, Programação Mecanizado	0,94 h

- **GR20 – Sistema de Balancés**

O sistema de balancés consiste no conjunto de componentes que permitem ao balancé exercer corretamente a sua função.

Visto que não é possível definir *a priori* uma dimensão para a cabeça do balancé, estabeleceu-se uma dimensão média para este elemento. O mesmo ocorre para os elementos base e patim, cujas variações nas suas características são mínimas. Desta forma, a únicas características herdadas dos parâmetros introduzidos na GR1 são a quantidade e o material.

Os dados relativos às operações das referências genéricas que constituem o sistema do balancé encontram-se na tabela 16.

A representação gráfica da referência genérica GR20 encontra-se na figura 83. Nas figuras 85, 84 e 86 encontram-se, respetivamente, as representações das referências genéricas GR2- Balancé, GR22-Base e GR23-Patim.

Tabela 16 - Operações do Balancé, Haste, Base, Patim e Chapa-Guia

	GR21 Balancé	GR22 Base	GR23 Patim	GR24 - Chapa Guia
OT1 - Projecto				
OT2 - Programação Mecanizado	3,5 h			
OT3 - Montagem e Ajuste				
OT4 - Esquadrar, Chanfrar, Mecanizar s/ plano	4,4 h			
OT5 - Fresado - Desbaste s/ programa de mecanizado				
OT6 - Rectificar	6,1 h			
OT7 - Erosao por penetração	4,0 h			
OT8 - Fresado Manual				
OT9 - Torneado Manual				
OT10 - Furações s/ plano				
OT11 - Roscar S/ Plano				0,34 h
OT12 - Corte por Fio	7,6 h	7,2 h		2,8 h
OT13 - Fresado, Acabamento s/ plano	8,6 h	2,2 h	6,1 h	1,5 h

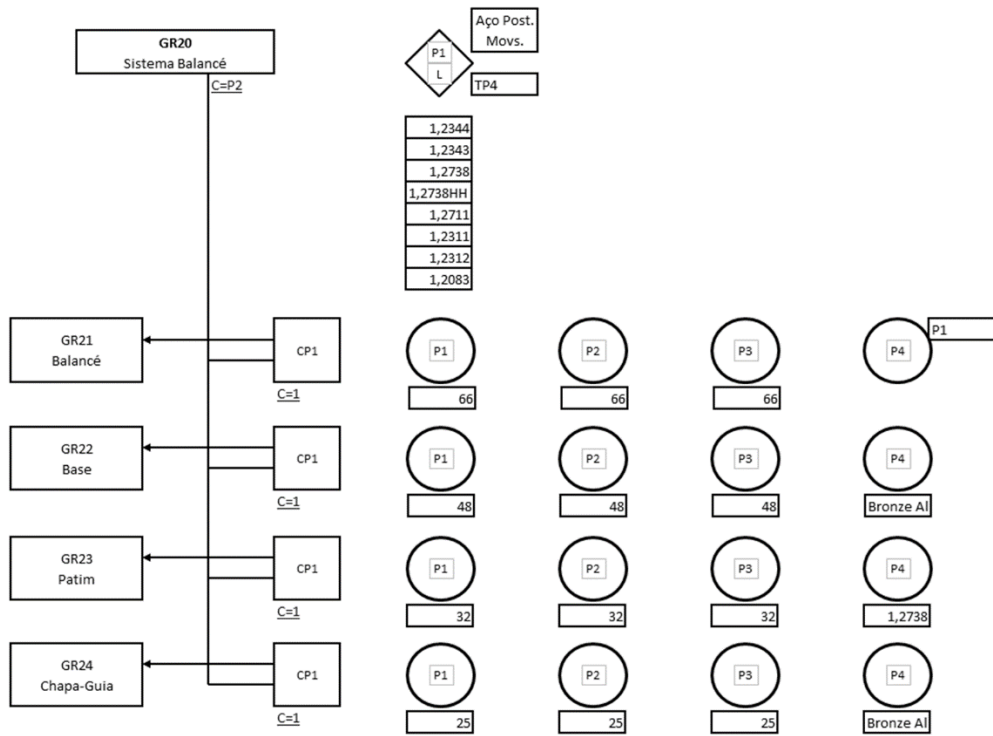


Figura 83 - GR20 - Sistema de Balancés

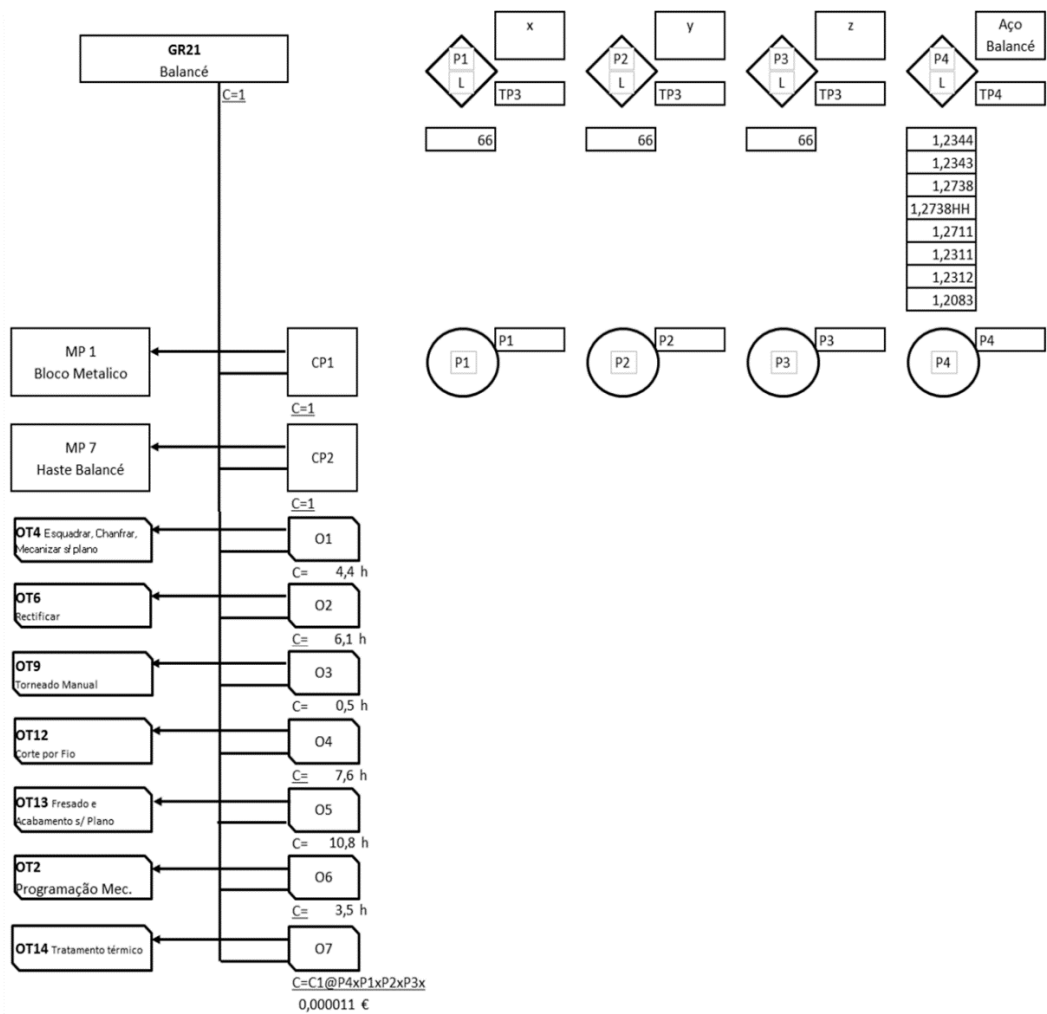


Figura 84 - GR21 - Balancé

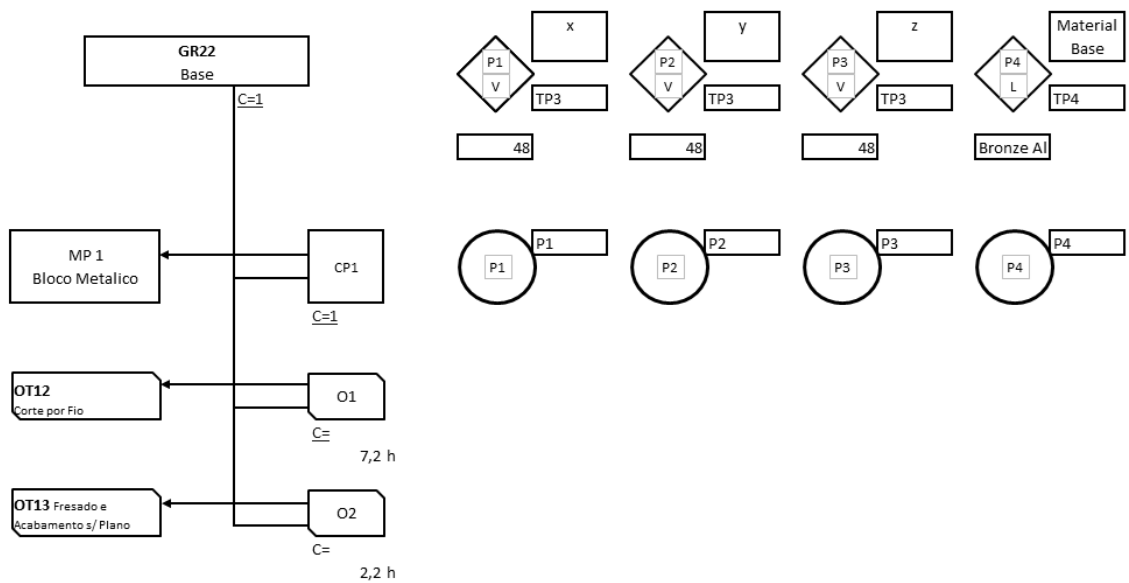


Figura 85 - GR22 - Base

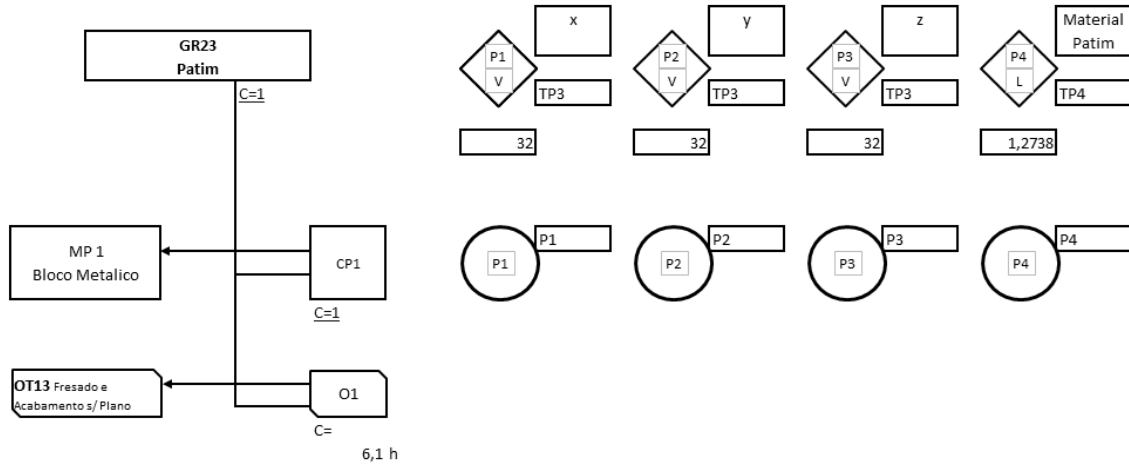


Figura 86 - GR23 - Patim

• Outros componentes e operações da GR1

Neste grupo integram-se três tipos de dados diferentes:

- A operação de projeto OT1 e a operação de montagem e ajuste OT3;
- As operações OT2, OT4, OT6, OT7, OT8, OT9, OT12, OT13 correspondem às operações executadas durante o processo de afinação do molde. A estas também se somaram os dados das operações aplicadas a outros componentes secundários do molde;
- A referência de matéria-prima MP8 que reúne o conjunto de componentes normalizados e componentes secundários presentes na construção de um molde.

Relativamente às operações do primeiro ponto, “OT1-Projecto” e “OT3-Montagem e Ajuste”, a sua complexidade depende principalmente da complexidade do molde. Assim, este é o parâmetro definitivo para a determinação do tempo de ajuste e projeto do molde.

Os elementos normalizados e secundários referidos no segundo e terceiros pontos são os parafusos, molas, anilhas, extratores, colunas-guia, apoios, sofrideiras, juntas tóricas, discos de centragem, etc. Estes elementos foram agrupados numa única matéria-prima MP8, visto que é impossível discriminar as suas quantidades de forma precisa na fase de orçamentação. Isto já não acontece com os elementos nucleares e essenciais do molde como é o caso das referências genéricas que têm sido tratadas até agora.

Visto que as operações de afinação e as operações que se aplicam aos componentes secundários não representam uma parte importante do compitudo global de operações do molde, optou-se por simplificar o modelo e agregar tudo.

Na figura 87 encontra-se representada a referência genérica GR1 com todas as operações e matérias-primas referidas.

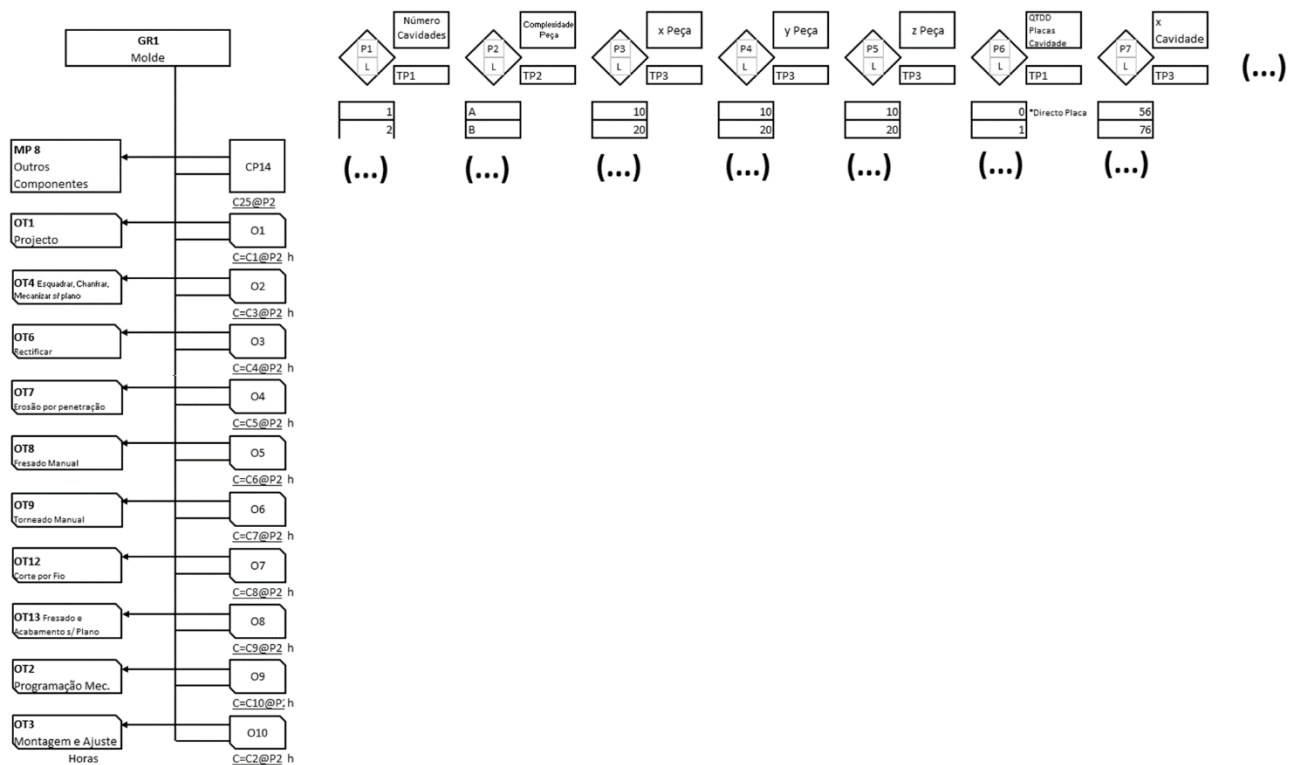


Figura 87 - Outros componentes e operações

5. Utilização do modelo GenPDM num Caso Prático

Com o objetivo de exemplificar a funcionalidade do modelo implementado, durante este capítulo será descrito o funcionamento do GenPDM no caso real de um projeto desenvolvido na empresa. A escolha do caso prático foi feita tendo em conta que este deveria possuir características que permitissem testar o modelo da forma mais completa possível.

Devido à sua complexidade e extensão do modelo, para evitar uma desnecessária repetitividade descrever-se-á o funcionamento do modelo apenas para as referências genéricas, excluindo as matérias-primas e as operações genéricas. No entanto, no final será apresentado um quadro-resumo com os dados finais de matérias-primas e operações resultantes.

5.1. Definição dos valores de parâmetros da GR1

A exemplificação do funcionamento do modelo começará pela descrição dos diferentes parâmetros do produto a orçamentar. Na figura 88 encontra-se representada a referência genérica GR1 e os seus respetivos parâmetros. Os valores dos parâmetros visíveis correspondem aos selecionados segundo a descrição feita anteriormente.

Pretende-se saber o custo de um molde de duas cavidades, o que significa que em cada ciclo de injeção serão produzidas duas peças iguais. Após a análise das características geométricas da peça a ser produzida pelo molde, considerou-se que esta tem um nível de complexidade B.

As dimensões da peça são de 100x220x80 mm (X,Y,Z). As duas peças produzidas em cada ciclo do molde são fabricadas em duas placas cavidade independentes, cujas dimensões são de 186x266x120 mm.

A quantidade de placas macho é igual à quantidade de placas cavidade. As dimensões das placas macho são 186x266x119 mm (X,Y,Z).

A dimensão em X da placa porta cavidade e da placa porta macho é de 446 mm. A dimensão em Y das mesmas placas é de 746 mm.

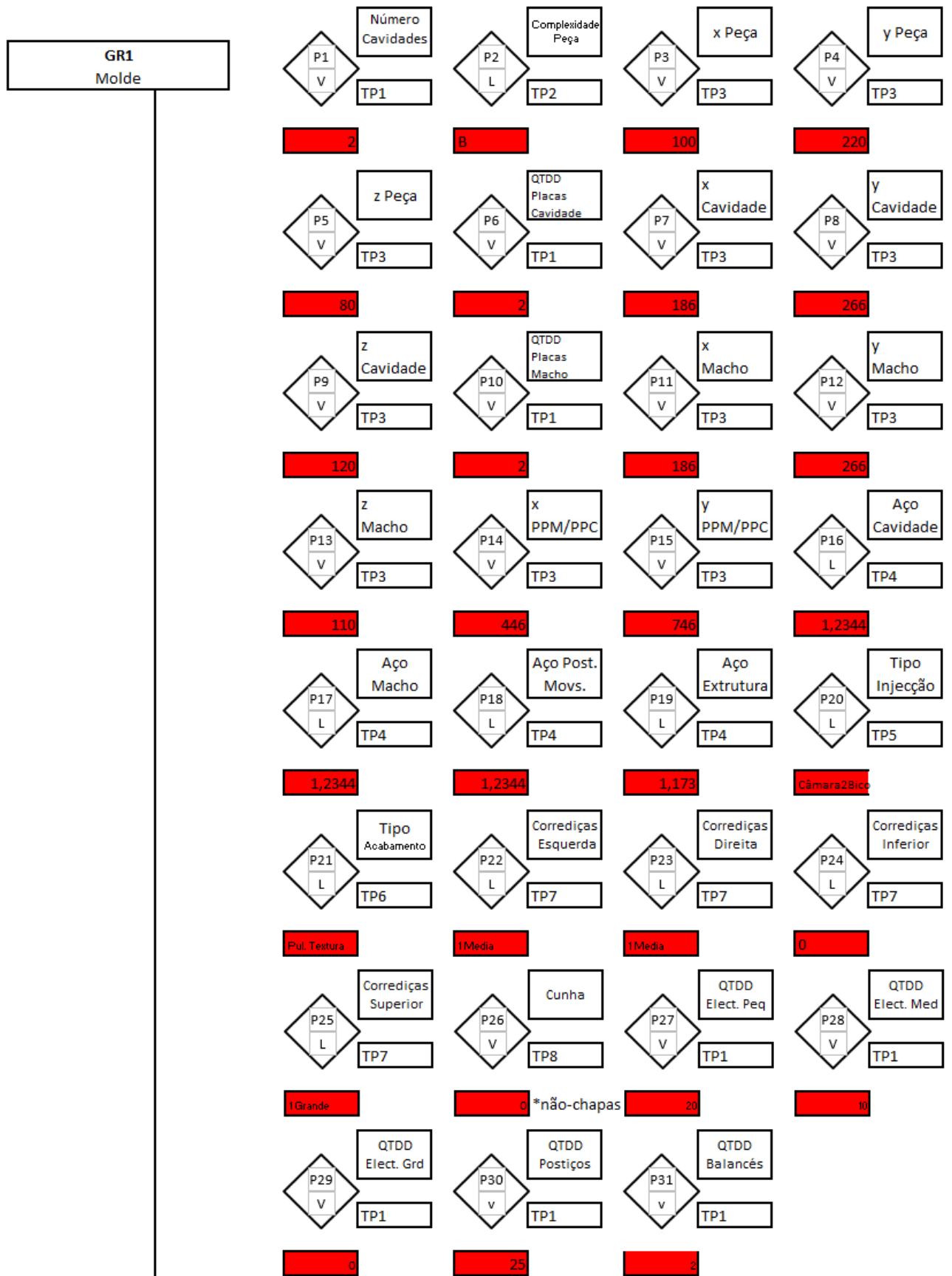


Figura 88 - Parâmetros da GR1

Relativamente aos materiais da estrutura do molde, optou-se por um aço 1,2344 temperado para as placas macho, placas cavidade, posições e movimentos. Para a restante estrutura do molde seleccionou-se o aço 1,1730.

O tipo de injeção escolhido para este molde foi uma câmara quente de dois bicos. Ambas as cavidades do molde devem receber polimento para textura.

Do ponto de vista do processo de desmoldagem da peça, as suas características geométricas geram contra saídas relativamente à direção geral de desmoldagem. Desta forma, para desmoldar as contra saídas, é necessário recorrer a dois balancés por cavidade. Além dos balancés, é também necessário introduzir uma corredeira média do lado esquerdo da peça, uma corredeira média do lado direito e uma corredeira grande no lado superior da peça. Todas as corredeiras recorrem a chapas de ajuste do lado contrário do molde em alternativa às cunhas.

Para finalizar, devido às características da peça, será necessário recorrer à operação de erosão para o fabrico deste molde. Estimou-se a quantidade de elétrodos em 20 elétrodos pequenos e 10 elétrodos médios. Também será necessário fabricar e montar um total de 25 posições.

5.2. Descrição do funcionamento do modelo

Durante este capítulo será descrito referência genérica a referência genérica o funcionamento do modelo. Para cada referência genérica será descrito de onde provêm os dados e o seu fluxo.

- **GR2 – Placa Porta Cavidade**

A figura 89 ilustra os valores dos parâmetros herdados pela GR2 a partir da GR1, na qual as setas representam os principais fluxos de dados do diagrama. O valor da quantidade de placas porta cavidade provém da característica 1 relativa ao parâmetro P6, que relaciona a sua quantidade com a quantidade de placas cavidade. Neste caso, para a existência de duas placas cavidade considera-se a existência de uma placa porta cavidade.

O parâmetro P1 da GR2 refere-se à dimensão da placa porta cavidade em Z. Estabeleceu-se que esta dimensão seria determinada através da característica C5 em função da dimensão em Z da placa cavidade. Assim, tendo a placa cavidade 120 mm em Z, obtem-se o valor de 186 mm para a placa porta cavidade.

Os restantes parâmetros P2, P3 e P4 são relativos às restantes dimensões da placa porta cavidade (X e Y) e ao seu material. Estes parâmetros herdam os dados directamente das características P14, P15 e P19 da GR1, respectivamente.

Na figura 90 relaciona-se os parâmetros da GR2 com a matéria-prima a partir da qual esta será fabricada, bloco metálico, e com as operações necessárias ao seu fabrico.

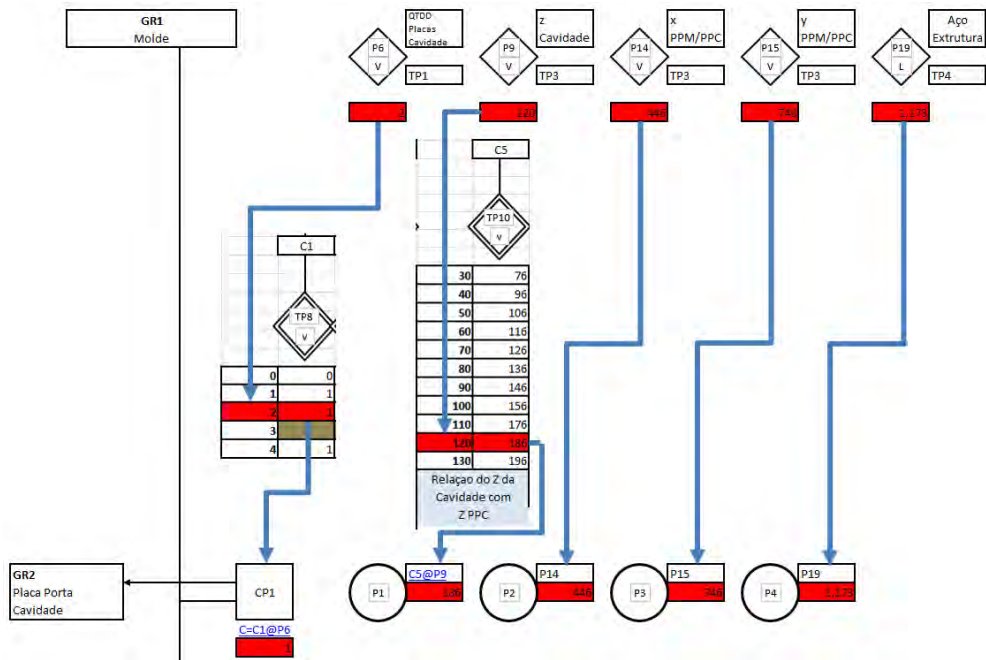


Figura 89 - Caso Prático GR2@GR1

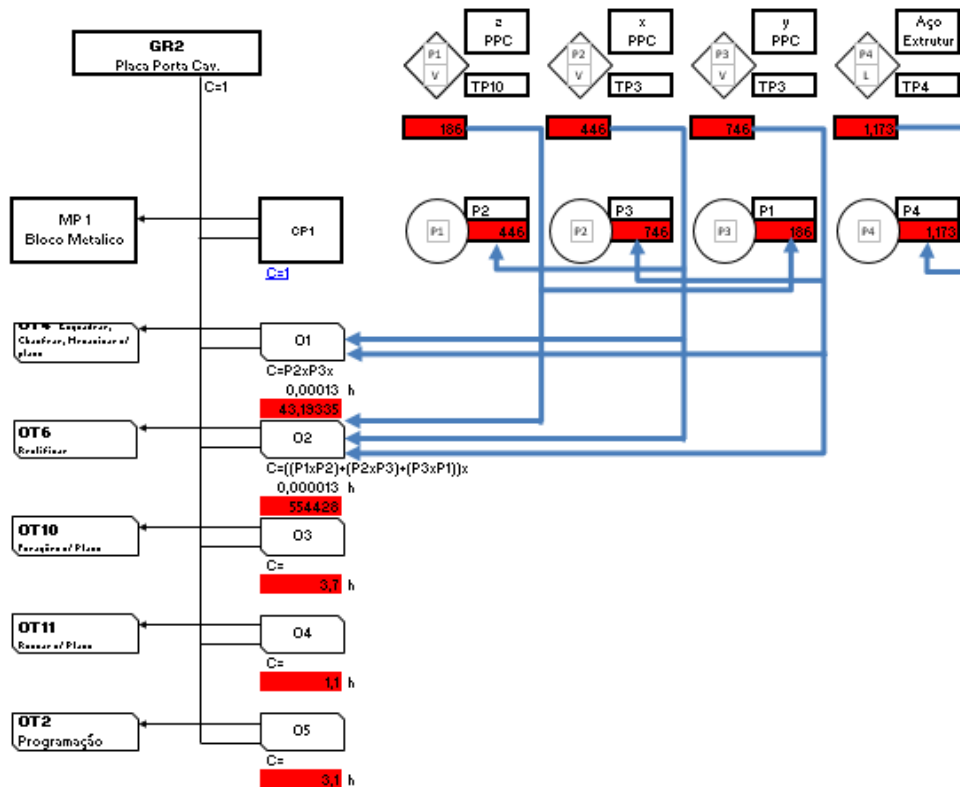


Figura 90 - Caso Prático GR2

- **GR3 – Cavidade**

Na figura 91 ilustra-se a relação dos parâmetros da “GR3 - Placa Cavidade” com os parâmetros da “GR1 – Molde”. Observa-se que todos os parâmetros da placa cavidade são herdados diretamente de parâmetros introduzidos na GR1. A quantidade de placas cavidade é determinada com recurso à característica C2 relativa ao parâmetro P6.

Os dados herdados pela GR3 são posteriormente transferidos à matéria-prima a partir da qual se fabrica a placa cavidade às operações necessárias ao seu fabrico (figura 92). Os tempos relativos a cada operação encontram-se relacionados com a complexidade da peça. O valor das diversas operações encontra-se nas características C13, C14, C15, C16 e C17 do tipo de parâmetro TP2.

O recurso à operação de tratamento térmico é determinado em função do tipo de aço selecionado. Visto que o aço selecionado foi o 1.2344, a característica C1 relativa ao parâmetro P5 determina que esta placa deverá receber este tratamento.

O acabamento selecionado foi o polimento para textura, pelo que a característica C2 do parâmetro P21 determina que esta operação será executada em detrimento da operação de polimento espelho.

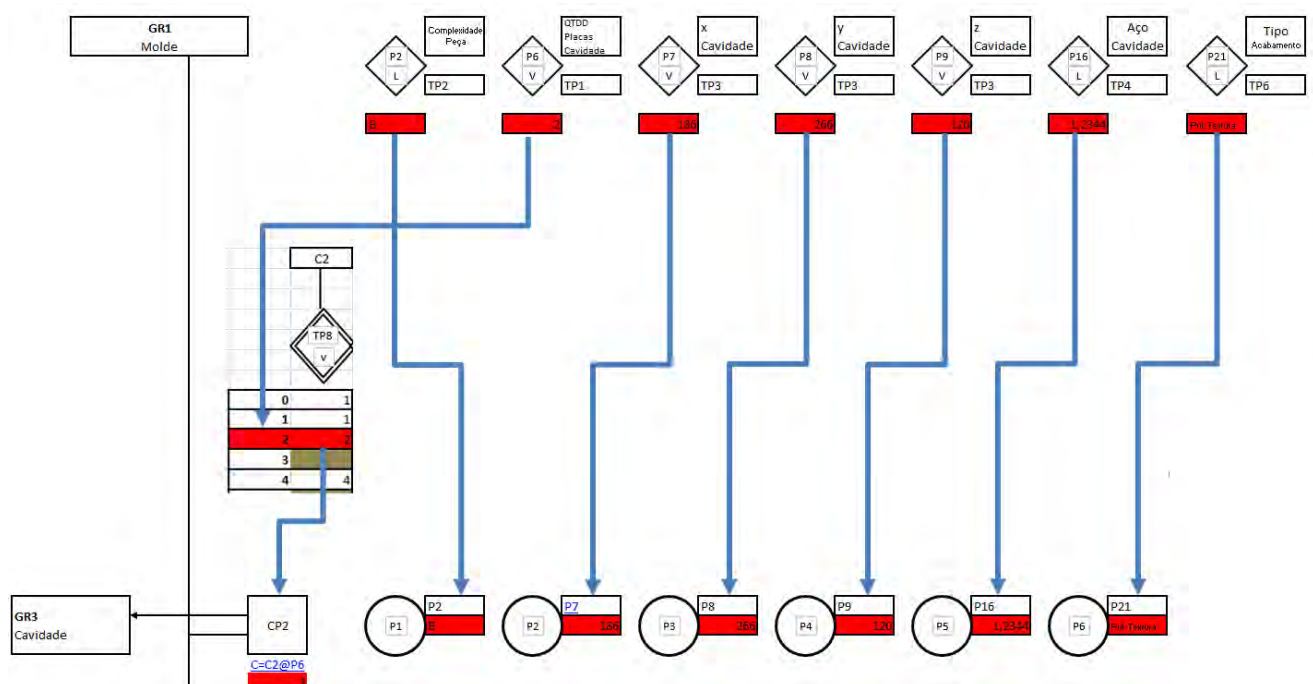


Figura 91 - Caso Prático GR3@GR1

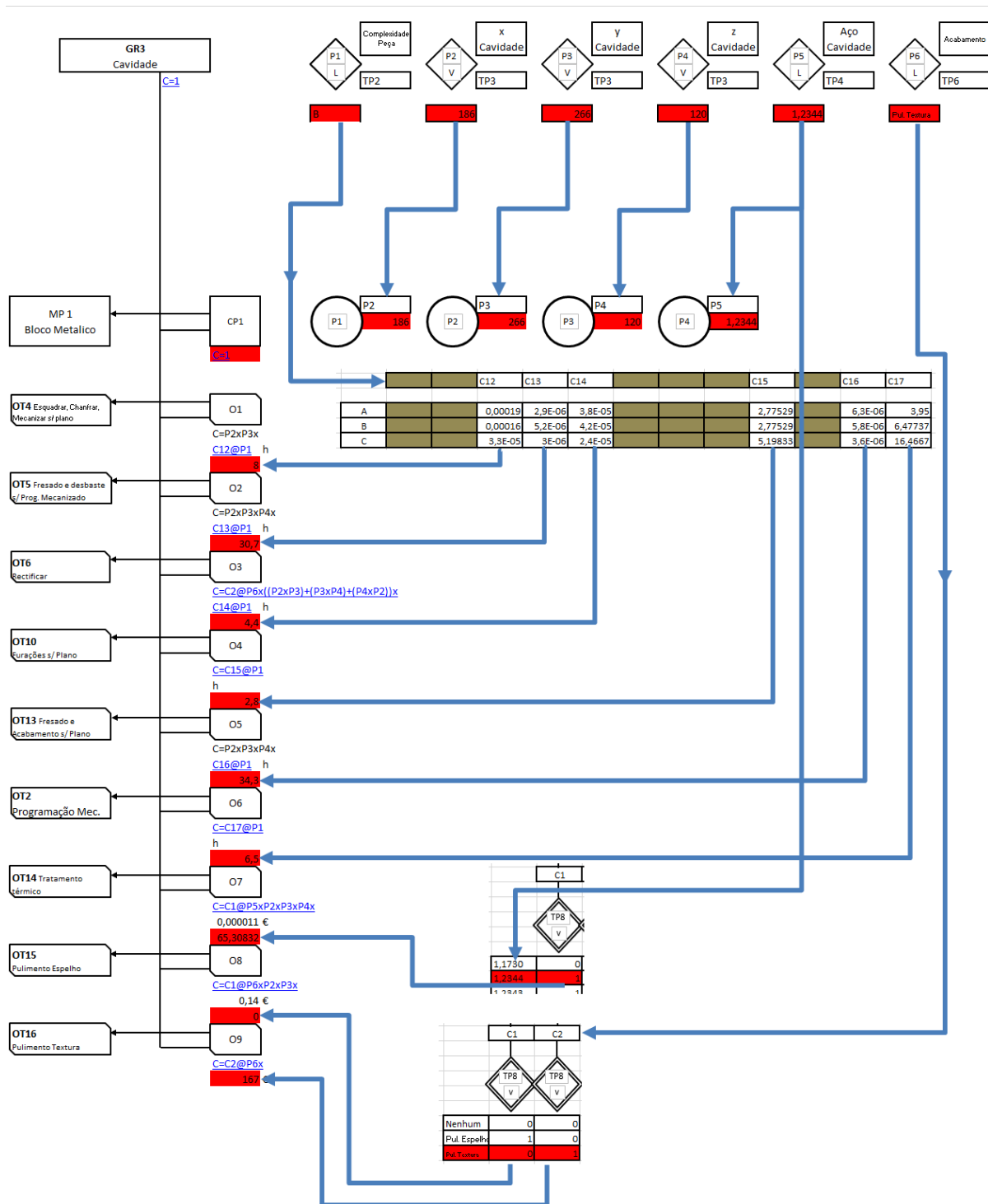


Figura 92 - Caso Prático GR3

- **GR4 – Placas e Calços**

Todos os parâmetros da “GR4 – Placas e Calços” herdam os seus valores diretamente da GR1 (figura 93). Estes valores são depois redistribuídos pelas referências genéricas “GR5 – Calços”, “GR25 – Placa Tapa Extratores”, “GR26 – Placa Porta Extratores” e “GR19 – Placas Base”.

Como a existência de placa porta cavidade é opcional, este facto influenciará os dados herdados pelas referências genéricas associadas. Havendo placa porta cavidade, estas referências genéricas herdam os dados da placa porta cavidade. Não havendo, estas herdam os dados da placa cavidade.

Assim, como se pode ver na figura 94, a placa base situada no lado fixo do molde corresponde aos componentes CP1 e CP2. O componente CP1 da GR4 corresponde à placa base para um molde com placa porta cavidade e o componente CP2 corresponde à placa base no caso de um molde apenas com placa cavidade (sem placa porta cavidade). Através da característica C4 do parâmetro “P1 – QTDD de Placas Cavidade” determina-se que a quantidade de CP1 é 1 e através da característica C3 do mesmo parâmetro determina-se que a quantidade de CP2 é 0.

Para os restantes componentes (placa base do lado móvel, calços, placa tapa extratores e placa porta extratores) ocorre o processo idêntico ao descrito no parágrafo anterior.

Relativamente à referência genérica “GR5-Calços”, as suas dimensões em X e Y são determinadas através de dados herdados da placa porta macho. A dimensão em X é determinada através da característica C1 associada ao parâmetro “P7 – X da Placa Porta Macho”, adquirindo o valor de 106 mm. Já a dimensão em Y é herdada diretamente da dimensão em Y da mesma placa. A dimensão em Z é dependente da dimensão em Z da peça, visto que os calços determinam o curso de expulsão necessário à correta expulsão da peça, que por sua vez está dependente da dimensão em Z da peça. Assim, para uma peça com dimensão Z de 80 mm, a característica C2 corresponde ao valor de 126 mm.

O valor em X das placas extratoras provém da diferença dos valores em X da placa porta macho com o dobro do valor em X dos calços, visto que se trata de dois calços. O valor em Z das mesmas placas é herdado do valor em Y da placa porta macho. Através das características C3 e C6 determina-se o valor em Y de 36 mm para a placa tapa extratores e 27 para a placa porta extratores, respetivamente.

As figuras 95, 96 e 97 correspondem, respetivamente às referências genéricas “GR25-Placa Tapa Extratores”, “GR26-Placa Porta Extratores” e “GR5-Calço”.

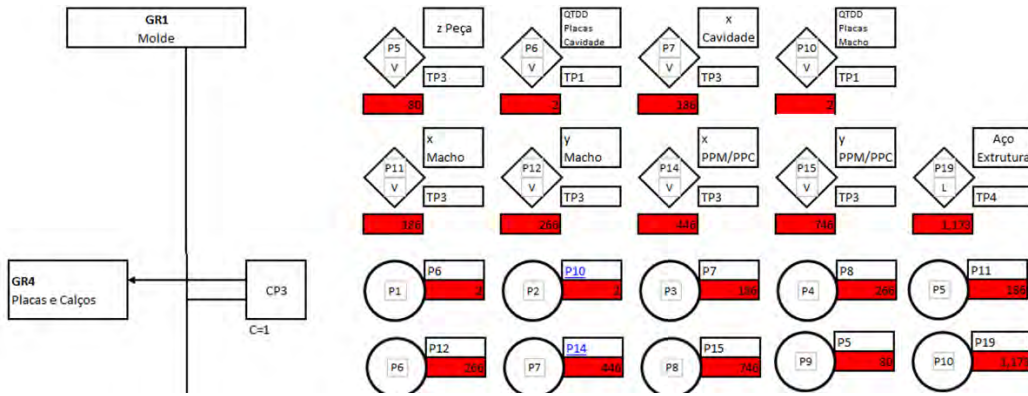


Figura 93 - Caso Prático GR4@GR1

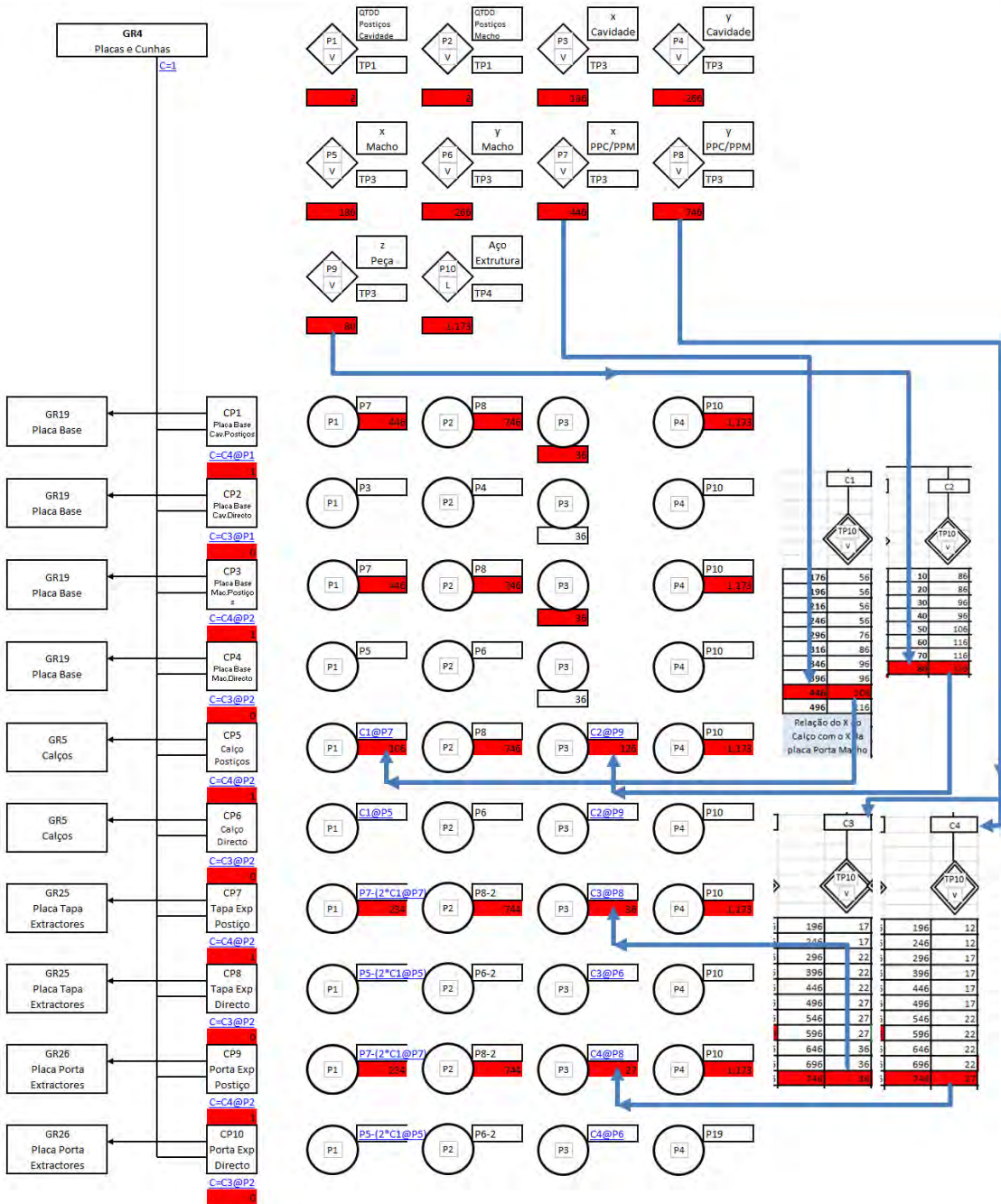


Figura 94 - Caso Prático GR19@GR4; GR5@GR4; GR25@GR4; GR26@GR4

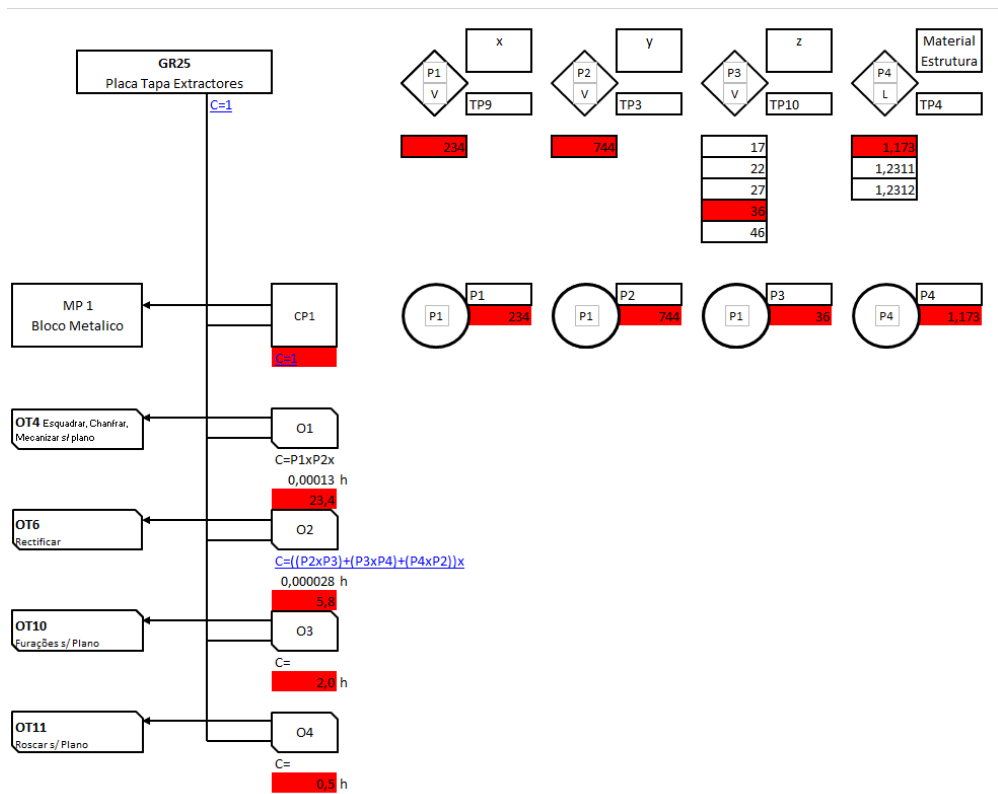


Figura 95 - GR25 - Caso Prático

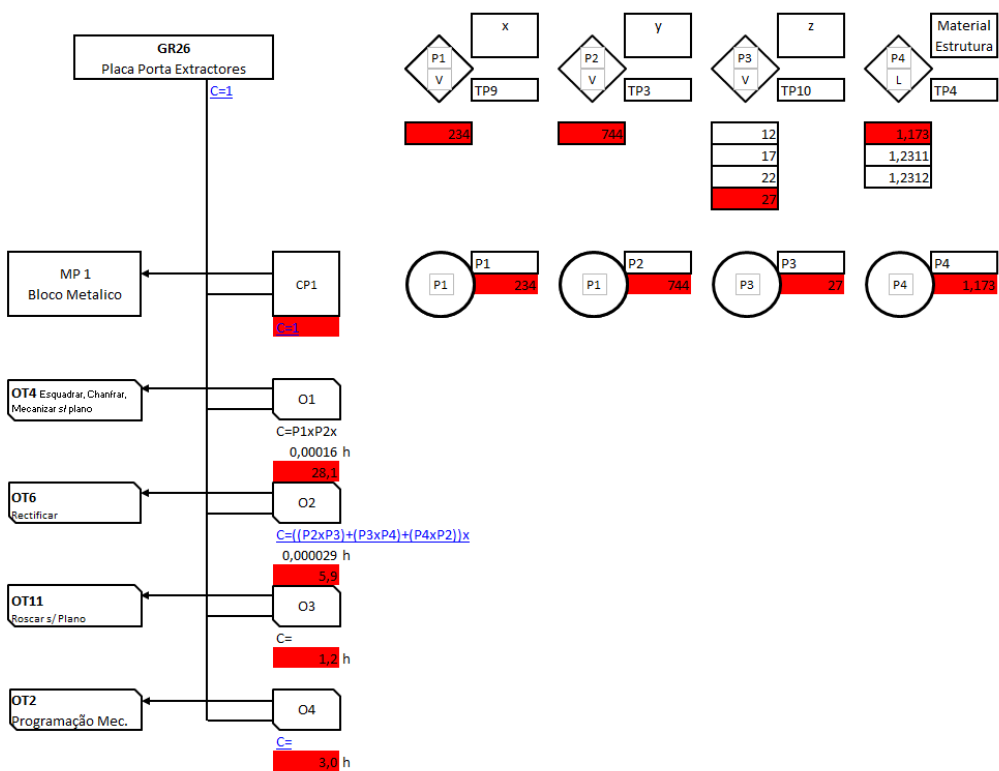


Figura 96 - Caso Prático GR26

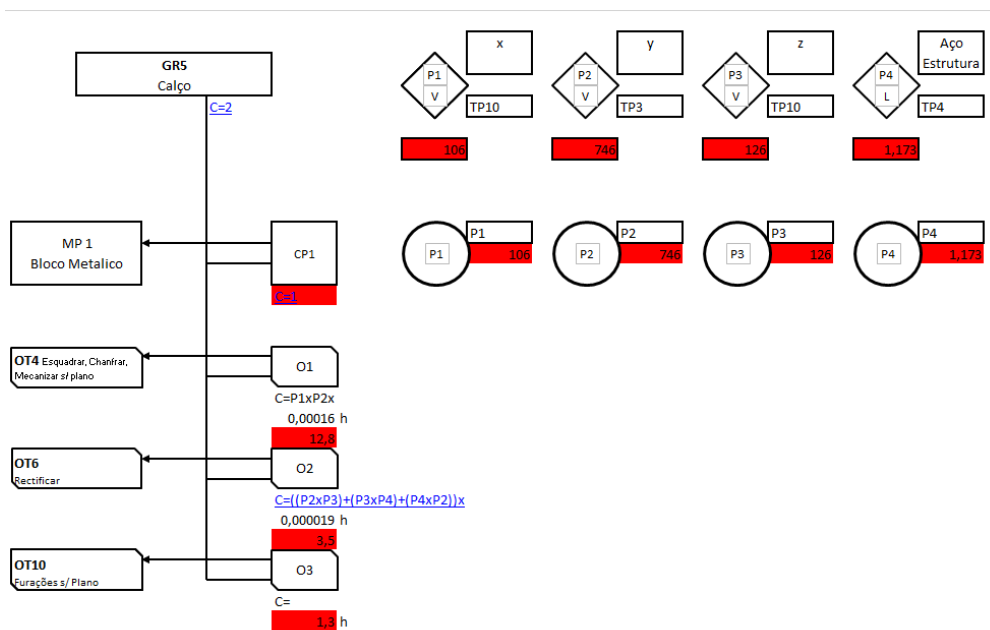


Figura 97 - Caso Prático GR5

- **GR6 – Bicos de Injeção**

A “GR6 – Bico de Injeção” herda o seu único parâmetro “P20-Tipo de Injeção” diretamente do parâmetro P20 da GR1, tal como é demonstrado na figura 98. Neste caso trata-se de um molde com uma câmara quente de dois bicos.

Esta informação é depois tratada com a finalidade de determinar a quantidade e tipo de sistemas de injeção (figura 99). Através das características C1, C2 e C4 determina-se que a quantidade de “CP1-Bicos Quentes”, “CP2-Câmaras de 1 Bico” e “CP3-Câmaras de 4 Bicos” é zero. Já a característica C3 determina que a quantidade de “CP3-Câmaras de 2 Bicos” é 1.

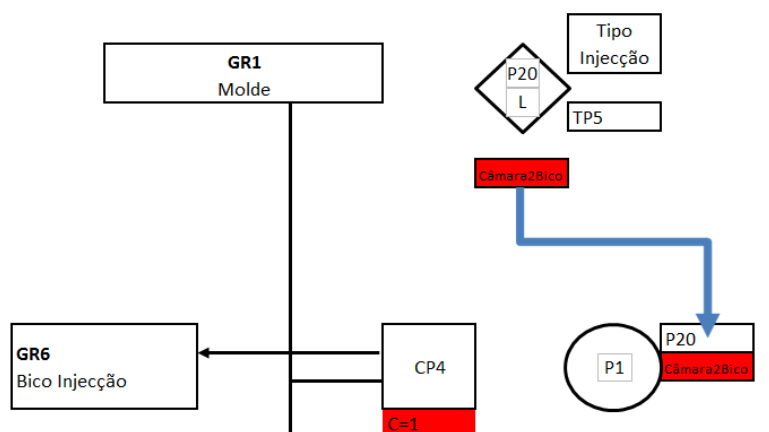


Figura 98 - Caso Prático GR6@GR1

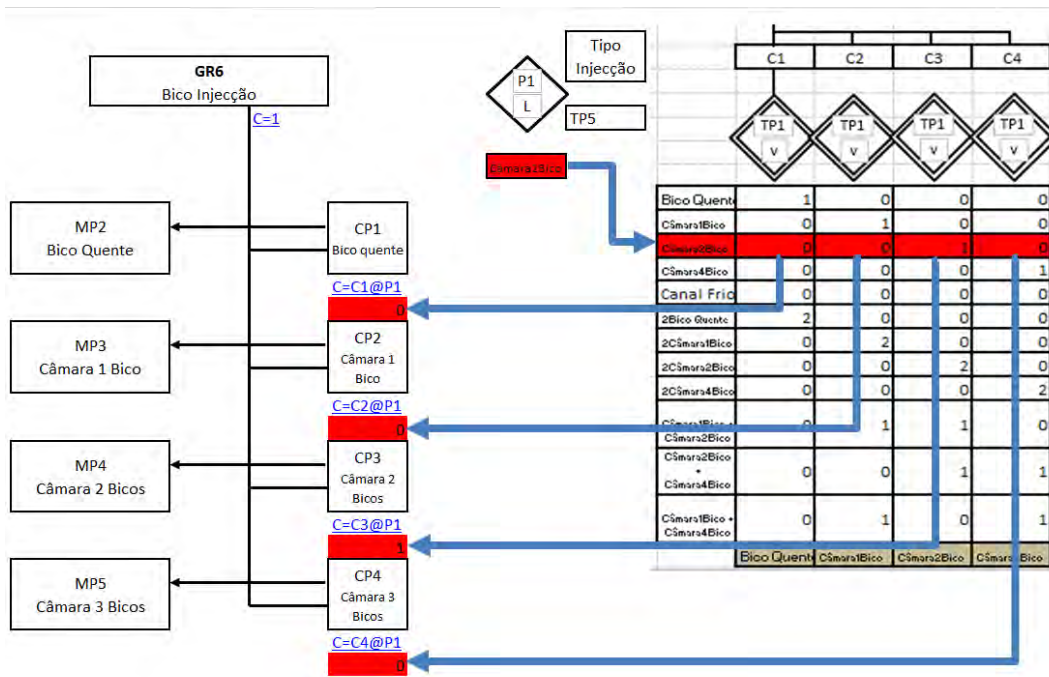


Figura 99 - Caso Prático GR6

- **GR7 – Placa Porta Macho**

A figura 100 ilustra os valores dos parâmetros herdados pela GR7 a partir da GR1. A quantidade de placas porta macho provém da característica C1 associada ao parâmetro P10, que relaciona a sua quantidade com a quantidade de placas pacho. Neste caso, para a existência de duas placas macho assume-se a existência de uma placa porta macho.

O parâmetro P1 da GR7 refere-se à dimensão desta placa segundo Z. Estabeleceu-se que esta dimensão seria determinada em função da dimensão em Z da placa macho, através da característica C5. Tendo a placa macho 110 mm em Z o valor de 156 mm no eixo Z para a placa porta macho.

Os restantes parâmetros P2, P3 e P4 relativos às dimensões X, Y e ao material desta placa, relacionam-se directamente com as características P14, P15 e P19 da GR1, respectivamente.

Na figura 101 relaciona-se os parâmetros da GR7 com a matéria-prima a partir da qual será fabricada e com as operações necessárias ao seu fabrico.

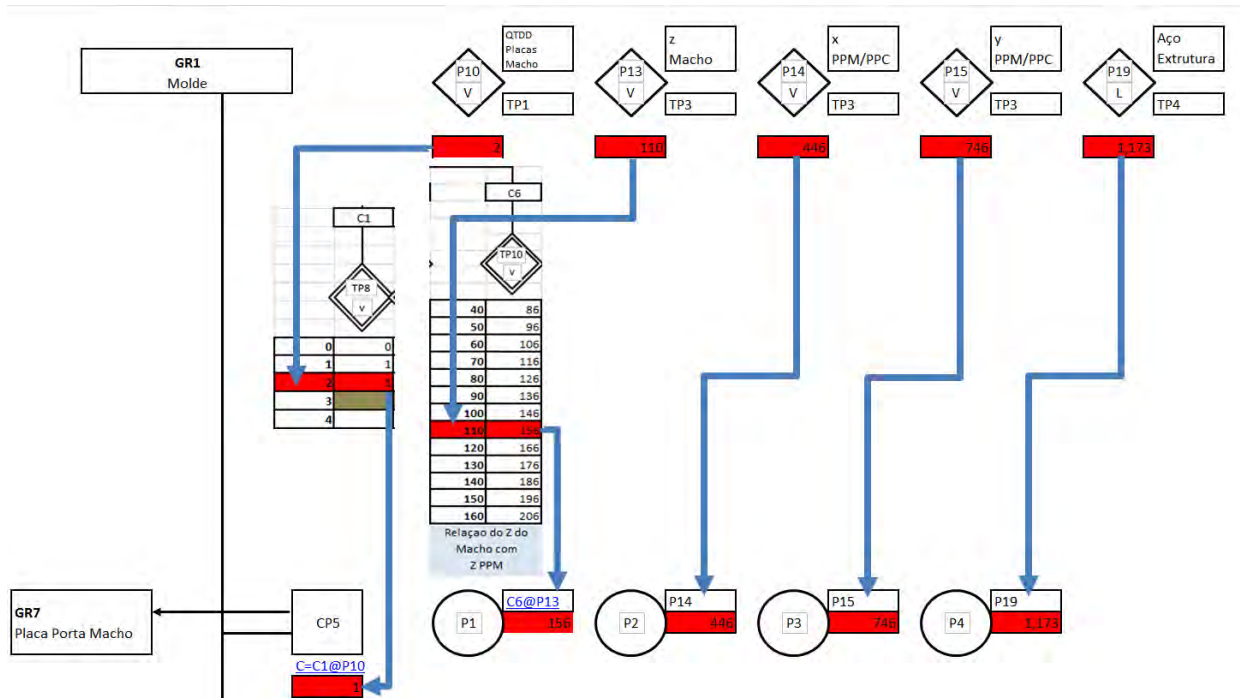


Figura 100 - Caso Prático GR7@GR1

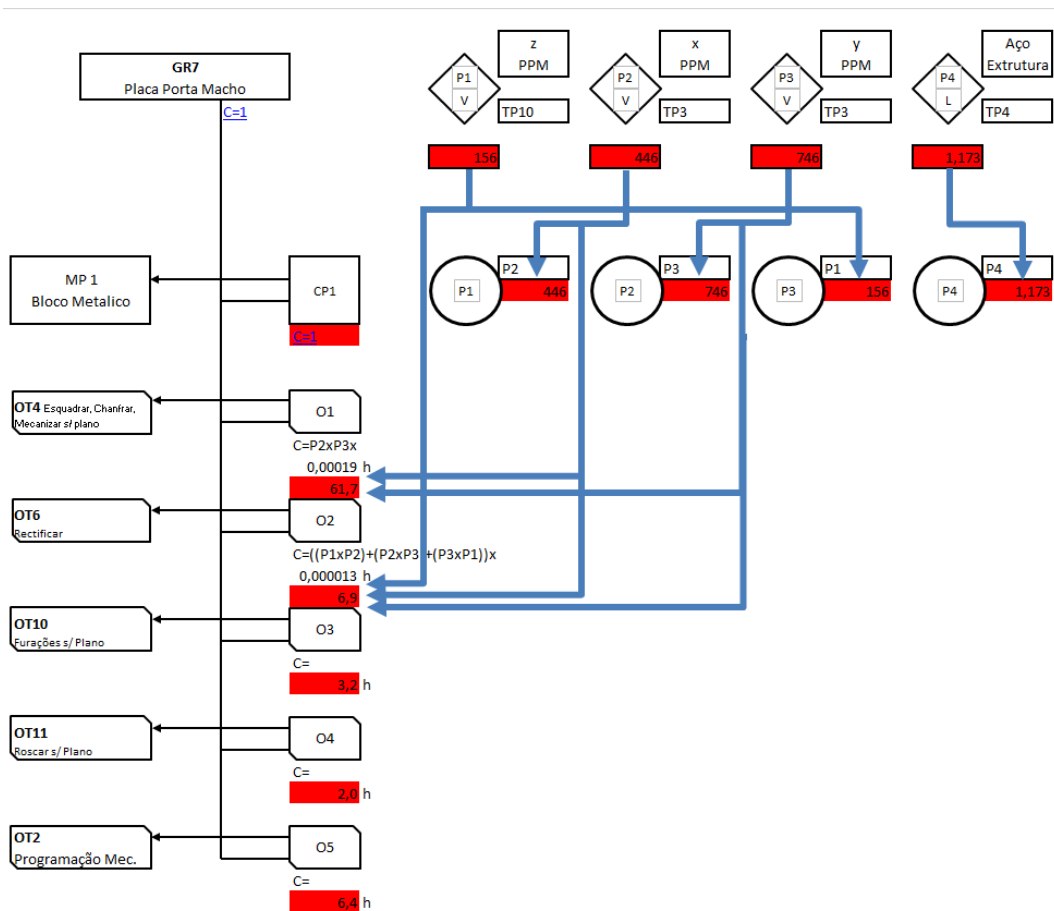


Figura 101 - Caso Prático GR7

- **GR8 – Macho**

A figura 102 ilustra a relação dos parâmetros da “GR8 - Placa Macho” com os parâmetros da “GR1 – Molde”. A quantidade de placas macho é determinada com recurso à característica C2 relativa ao parâmetro P10.

Os dados herdados pela GR8 são transmitidos à matéria-prima MP1 a partir da qual se fabrica a placa macho e às operações necessárias ao seu fabrico (figura 103). Os tempos relativos a cada operação estão relacionados com a complexidade da peça. Os dados sobre os tempos obtêm-se através das características C18, C19, C20, C21, C22 e C23 do parâmetro P1.

O recurso à operação de tratamento térmico é determinado em função do tipo de aço seleccionado para este componente. Visto que o material seleccionado foi o aço 1.2344, a característica C1 relativa ao parâmetro P5 determina que esta placa deverá ser temperada.

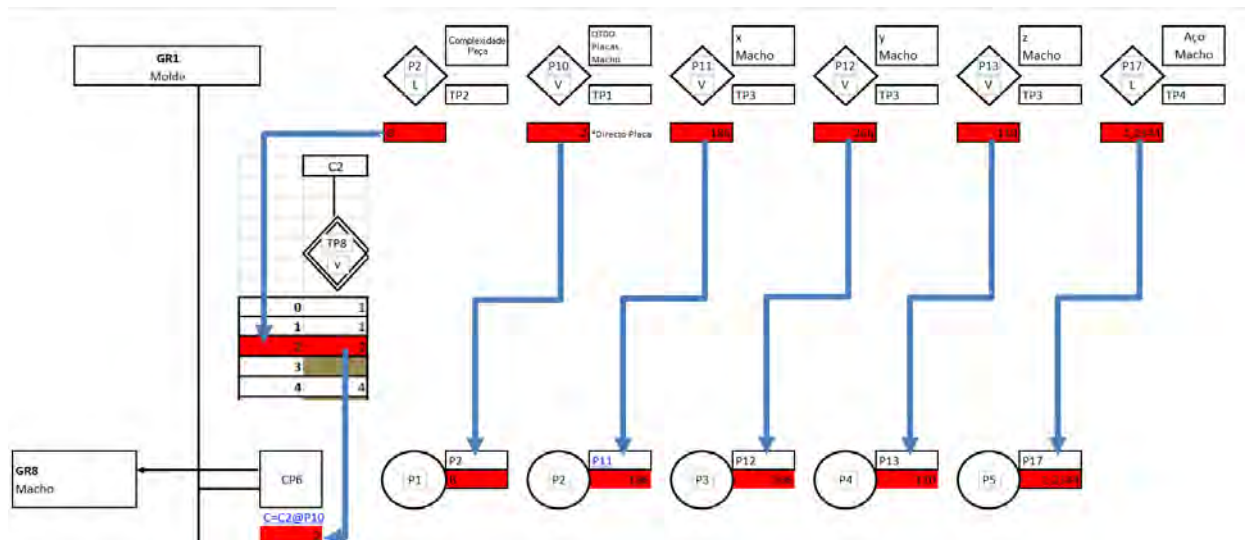


Figura 102 - Caso Prático GR8@GR1

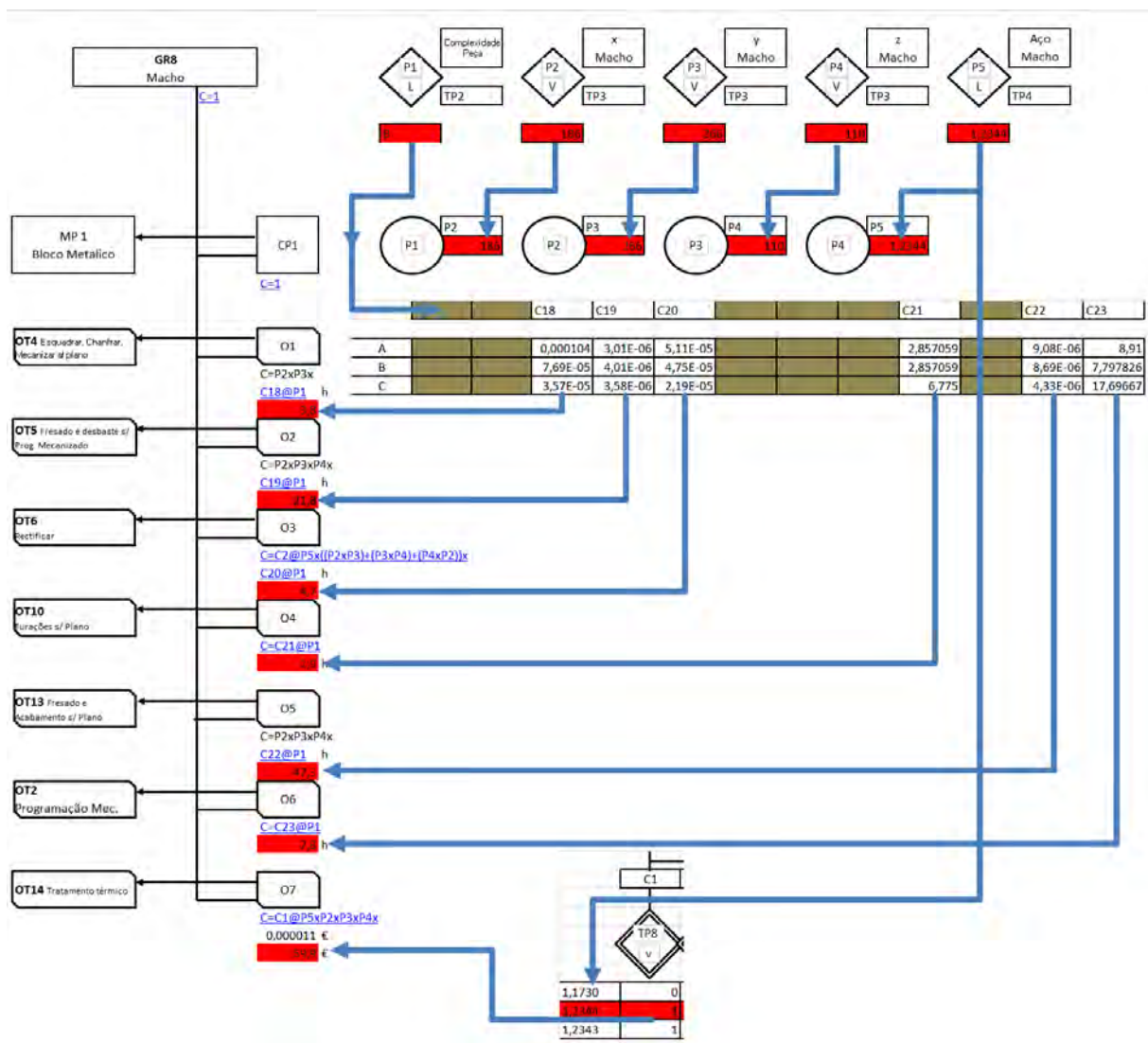


Figura 103 - Caso Prático GR8

- **GR10 – Sistema de Corrediças**

A referência genérica “GR10-Sistema de Corrediças” corresponde aos componentes CP7, CP8, CP9 e CP10 da GR1. Esta repetição deve-se ao facto de cada componente corresponder a um lado da peça.

A GR10 herda o valor de quantidade a partir do valor de quantidade de cavidades do molde. Tratando-se este caso de um molde de 2 cavidades, cada sistema de corrediças tem quantidade 2. Os valores herdados pela GR10 a partir da GR1 são posteriormente distribuídos pelos componentes desta, tal como ilustrado na figura 104.

Segundo os dados introduzidos na GR1, o lado esquerdo da peça necessita de uma corrediça média. O mesmo se passa para o lado direito, pelo que, já que os diagramas serão iguais, a figura 105 ilustra a “GR10 - Sistema de Corrediças” para ambos.

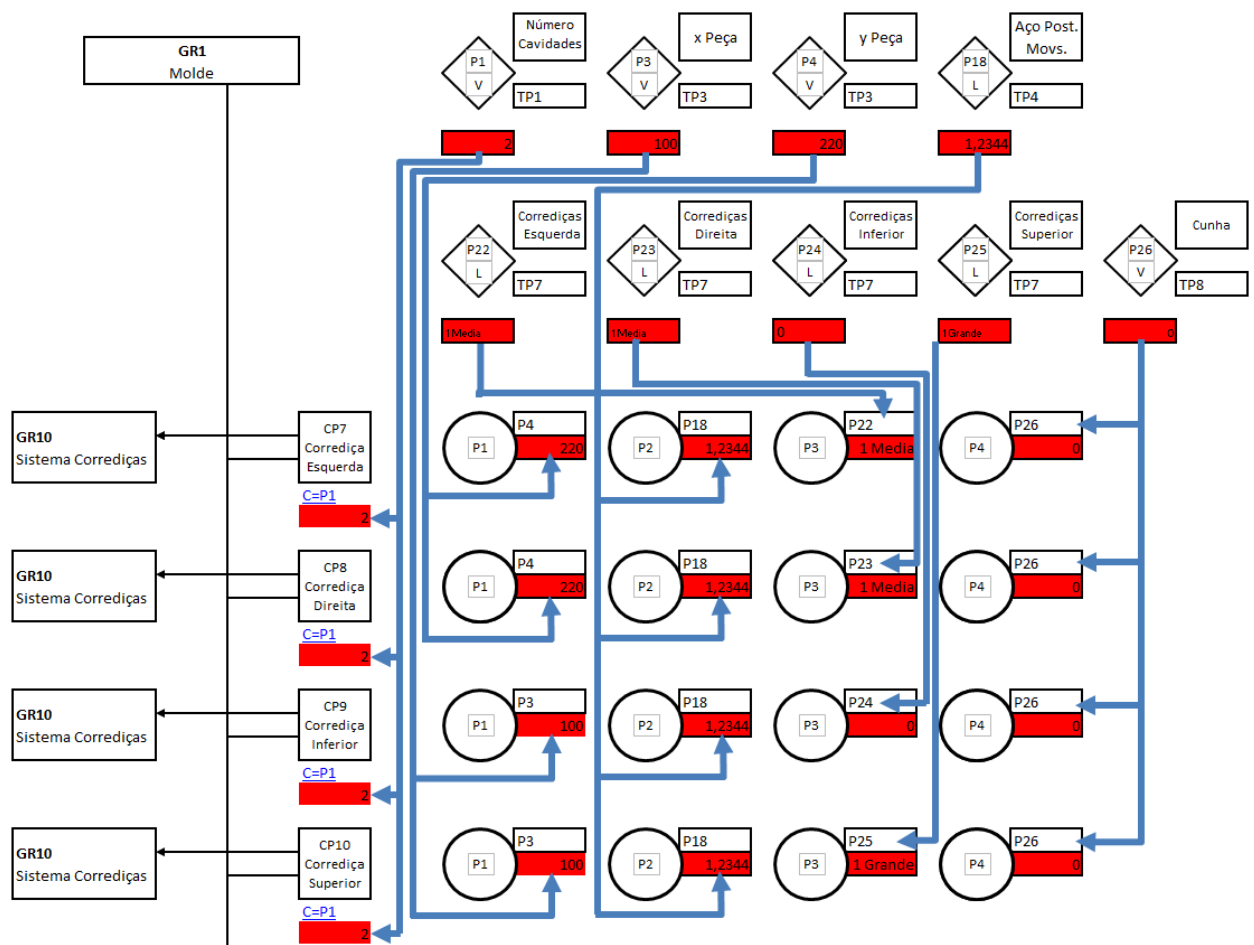


Figura 104 - Caso Prático GR10@GR1

Através da característica C1 do parâmetro P3 determina-se uma quantidade 0 para correções pequenas, a característica C2 do parâmetro P3 determina uma quantidade 1 para correções médias, e a característica C3 do parâmetro P3 determina uma quantidade 0 para correções grandes. A dimensão da correção média em Y é de 143 mm. Este valor foi determinado através da fórmula $0,65 \times P1$, sendo P1 o valor da dimensão da peça em Y, 220 mm.

A figura 106 ilustra a “GR10 - Sistema de Correções” para a face superior da peça. Segundo os dados introduzidos na GR1, este lado da peça necessita de uma correção grande.

Através da característica C1 do parâmetro P3 determina-se uma quantidade 0 para correções pequenas, a característica C2 do parâmetro P3 determina uma quantidade 0 para correções médias, e a característica C3 do parâmetro P3 determina uma quantidade 1 para correções grandes. A dimensão da correção grande Y é de 200 mm. Este valor foi determinado através do valor da dimensão da peça em X.

Visto que a quantidade de correções para o lado inferior da peça é 0, a quantidade de sistemas para esta zona da peça é zero não sendo apresentado, assim, nenhum diagrama.

A figura 107 representa a GR10 para o lado esquerdo e direito da peça e a figura 108 representa a GR10 para o lado superior.

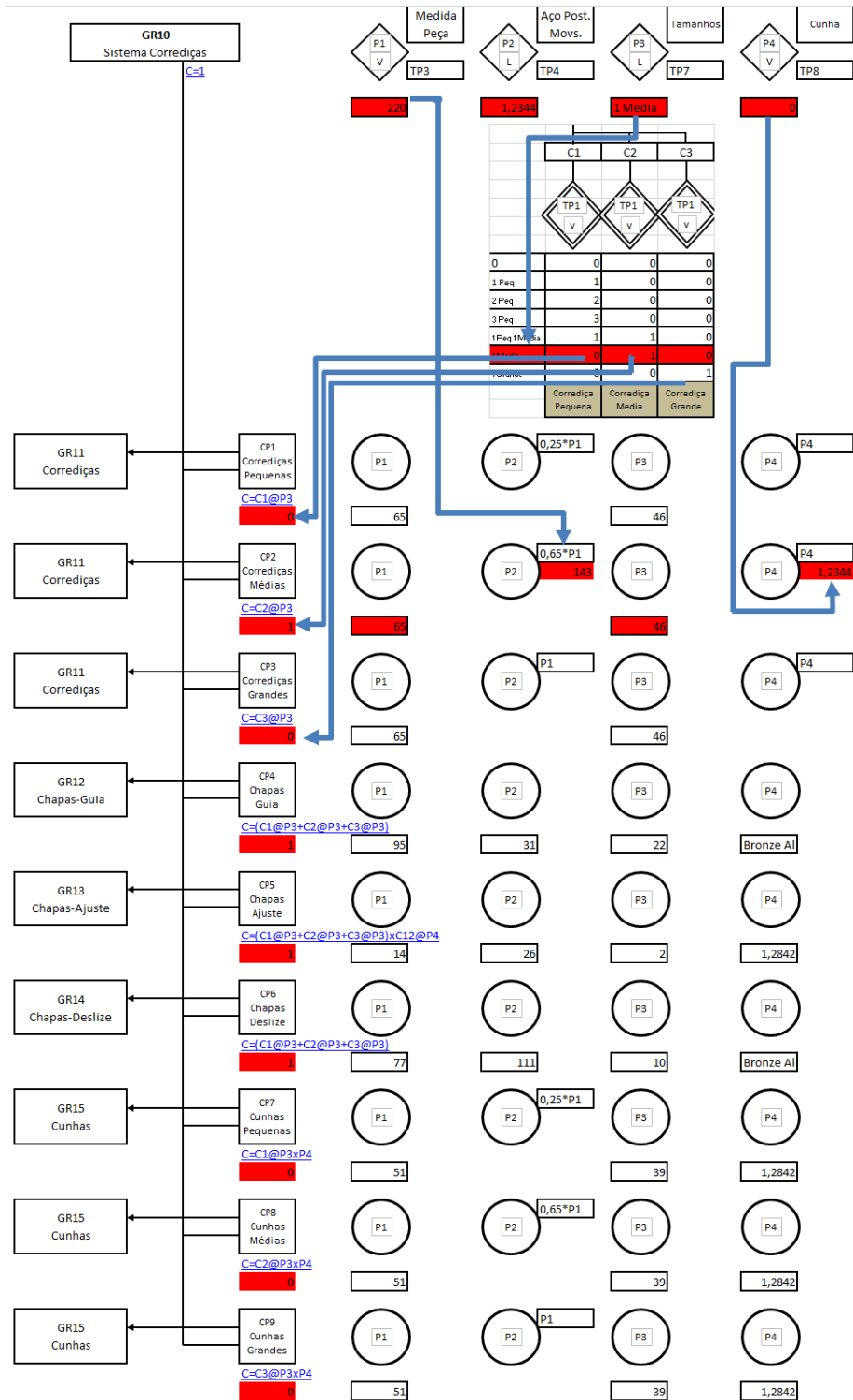


Figura 105 - Caso Prático GR10 (Correções Esquerda e Direita)

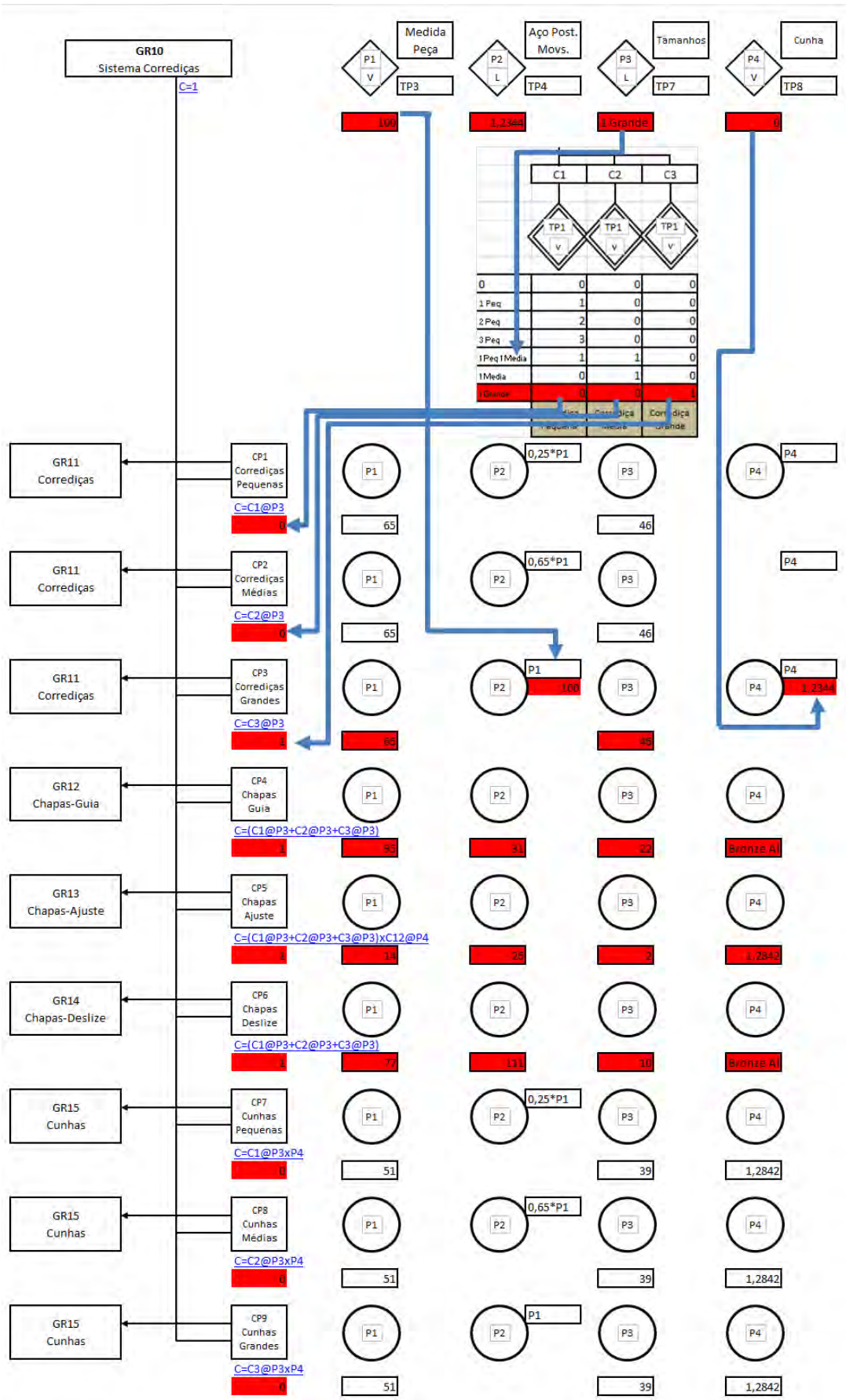


Figura 106 - Caso Prático GR10 (Correção Superior)

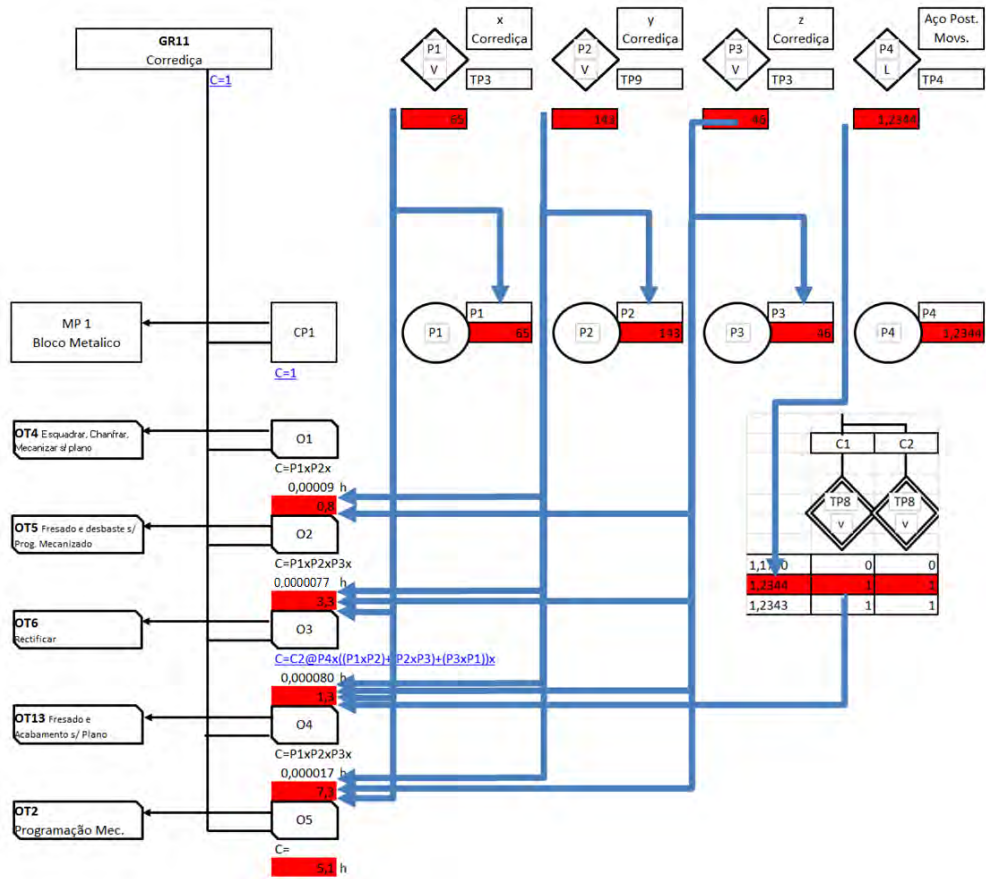


Figura 107 – Caso Prático GR11 (Esquerda e Direita)

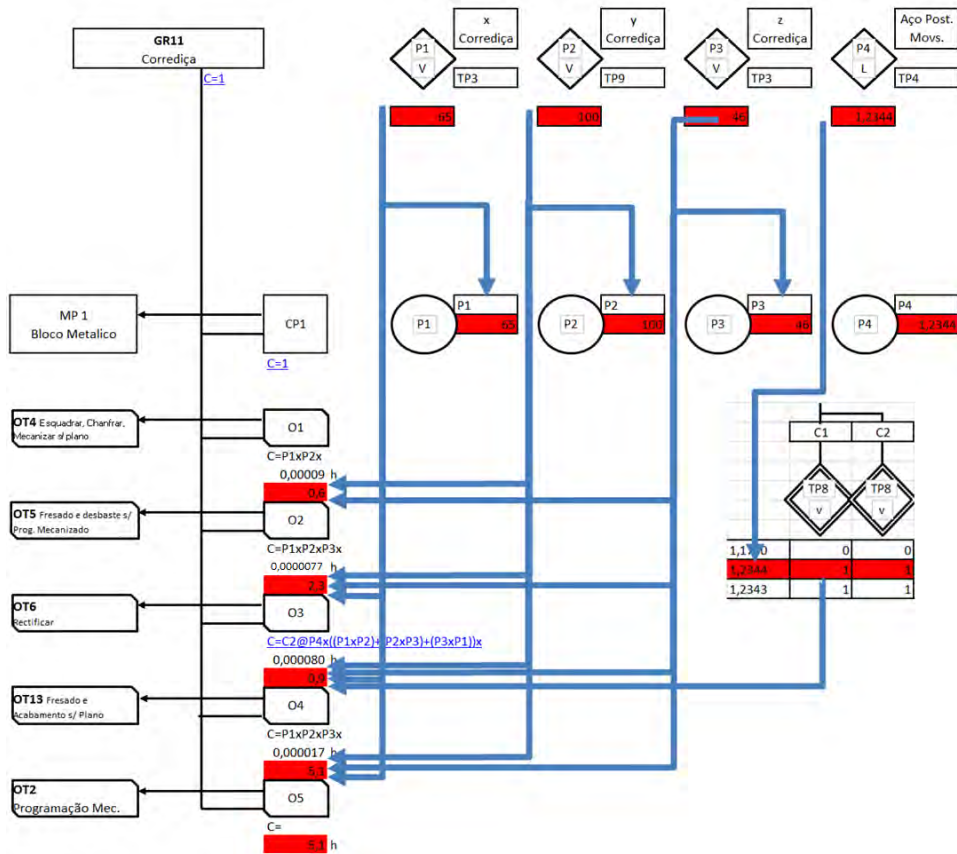


Figura 108 - Caso Prático GR11 (Superior)

- **GR17 - Eléktrodos**

A quantidade de eléctrodos introduzida na GR1 foi de 20 eléctrodos pequenos, 10 eléctrodos médios e 0 eléctrodos grandes. Estas quantidades são herdadas respetivamente pelos componentes CP11, CP12 e CP13 associados à “GR17 – Eléktrodos” (Figura 109).

O tempo de erosão de cada eléctrodo é determinado pela complexidade da peça. Assim, tal como indicado nas figuras 110 e 111, para uma peça com complexidade B determina-se a partir da característica C24 um tempo de erosão de 4,6 horas para cada eléctrodo.

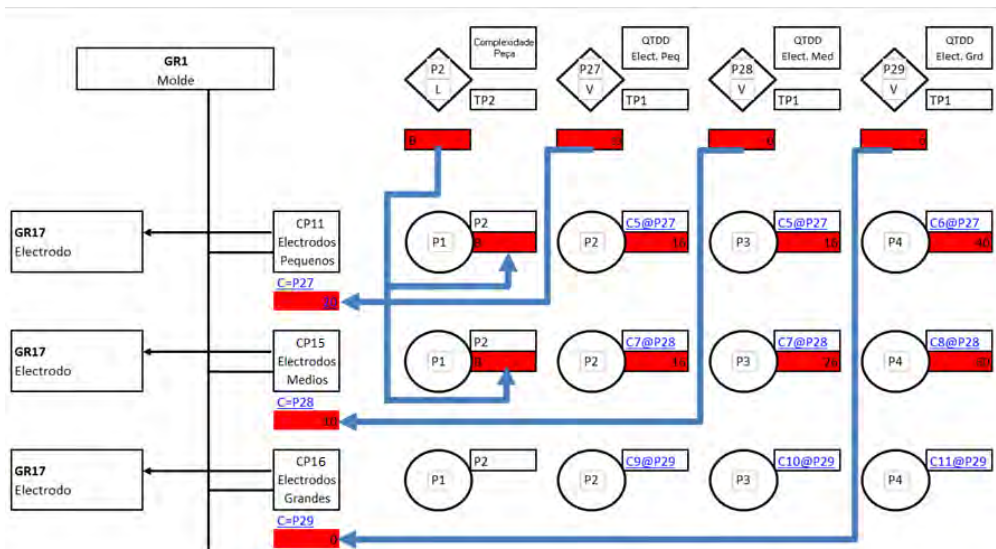


Figura 109 - Caso Prático GR17@GR1

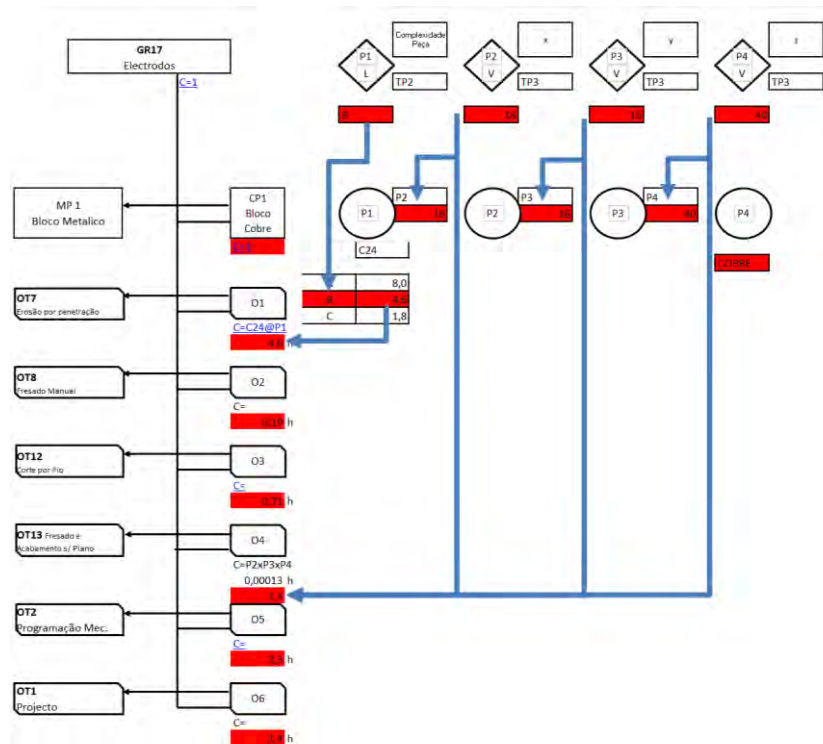


Figura 110 - Caso Prático GR17 (Eléktrodos Pequenos)

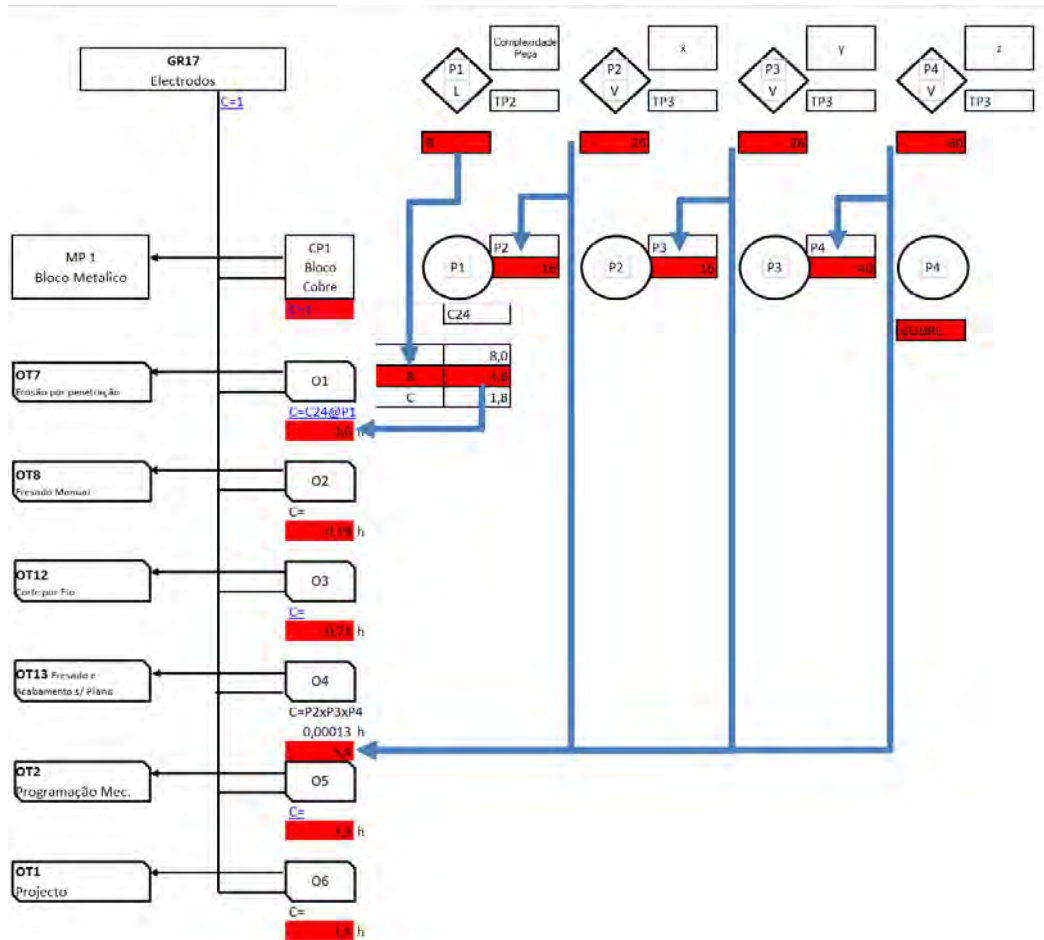


Figura 111 - Caso Prático GR17 (Eléctrodos Médios)

- GR18 - Postiços**

A quantidade de 25 postiços, introduzida na GR1, determina a quantidade de 25 componentes CP12 associados à “GR18 – Postiços” (figura 112). Visto que todos os restantes parâmetros relacionados com a dimensão e material se encontram pré-definidos, não há nenhuma outra relação entre a GR1 e a GR18.

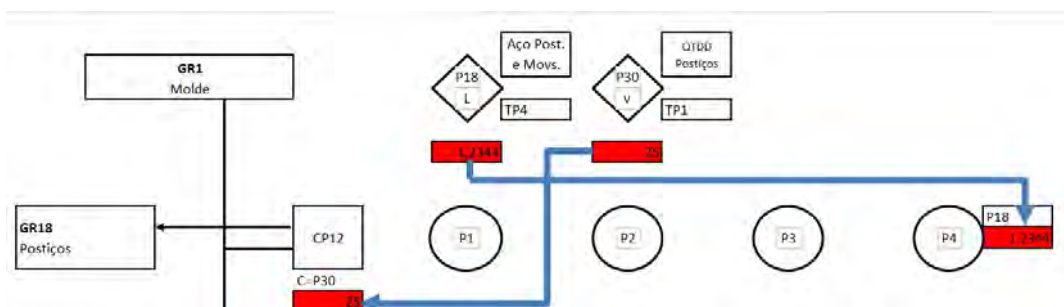


Figura 112 - Caso Prático GR18@GR1

Na figura 113 é possível observar a representação gráfica da referência genérica GR18 neste caso.

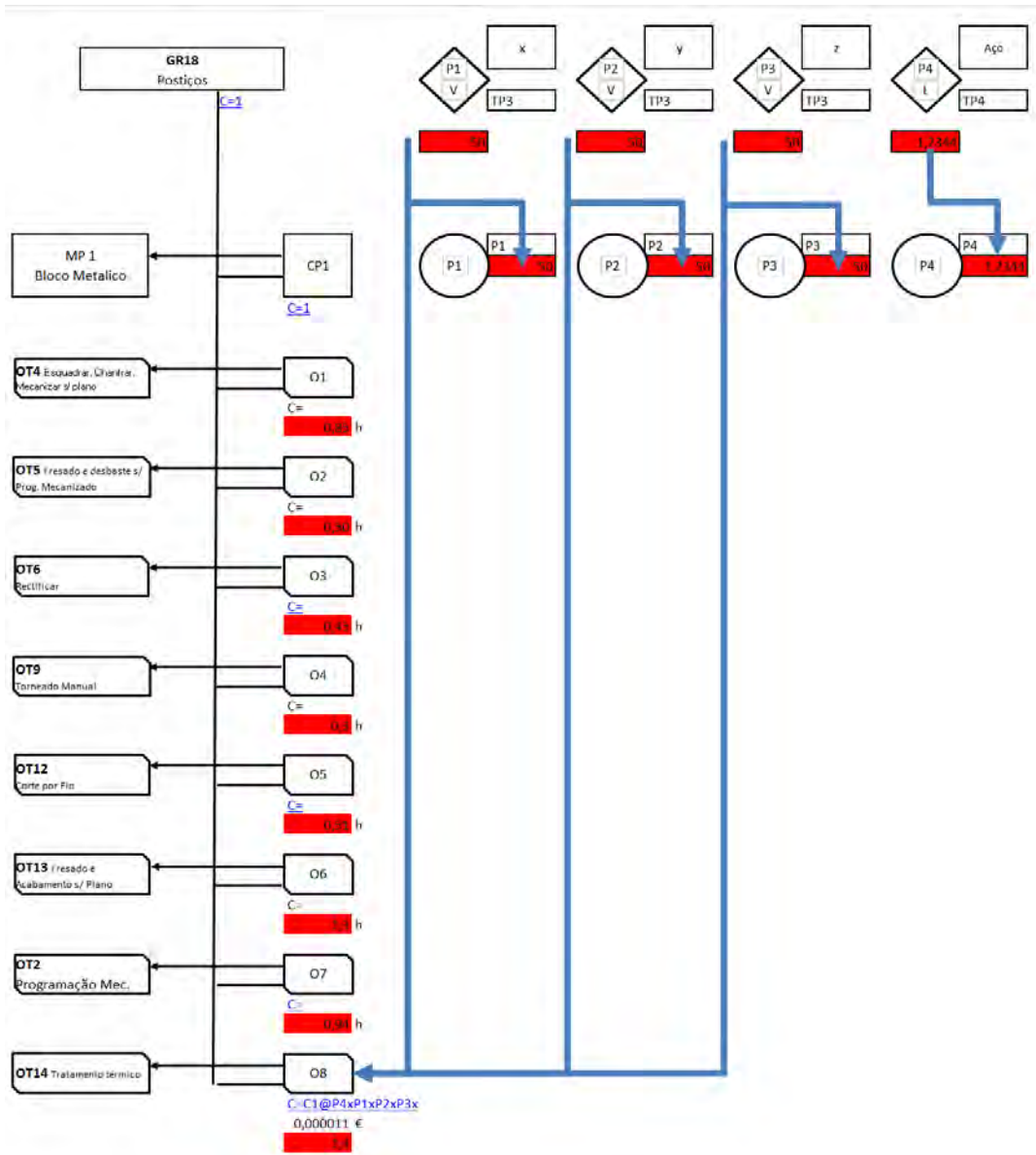


Figura 113 - Caso Prático GR18

- **GR20 - Balancés**

A quantidade de balancés necessária para desmoldar a peça é 2. Visto que se trata de um molde de 2 cavidades, a quantidade de sistemas de balancés a fabricar é 4 (figura 114).

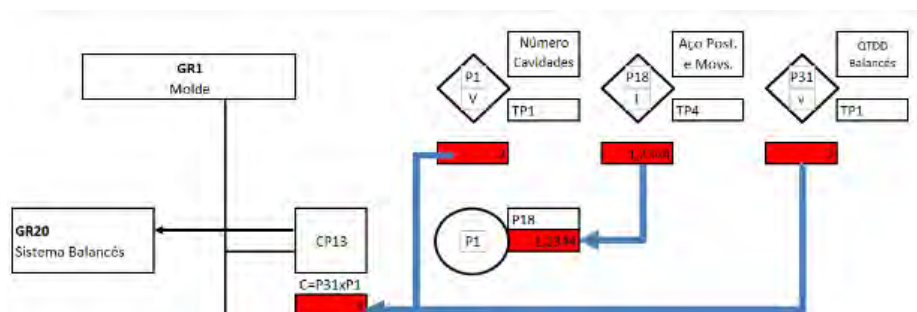


Figura 114 - Caso Prático GR20@GR1

Na figura 115 é possível observar a representação gráfica da referência genérica GR20 neste caso.

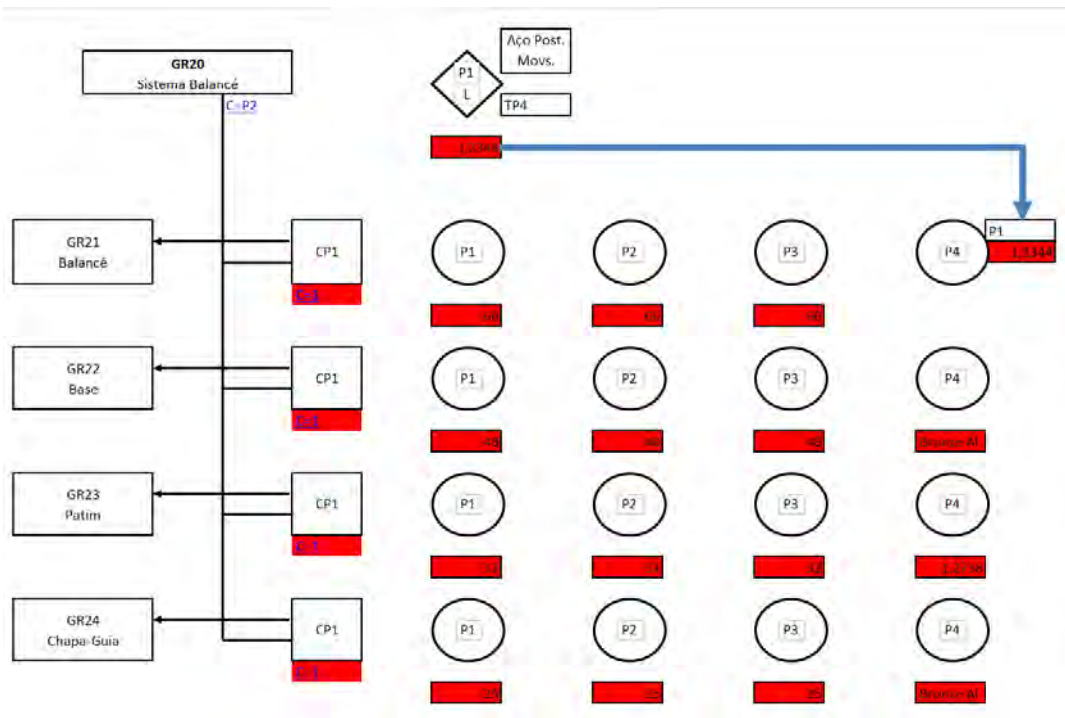


Figura 115 - Caso Prático GR20

- **Outros**

O grupo “Outros” inclui outras matérias-primas e operações associadas à GR1-Molde, tal como referido no capítulo 4.3. Estas matérias-primas e operações encontram-se na figura 116.

A referência genérica “GR27-Outros Componentes”, relativa a componentes normalizados e outros elementos secundários não contabilizáveis nesta fase, recebe o seu valor em euros da característica C25 do parâmetro “P2-Complexidade da peça”.

O tempo da atividade de projeto encontra-se na C1 de P2, e o tempo de montagem e ajuste encontra-se na C2. Os tempos das restantes operações encontram-se nas características C3, C4, C5, C6, C7, C8 e C9.

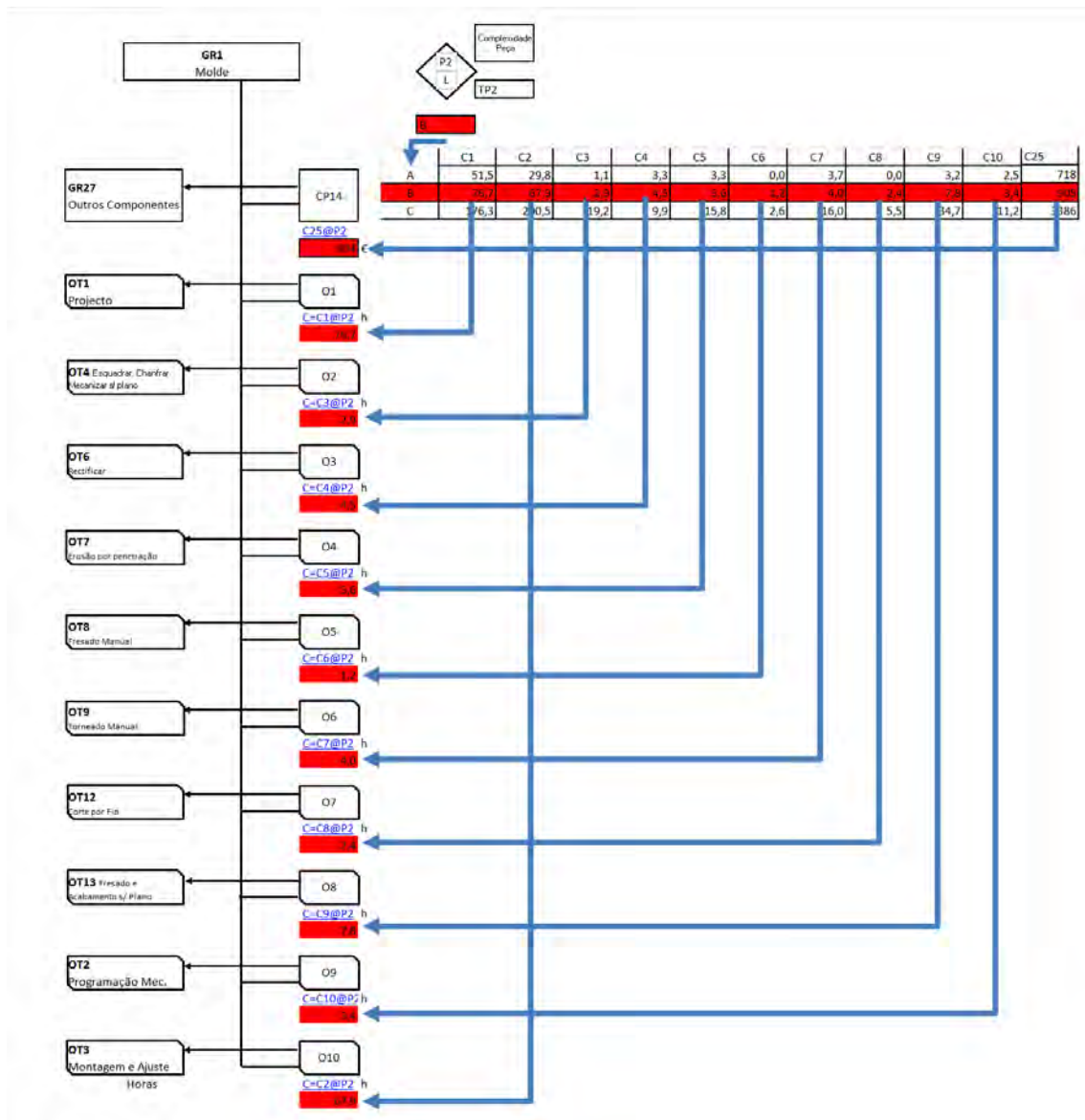


Figura 116 - Caso Prático – GR27 Outros componentes e operações

5.3. Resultados do caso prático

Nas últimas páginas descreveu-se o funcionamento do modelo GenPDM, aplicando-o ao caso particular de um produto real desenvolvido na empresa.

A partir dos parâmetros do molde, introduzidos na “GR1-Molde”, descreveu-se o processo que ocorre no modelo e que permite gerar listas específicas para o produto particular que se pretende orçamentar. A tabela 17 reúne a lista de materiais resultante, na qual se encontram detalhados os componentes, as suas quantidades e dimensões.

Na tabela 18 é possível analisar detalhadamente as horas totais resultantes discriminadas por tipo de operação e em função do componente. O valor total de horas de trabalho estimado é de cerca de 1750 h.

As operações “Tratamento Térmico”, “Polimento espelho” e “Polimento para Textura”, devido ao seu carácter externo são quantificadas em €. Ao atribuir um custo por hora a cada operação é possível estimar o custo de fabrico do molde em estudo. Somando a tudo isto os custos dos materiais da tabela 17, obtém-se o valor da orçamentação.

Tabela 17 - Lista de Materiais

	GR2. Placa Porta Cavidade	GR7. Placa Porta Macho	GR5. Calços	GR26. Placa Porta Extractores	GR25. Placa Tapa Extractores	GR19. Placa Base	
Material	1,1730	1,1730	1,1730	1,1730	1,1730	1,1730	
Quantidade	1	1	1	1	1	2	
Dim X	446	446	106	234	234	446	
Dim Y	746	746	746	744	744	746	
Dim Z	186	156	126	27	36	36	
	GR3. Cavidade B	GR8. Macho B	GR11 Corrediça Esq-Média	GR11 Corrediça Dir-Média	GR11 Corrediça Sup-Grande	GR12 Chapa Guia	
Material	1,2344	1,2344	1,2344	1,2344	1,2344	Bronze Al	
Quantidade	2	2	2	2	2	6	
Dim X	186	186	65	65	65	95	
Dim Y	266	266	143	143	100	31	
Dim Z	120	110	46	46	46	22	
	GR13 Chapa Ajuste	GR14 Chapa Deslize	GR15 Cunha	GR21 Balancé	MP2 Haste	GR22 Base	
Material	1,2842	Bronze Al		1,2344	Haste Standard	Bronze Al	
Quantidade	6	6		4	4	4	
Dim X	14	77		66		48	
Dim Y	26	111		66		48	
Dim Z	2	10		66		48	
	GR23 Patim	GR24 - Chapa Guia	GR18 Postiços	GR17 Electrodo Peq B	GR17 Electrodo Med B	Outras/Projeto Manuseio e Ajusto Correção B	Câmara Quente
Material	1,2738	Bronze Al	1,2344	Cobre	Cobre	Outros	2 Bicos
Quantidade	4	4	25	20	10	905 €	3 158 €
Dim X	32	25	50	16	26		
Dim Y	32	25	50	16	26		
Dim Z	32	25	50	40	60		

Tabela 18 - Lista de Operações e Compito Global de Horas de Trabalho

	GR2. Placa Porta Cavidade	GR7. Placa Porta Macho	GR5. Calços	GR26. Placa Porta Extractores	GR25. Placa Tapa Extractores	GR19. Placa Base
OT1 - Projecto						
OT2 - Programação Mecanizado	3,1	6,4		3,0		
OT3 - Montagem e Ajuste						
OT4 - Esquadrar, Chanfrar, Mecanizar s/ plano	43,2	61,7	12,8	28,1	23,4	38,4
OT5 - Fresado - Desbaste s/ programa de meca						
OT6 - Rectificar	7,0	6,9	3,5	5,9	5,8	9,9
OT7 - Erosao por penetração						
OT8 - Fresado Manual						
OT9 - Torneado Manual						
OT10 - Furações s/ plano	3,7	3,2	1,3		2,0	
OT11 - Roscar S/ Plano	1,1	2,0		1,2	0,5	
OT12 - Corte por Fio						
OT13 - Fresado, Acabamento s/ plano						
OT14 - Tratamento Térmico						
OT15 - Pulimento espelho						
OT15 - Pulimento para textura						

	GR3. Cavidade	GR8. Macho	GR11 Corredija Esq-Média	GR11 Corredija Dir-Média	GR11 Corredija Sup-Grande	GR12 Chapa Guia
OT1 - Projecto						
OT2 - Programação Mecanizado	13,0	15,6	10,3	10,3	10,3	
OT3 - Montagem e Ajuste						
OT4 - Esquadrar, Chanfrar, Mecanizar s/ plano	16,0	7,6	1,6	1,6	1,1	
OT5 - Fresado - Desbaste s/ programa de meca	61,5	43,7	6,6	6,6	4,6	
OT6 - Rectificar	8,7	9,4	3,0	3,0	2,2	18,8
OT7 - Erosao por penetração						
OT8 - Fresado Manual						
OT9 - Torneado Manual						
OT10 - Furações s/ plano	5,6	5,7				
OT11 - Roscar S/ Plano						
OT12 - Corte por Fio						
OT13 - Fresado, Acabamento s/ plano	68,7	94,6	14,5	14,5	10,2	22,7
OT14 - Tratamento Térmico	131,5	120,6	9,5	9,5	6,6	
OT15 - Pulimento espelho						
OT15 - Pulimento para textura	166,7					

	GR13 Chapa Ajuste	GR14 Chapa Deslize	GR15 Cunha	GR21 Balancé	MP2 Haste	GR22 Base
OT1 - Projecto						
OT2 - Programação Mecanizado				14,2		
OT3 - Montagem e Ajuste						
OT4 - Esquadrar, Chanfrar, Mecanizar s/ plano	10,1			17,5		
OT5 - Fresado - Desbaste s/ programa de meca		8,5				
OT6 - Rectificar	10,9			24,3		
OT7 - Erosao por penetração						
OT8 - Fresado Manual						
OT9 - Torneado Manual					2,0	
OT10 - Furações s/ plano						
OT11 - Roscar S/ Plano						
OT12 - Corte por Fio				30,2		28,6
OT13 - Fresado, Acabamento s/ plano		10,9		34,2	9,0	9,0
OT14 - Tratamento Térmico				12,7		
OT15 - Pulimento espelho						
OT15 - Pulimento para textura						

	GR23 Patim	GR24 - Chapa Guia	GR18 Postiços	GR17 Electrodoz Peq	GR17 Electrodoz Med	Outras/Projecto Montagem e Ajuste Correccão	TOTAL
OT1 - Projecto				28,1	14,1	76,7	118,9
OT2 - Programação Mecanizado			23,6	46,0	23,0	3,4	182,0
OT3 - Montagem e Ajuste						67,9	67,9
OT4 - Esquadrar, Chanfrar, Mecanizar s/ plano			21,2			2,9	287,3
OT5 - Fresado - Desbaste s/ programa de meca			12,5				144,0
OT6 - Rectificar			11,2			4,5	135,2
OT7 - Erosao por penetração			18,6	91,1	45,5	5,6	195,9
OT8 - Fresado Manual				3,8	1,9	1,2	6,9
OT9 - Torneado Manual			8,0			4,0	14,0
OT10 - Furações s/ plano							39,1
OT11 - Roscar S/ Plano		1,4					6,1
OT12 - Corte por Fio		11,2	12,7	14,3	7,1	2,4	106,7
OT13 - Fresado, Acabamento s/ plano	24,5	5,9	31,4	27,2	53,8	7,8	438,9
OT14 - Tratamento Térmico			34,6				325,0
OT15 - Pulimento espelho							0,0
OT15 - Pulimento para textura							166,7
Total Horas de Trabalho							1742,7

6. Conclusão

No presente capítulo serão feitas as considerações finais relativamente ao trabalho desenvolvido. Em primeiro lugar será discutida a implementação do modelo. Serão igualmente abordadas as dificuldades encontradas durante a sua realização, assim como propostas de trabalhos futuros.

6.1. Validação do Modelo e dos Objetivos Propostos

O objetivo deste trabalho consistiu em propor a implementação do modelo de gestão da diversidade GenPDM como solução de gestão da informação no sistema produtivo *Engineer-to-Order*.

O desenvolvimento do trabalho deu-se em três fases fundamentais. A primeira consistiu na recolha e tratamento de dados, que serviu de apoio à implementação do modelo e permitiu a análise de dados sobre listas de materiais e gamas de operações. Na segunda fase avançou-se para a implementação do modelo através da definição das referências genéricas, dos tipos de parâmetros e do mapeamento das diversas relações existentes entre os parâmetros, os componentes e as operações. Por último, na terceira fase exemplificou-se o funcionamento do modelo implementado através de um caso prático real.

Para sustentar o trabalho, este foi desenvolvido com base num caso de estudo, a indústria de fabrico de moldes de injeção de plásticos, com enfoque na atividade de orçamentação.

Independentemente da abordagem utilizada, do sistema produtivo em questão, ou do rigor com que a orçamentação é feita, um orçamento apenas fornece valores estimados, pelo que está sempre associado a um determinado risco. No contexto ETO, a atividade de orçamentação, executada antes de qualquer outra, torna-se uma tarefa bastante complexa devido à escassez de dados. Para se minimizar este problema, pode-se abordar a orçamentação de duas formas: com base em aproximações baseadas em valores médios de tempos de processos e custos de matérias-primas e materiais, ou com base nos dados de produtos semelhantes produzidos anteriormente.

No presente caso de estudo, o modelo GenPDM oferece à empresa a possibilidade de sistematizar e automatizar o processo de orçamentação, assentando-o num algoritmo objetivo ao qual está associada informação sobre listas de materiais, custos e tempos médios de operações proveniente de produtos já fabricados. Desta forma é possível reduzir os riscos associados à subjetividade inerente aos métodos tradicionais de orçamentação que estão muito dependentes da experiência do orçamentista e da coerência das suas decisões. Por outro lado, o recurso à orçamentação com o apoio da referenciação genérica permite reduzir o tempo consumido por esta tarefa complexa, repetitiva e não produtiva.

A existência de diferentes referências genéricas independentes, associadas aos diferentes componentes do produto final, reflete-se também numa grande vantagem na orçamentação no contexto do presente caso em estudo. Devido ao desgaste dos componentes do molde, ao longo do seu tempo de vida surge a necessidade de fabricar novamente ou modificar determinados componentes do molde. Assim, caso o cliente deseje fabricar, por exemplo, uma placa cavidade nova, é possível orçamentar o fabrico deste componente através da caracterização da referência genérica correspondente.

Além da fase de orçamentação, na introdução deste trabalho propunha-se uma segunda interação com o modelo. Esta ocorreria após a fase de projeto e consistiria na criação de gamas de operações individuais para cada elemento presente na lista de materiais. Optou-se por não aprofundar o estudo deste tipo de interação justificando-se que a fase de orçamentação envolve uma maior incerteza, logo, implica uma descrição mais completa das inter-relações existentes entre os requisitos do cliente e as listas de materiais e operações. No entanto é importante sublinhar as vantagens desta segunda interação.

Após a elaboração do projeto do molde está-se na posse dos dados definitivos relativos às características de cada componente. O recurso a estes dados permite fazer a caracterização das diferentes referências genéricas e daí obter listas de operações mais próximas da realidade. Desta forma a tarefa de controlo da produção seria beneficiada já que com a combinação dos dados de todos os trabalhos em curso poder-se-ia gerir as cargas de trabalho das máquinas e dos operários,

Não é possível, contudo, ignorar o esforço organizacional que a implementação de um modelo de referenciação genérica exige a uma empresa no contexto complexo

como o do presente caso de estudo. Esta necessitaria gastar recursos financeiros na alocação de colaboradores ou na contratação de consultores que fizessem todo o trabalho de recolha e tratamento de dados, assim como a implementação organizada e otimizada do modelo.

As empresas que não recorram ao apoio de sistemas ERP poderão ver também a implementação do modelo GenPDM impossibilitada. A capacidade dos ERP em registar dados relativos a processos e listas de materiais permite o acesso facilitado a dados estatísticos, dados estes necessários para a implementação de um modelo de referência genérica. Por outro lado, o facto de os dados relacionados com tempos de fabrico e características dos diversos componentes assentarem em valores provenientes da informação de produtos fabricados, exclui logo à partida todo o conjunto de empresas que se estejam a implementar e ainda não tenham produtos fabricados no seu portfólio. Desta forma, a implementação do modelo GenPDM apenas é viável em empresas que, por um lado, tenham um portfólio de produtos fabricados significativo e tenham, por outro lado, uma base de dados onde se encontre arquivada a informação relativa a produtos fabricados anteriormente.

Uma das principais características do modelo GenPDM, quando implementado em sistemas MTO, deve-se à sua capacidade em gerar, a partir dos requisitos do cliente, a informação sobre lista de materiais, lista de operações, e mapeamento do fluxo dos produtos intermédios entre operações. A introdução automática desta informação no sistema de gestão de produção da empresa permite agilizar todo o processo produtivo.

No contexto ETO, e particularmente na empresa em questão, não é possível tirar partido desta capacidade devido à preponderância que a atividade de projeto, baseada em constantes tomadas de decisão, tem nas características do produto final. As decisões tomadas pelos projetistas baseiam-se em diversos critérios tais como: requisitos de engenharia, redução de custos, melhoria do processo produtivo e experiência do projetista. Devido à falta de capacidade de tomada de decisão dos sistemas informáticos atuais ainda não é possível substituir o papel do ser humano neste processo.

Apesar da importância da fase de projeto no sistema ETO, admite-se a possibilidade de o modelo GenPDM adiantar algumas tarefas, normalmente associadas fase de projeto, em produtos mais simples que os do presente caso de estudo. Nestes casos

seria plausível, por exemplo, gerar automaticamente uma ordem de compra de matérias-primas antes mesmo de ser iniciada a fase de projeto.

Por todos estes fatores, a implementação do modelo GenPDM em contexto ETO estaria dependente de uma análise caso-a-caso. Caberia a cada organização equacionar todos os prós e contras e decidir se a implementação deste modelo a beneficiaria.

6.2. Principais dificuldades

Para a realização deste trabalho foi necessário ultrapassar diversos obstáculos. Em primeiro lugar, a realização de um trabalho desta natureza na qual se propõe trabalhar com todas as diferentes características de um produto complexo, desagregando-o, implica um conhecimento detalhado do produto e do processo de produção.

Em produtos com a complexidade como o que foi abordado neste caso de estudo, o conhecimento sobre o produto é um processo progressivo e lento. Exige o contacto e a investigação permanente sobre a natureza do produto, as suas múltiplas características e sobre o seu processo de fabrico.

Por outro lado, neste trabalho procedeu-se ao processo de recolha de dados relativos aos moldes fabricados durante o ano de 2012, o que se reflete num total de 80 moldes. Considerando a quantidade de referências, e considerando que cada molde tem uma grande quantidade de elementos aos quais estão associadas diversas operações, o processo de recolha e catalogação de dados revelou-se complexo e demorado.

Durante a fase de tratamento de dados são tomadas as principais decisões relativamente à implementação do modelo. As decisões tomadas nem sempre são simples ou pacíficas. Uma das decisões que foi necessário tomar prendia-se com a caracterização das placas cavidade e das placas macho.

As dimensões das placas cavidade e macho dependem, principalmente, da dimensão da peça a injetar. Com este princípio em mente, procurou-se definir uma relação entre estes dois parâmetros. No entanto não foi possível determinar uma relação perceptível entre ambas que pudesse ser transposta para o modelo. Apesar de a dimensão da peça ser o principal facto a influenciar a dimensão da placa cavidade, não é o único. É necessário ter em conta outros fatores como a existência de movimentos, os números de cavidades

do molde, o tipo de injeção, a complexidade da peça, etc. Ponderando a multiplicidade de fatores a ter em conta, optou-se então por deixar ao utilizador a responsabilidade de decidir a dimensão destas placas, tal como se faz no processo de orçamentação atual.

Por último, refira-se a tarefa de implementação gráfica do modelo e a definição de todos os fluxos de informação. Este processo torna-se complexo devido a vários fatores tais como a complexidade do produto, a multiplicidade de parâmetros e referências e a necessidade de frequentes tomadas de decisão.

6.3. Trabalhos futuros

O sistema ETO é adotado em diversos sectores industriais por empresas com diferentes dimensões e com produtos de diversas naturezas. Dado que este trabalho se baseia num único caso de estudo, a validade da implementação do modelo GenPDM no sistema ETO deve ser corroborada através da aplicação a outros casos de estudo.

Como referido anteriormente, este caso de estudo consistiu na implementação de um modelo orientado para a fase de orçamentação. Propõe-se que, como trabalho futuro, se implemente o modelo na fase de planeamento da produção, como método de elaboração de gamas de operações. O objetivo seria gerar automaticamente os tempos de cada operação presente na gama a partir do tratamento estatístico dos dados de produtos fabricados anteriormente. Desta forma seria possível fazer um planeamento da produção mais rigoroso, com acesso a dados concretos e bastante aproximados.

6.4. Propostas de melhoria

De forma a adaptar-se melhor à realidade ETO, propõe-se a melhoria contínua do modelo através da introdução de algumas alterações.

A primeira proposta consiste em compatibilizar o GenPDM com o trabalho com intervalos contínuos de valores. Atualmente, a atribuição de uma característica a um tipo de parâmetro apenas é possível através da relação direta de cada valor da característica com cada valor discreto do tipo de parâmetro. Caso haja a necessidade de associar características a intervalos de valores contínuos do tipo de parâmetro, é necessário convertê-los em primeiro lugar em inúmeros valores discretos.

Outra proposta é a de dotar o modelo GenPDM da capacidade de modificar a dimensão da plataforma do produto durante a introdução dos parâmetros do produto. Uma situação na qual esta necessidade se tornou mais clara foi relativamente à caracterização das correções. O modelo seria otimizado a este sistema produtivo se fosse possível introduzir inicialmente a quantidade de correções necessárias e, após isto, introduzir os parâmetros individuais de cada correção independentemente.

Durante a implementação do modelo surgiu também a necessidade de recorrer a funções que permitissem a tomada de decisão por parte do modelo em determinadas situações. Por exemplo, o recurso a uma função “if” permitiria ao modelo decidir-se por uma referência genérica em detrimento de outra de uma forma direta. Desta forma não seria necessário recorrer a artifícios tais como a criação de novas “Características” que acabam por complicar a implementação do modelo

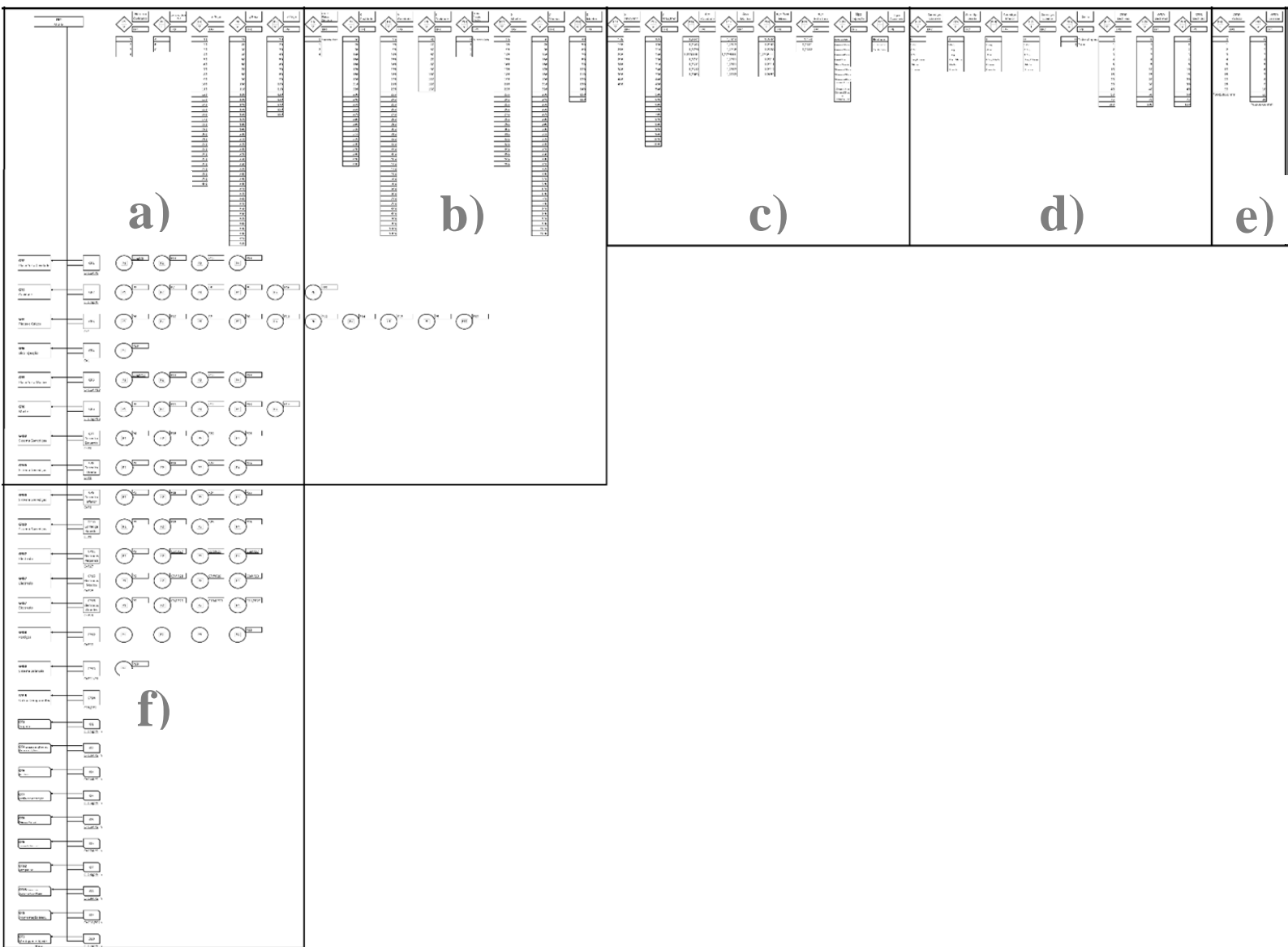
7. Bibliografia

- Bertrand, J. W. M., & Muntslag, D. R. (1993). PRODUCTION CONTROL IN ENGINEER-TO-ORDER FIRMS. *International Journal of Production Economics*, 30-1, 3-22. doi: 10.1016/0925-5273(93)90077-x
- Dean, P. R., Tu, Y. L., & Xue, D. (2008). A framework for generating product production information for mass customization. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 38(11-12), 1244-1259. doi: 10.1007/s00170-007-1171-0
- Earl, C., Song, D. P., & Hicks, C. (2003). Planning complex engineer-to-order products. *Recent Advances in Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering*, 463-472.
- Elgh, F. (2012). Decision support in the quotation process of engineered-to-order products. *Advanced Engineering Informatics*, 26(1), 66-79. doi: 10.1016/j.aei.2011.07.001
- Fogliatto, F. S., da Silveira, G. J. C., & Borenstein, D. (2012). The mass customization decade: An updated review of the literature. *International Journal of Production Economics*, 138(1), 14-25. doi: 10.1016/j.ijpe.2012.03.002
- Gomes, J. P., Lima, R. M., Martins, P. J., & Ieee. (2009, Dec 08-11). *Analysis of Generic Product Information Representation Models*. Paper presented at the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM 2009), Hong Kong, PEOPLES R CHINA.
- Gosling, J., & Naim, M. M. (2009). Engineer-to-order supply chain management: A literature review and research agenda. *International Journal of Production Economics*, 122(2), 741-754. doi: 10.1016/j.ijpe.2009.07.002
- Haug, A. (2013). Improving the design phase through interorganisational product knowledge models. *International Journal of Production Research*, 51(2), 626-639. doi: 10.1080/00207543.2012.663108
- Jiao, J., & Helander, M. G. (2006). Development of an electronic configure-to-order platform for customized product development. *Computers in Industry*, 57(3), 231-244. doi: 10.1016/j.compind.2005.12.001
- Jiao, J. X., Tseng, M. M., Ma, Q. H., & Zou, Y. (2000). Generic bill-of-materials-and-operations for high-variety production management. *Concurrent Engineering-Research and Applications*, 8(4), 297-321. doi: 10.1177/106329300772625494
- Klos, S., & Krebs, I. (2008). Methodology of ERP system implementation a case study of project-driven enterprise. *20th International Conference, Euro Mini Conference Continuous Optimization and Knowledge-Based Technologies, Europt'2008*, 405-409.
- Kristianto, Y., Helo, P., & Jiao, R. J. (OCT 2013). Mass customization design of engineer-to-order products using Benders' decomposition and bi-level stochastic programming.
- Little, D., Rollins, R., Peck, M., & Porter, J. K. (2000). Integrated planning and scheduling in the engineer-to-order sector. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 13(6), 545-554. doi: 10.1080/09511920050195977
- Siddique, Z., & Ninan, J. A. (2007). A grammatical approach for real-time design of engineer-to-order products. *Journal of Engineering Design*, 18(2), 157-174. doi: 10.1080/09544820600733427

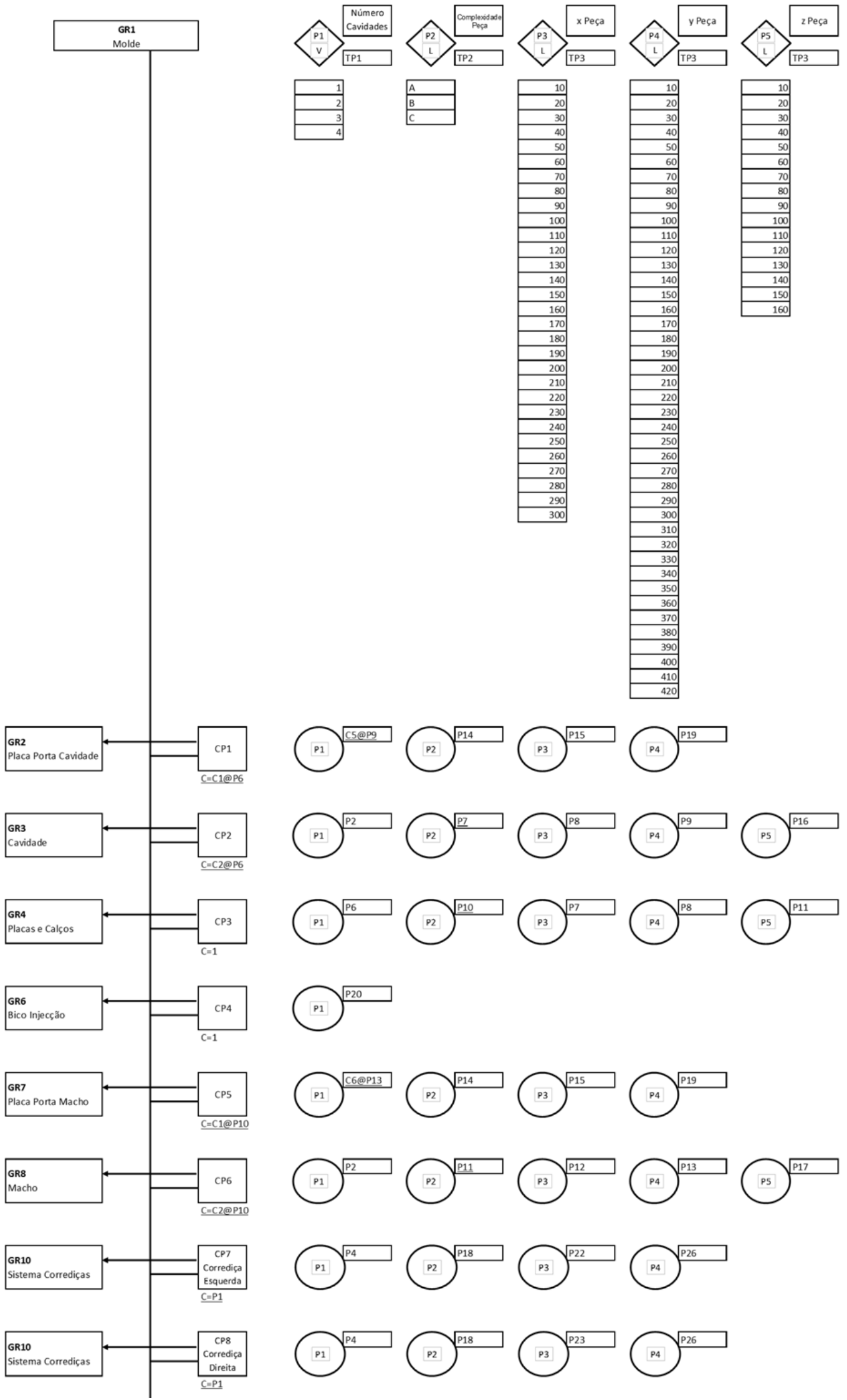
- Silva, C., Roque, L., & Almeida, A. (2006). MAPP - A web-based decision support system for the mould industry. *Decision Support Systems*, 42(2), 999-1014. doi: 10.1016/j.dss.2005.08.001
- Wortmann, H. (1995). COMPARISON OF INFORMATION-SYSTEMS FOR ENGINEER-TO-ORDER AND MAKE-TO-STOCK SITUATIONS. *Computers in Industry*, 26(3), 261-271. doi: 10.1016/0166-3615(95)00047-8
- Yin, Z. W., & Xiong, Y. Q. (2011). Geometric algorithms for direct integration of reverse engineering and rapidly reconfigurable mold manufacturing. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 56(5-8), 721-727. doi: 10.1007/s00170-011-3203-z
- Zorzini, M., Corti, D., & Pozzetti, A. (2008). W Due date (DD) quotation and capacity planning in make-to-order companies: Results from an empirical analysis. *International Journal of Production Economics*, 112(2), 919-933. doi: 10.1016/j.ijpe.2007.08.005

ANEXO

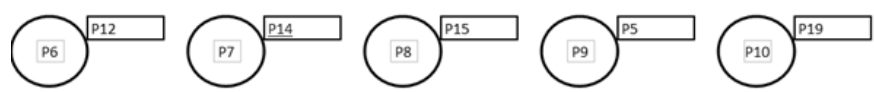
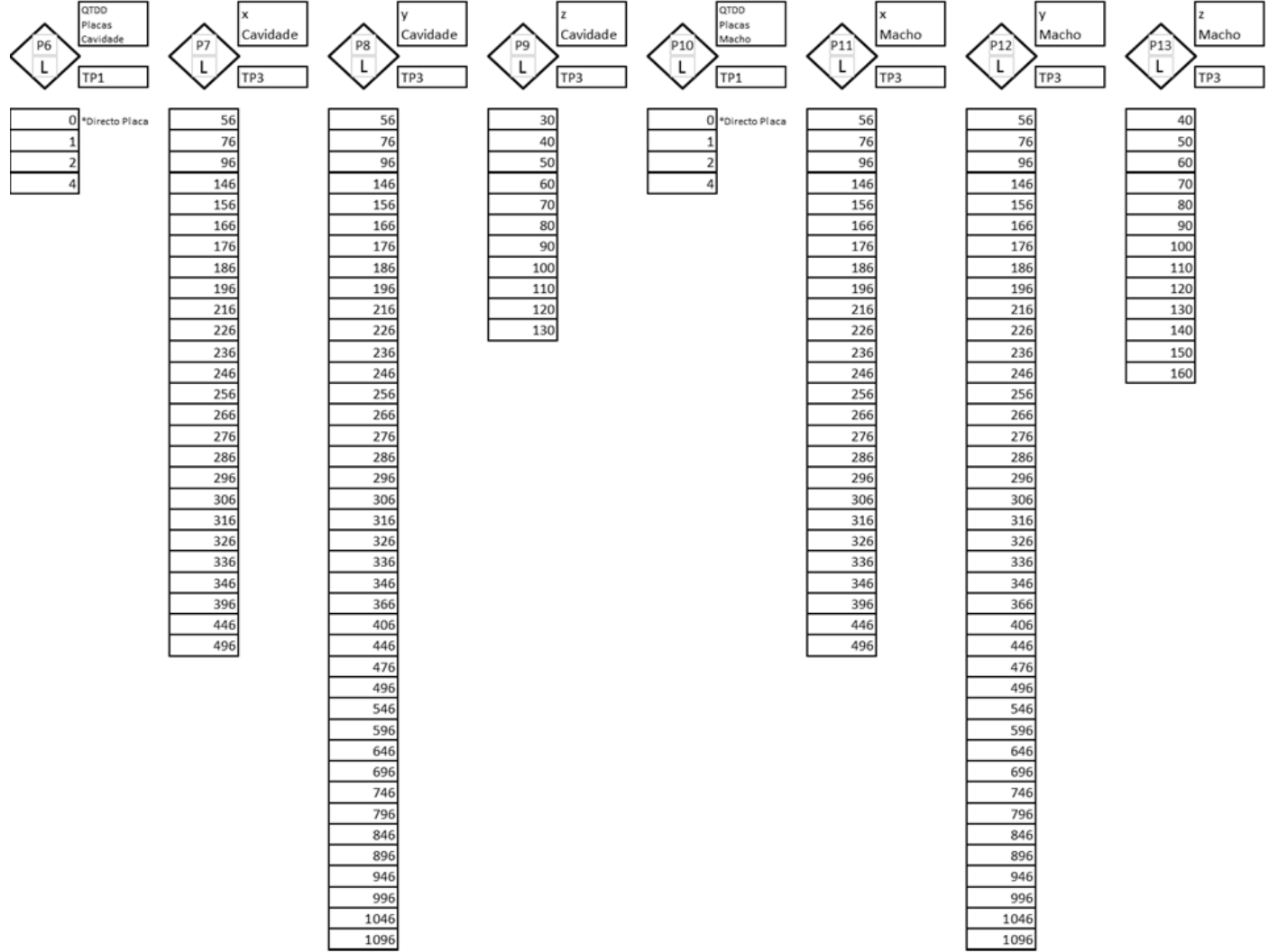
Representação gráfica da Referência Genérica GR1



a)



b)



c)

P14 L	x PPM/PPC TP3	P15 L	y PPM/PPC TP3	P16 L	Aço Cavidade TP4	P17 L	Aço Macho TP4	P18 L	Aço Post. Movs. TP4	P19 L	Aço Extrutura TP4	P20 L	Tipo Injecção TP5	P21 L	Tipo Acabamento TP6
176		176		1,2344		1,2344		1,2344		1,173		Bico Quente		Nenhum	
196		196		1,2343		1,2343		1,2343		1,2311		Câmara1Bico		Pul. Espelho	
216		216		1,2738		1,2738		1,2738		1,2312		Câmara2Bico		Pul. Textura	
246		246		1,2738HH		1,2738HH		1,2738HH				Câmara4Bico			
296		296		1,2711		1,2711		1,2711				Canal frio			
316		316		1,2311		1,2311		1,2311				2Bico Quente			
346		346		1,2312		1,2312		1,2312				2Câmara1Bico			
396		396		1,2083		1,2083		1,2083				2Câmara2Bico			
446		446										2Câmara4Bico			
496		496										Câmara1Bico			
		546										Câmara2Bico			
		596										Câmara2Bico			
		646										+ Câmara4Bico			
		696													
		746													
		796													
		846													
		896													
		946													
		996													
		1046													
		1096													

d)

P22 L	Correções Esquerda TP7	P23 L	Correções Direita TP7	P24 L	Correções Inferior TP7	P25 L	Correções Superior TP7	P26 L	Cunha TP8	P27 L	QTDD Elect. Peq TP1	P28 L	QTDD Elect. Med TP1	P29 L	QTDD Elect. Grd TP1
0		0		0		0		0	*não-chapas	0		0		0	
1 Peq		1 Peq		1 Peq		1 Peq		1		1		1		1	
2 Peq		2 Peq		2 Peq		2 Peq		2	*sim	2		2		2	
3 Peq		3 Peq		3 Peq		3 Peq		3		3		3		3	
1Peq 1Media		1Peq 1Media		1Peq 1Media		1Peq 1Media		4		4		4		4	
1Media		1Media		1Media		1Media		5		5		5		5	
1Grande		1Grande		1Grande		1Grande		10		10		10		10	
								15		15		15		15	
								20		20		20		20	
								30		30		30		30	
								40		40		40		40	
								50		50		50		50	
								75		75		75		75	
								100		100		100		100	

e)

P30 L	QTDD Postiços TP1	P31 L	QTDD Balancés TP1
0		0	
1		1	
2		2	
3		3	
4		4	
5		5	
10		6	
15		7	
20		8	
25		9	
30		10	
		15	
		20	

*50x50x50 mm

*66x66x66 mm

f)

