

# **Planeamento e Melhoria da Produção na Indústria de Moldes**

Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial

Nélia Catarina Franco Melo

Leiria, março de 2019

# **Planeamento e Melhoria da Produção na Indústria de Moldes**

Mestrado em Engenharia Mecânica - Produção Industrial

Nélia Catarina Franco Melo

Trabalho de Projeto realizado sob a orientação da Doutora Irene Filipa Carvalho Ferreira e da Doutora Milena Maria Nogueira Vieira

Leiria, março de 2019

# **Originalidade e Direitos de Autor**

O presente relatório de projeto é original, elaborado unicamente para este fim, tendo sido devidamente citados todos os autores cujos estudos e publicações contribuíram para o elaborar.

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição de que seja mencionada a Autora e feita referência ao ciclo de estudos no âmbito do qual a mesma foi realizado, a saber, Curso de Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial, no ano letivo 2018/2019, da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria, Portugal, e, bem assim, à data das provas públicas que visaram a avaliação destes trabalhos.

# **Dedicatória**

A todos os que contribuíram de forma direta e indireta para a realização deste projeto.

# **Agradecimentos**

À Erosomolde, Lda, aos seus gerentes, por me facultarem a oportunidade de realizar este estudo e aplicar os meus conhecimentos, por todo o à vontade que me foi cedido dentro da empresa e por todo o conhecimento que me foi transmitido.

A todos os colaboradores da Erosomolde, Lda, pela sua paciência, colaboração e por tudo o que me ensinaram.

Às minhas orientadoras, Doutora Irene Ferreira e Doutora Milena Vieira, por me terem orientado neste projeto, oferecendo-me uma ajuda essencial, conselhos sensatos e disponibilidade total.

Aos meus pais, por me terem apoiado em todo este percurso.

Ao Alexandre, por todo o apoio e acompanhamento prestado que foi crucial na elaboração deste projeto.

A toda gerência e colegas da HRV – Equipamentos de Processo, por toda a compreensão e apoio neste projeto.

A todos, muito obrigada.

# Resumo

O principal objetivo deste projeto consistiu na análise do planeamento e do processo produtivo da empresa Erosomolde, Lda, tendo como finalidade identificar e propor melhorias, tanto ao nível do planeamento, como ao nível do *layout*, organização e arrumação das secções e redução de tempos de *setup*.

Neste âmbito foi estudado o modo de funcionamento do planeamento da produção, abarcando todas as etapas do processo de fabrico de um molde, ou seja, desde a adjudicação até à expedição do mesmo, envolvendo a análise de tempos e de sequências das operações relativas ao fabrico de cinco moldes.

Paralelamente, foram estudados os percursos efetuados pelas peças e operadores, com o intuito de melhorar o *layout* atual, assim como identificada a secção menos organizada, e recolhidos os tempos de mudanças de peças e ferramentas na secção de maquinaria CNC, visando reduzir os tempos de *setup*. Para tal, foi utilizada como suporte a metodologia *LEAN MANUFACTURING* e aplicadas as técnicas de 5S e SMED, entre outras.

De um modo geral, com este projeto conseguiu-se obter resultados satisfatórios, tanto a nível de planeamento, como a nível de implementação de melhorias na produção, resultantes da aplicação das técnicas de 5S e SMED, tendo sido possível alcançar níveis elevados de organização e limpeza (Classificação inicial de 34 % versus classificação final de 86,3%), assim como reduzir de forma significativa os tempos de mudanças de *setup* nos equipamentos (com reduções estimadas de 4,6% a 17,9%).

**Palavras-chave:** Planeamento da Produção, *Layout*, 5S, SMED, Indústria de Moldes.

# Abstract

The main purpose of this project consisted on the analysis of the planning and the productive process of the company Erosomolde, Lda, Lda. by identifying and propose improvement changes according to the planning, *layout*, sections' organization and arrangement and reduction of *setup* times.

In this context, the functioning of the production's planning was studied, embracing every stage in the process of the mould manufacturing, that is, since its adjudication until its dispatch, covering the analysis of time records and operation sequences concerning the manufacturing of five injection moulds.

At the same time, the routes made by the operators and the workpieces were studied with the goal of improving the current *layout*, as was identifying the least organized section, and record the times of workpiece and tool change in CNC's section, aiming to reduce *setup* times. For that, the methodology LEAN MANUFACTURING was used as a suport to apply the methods 5S, SMED and others.

Altogether, it was possible to obtain satisfactory results with this project in terms of planning and production's improvements implementation, due to the application of the tecnicos 5S and SMED, making it possible to achieve high levels of organization and cleanliness (initial rating of 34% versus final rating of 86,3%), as well as reducing significantly *setup* times in the equipments (with estimated reductions between 4,6% and 17,9%).

**Keywords:** Production Planing, *Layout*, 5S, SMED, Molds Industry

# Índice

<b>Originalidade e Direitos de Autor</b> .....	<b>iii</b>
<b>Dedicatória</b> .....	<b>iv</b>
<b>Agradecimentos</b> .....	<b>v</b>
<b>Resumo</b> .....	<b>vi</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>vii</b>
<b>Lista de Figuras</b> .....	<b>x</b>
<b>Lista de Tabelas</b> .....	<b>xiii</b>
<b>Lista de siglas e acrónimos</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1. Introdução</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Enquadramento Geral</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. Objetivos do projeto</b> .....	<b>1</b>
<b>1.3. Organização do Projeto</b> .....	<b>2</b>
<b>2. Estado da Arte</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1. Indústria de Moldes</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2. Moldes de injeção de termoplásticos</b> .....	<b>4</b>
2.2.1. Estrutura do molde .....	10
<b>2.3. Planeamento da produção</b> .....	<b>12</b>
<b>2.4. LEAN Manufacturing</b> .....	<b>13</b>
2.4.1. Ferramentas Lean e outras.....	17
2.4.2. Modelos de Layout.....	21
2.4.3. Ferramentas de Auxílio Informático .....	24
<b>2.5. Entrevistas semi-estruturadas</b> .....	<b>24</b>
<b>3. Metodologia utilizada</b> .....	<b>27</b>
<b>3.1. Caso de estudo – Erosomolde, Lda, Lda</b> .....	<b>27</b>
<b>4. Estudo e implementação de melhorias</b> .....	<b>33</b>
<b>4.1. Entrevistas semiestruturadas</b> .....	<b>33</b>
<b>4.2. Recolha de dados: moldes e equipamentos</b> .....	<b>47</b>

<b>4.3.</b>	<b>Análise de dados: tempos e sequência de operações.....</b>	<b>56</b>
<b>4.4.</b>	<b>Análise do Planeamento .....</b>	<b>62</b>
4.4.1.	Proposta e validação de nova estrutura para o plano de trabalhos .....	72
4.4.2.	Outras propostas de melhoria para o planeamento.....	73
<b>4.5.</b>	<b>Layout.....</b>	<b>74</b>
<b>4.6.</b>	<b>Implementação 5S .....</b>	<b>79</b>
<b>4.7.</b>	<b>Avaliação SMED.....</b>	<b>87</b>
<b>5.</b>	<b>Conclusão e trabalhos futuros.....</b>	<b>95</b>
	<b>Bibliografia e Referências bibliográficas.....</b>	<b>99</b>
	<b>Anexos.....</b>	<b>102</b>

# Lista de Figuras

Figura 1 - Exportações portuguesas (Camacho 2018).....	4
Figura 2 - Estrutura de um molde de duas placas (Pereira 2017).....	6
Figura 3 - Molde de três placas (Cunha, <i>et al.</i> 2003).....	7
Figura 4 - Molde sandwich a) Molde fechado, b) Abertura do molde e c) Abertura e corte do molde (Cunha, <i>et al.</i> 2003).....	8
Figura 5 - Molde bi-material a) Abertura do molde; b) Abertura do molde e corte; c) Abertura Molde (Cunha, <i>et al.</i> 2003).....	10
Figura 6 - Estrutura do molde de injeção (Tavares 2016).....	11
Figura 7 - Toyota Production Systems (TPS) (Pinto 2007).....	14
Figura 8 - Muri, Mura, Muda (Womack 2006).....	16
Figura 9 - (a) Push system (b) Pull system (Olharger e Ostlund 1990).....	17
Figura 10 - (a) <i>Layout</i> de produção em série, (b) <i>Layout</i> produto fixo, (c) <i>Layout</i> por família de produto, (d) <i>Layout</i> por processo (Tompkins, <i>et al.</i> 2003).....	23
Figura 11 - Planeamento de um inquérito, (Maciel, Nunes e Claudino 2014).....	25
Figura 12 - Instalações Erosomolde, Lda lda.....	27
Figura 13 - Organograma EROSOMOLDE, LDA.....	30
Figura 14 - Guião de apoio às entrevistas.....	34
Figura 15 - Primeira etapa do processo.....	36
Figura 16 - Segunda etapa do processo.....	37
Figura 17 - Terceira etapa do processo.....	37
Figura 18 - Quarta etapa do processo.....	38
Figura 19 - Quinta etapa do processo.....	38
Figura 20 - Trajetória seguida pelas peças da zona moldante.....	40
Figura 21 - Trajetória seguida pelas peças da estrutura do molde.....	42
Figura 22 - Sexta etapa do processo.....	43
Figura 23 - Sétima etapa do processo.....	44
Figura 24 - Oitava etapa do processo.....	44
Figura 25 - Nona etapa do processo.....	45
Figura 26 - Décima etapa do processo.....	46

Figura 27 - Décima-primeira etapa do processo.....	47
Figura 28 - Conjunto das peças extraídas dos moldes em análise .....	49
Figura 29-Fluxograma planeamento Erosão.....	54
Figura 30 - Fluxograma planeamento CNC.....	55
Figura 31- Esquema da constituição do molde 422.....	56
Figura 32 - Fluxograma da peça 100 do molde 422 .....	57
Figura 33 - Cavidade (100) molde 423.....	59
Figura 34- Rota de produção – cavidades.....	60
Figura 35- Rota de produção - buchas.....	60
Figura 36 - Rota de produção -postiços cavidades .....	60
Figura 37 - Rota de produção postiços buchas .....	61
Figura 38 - Rota de produção - balancés .....	61
Figura 39 - Rota de produção - elementos móveis .....	62
Figura 41 - Plano de trabalho molde 422.....	63
Figura 42 - Primeira secção do plano de trabalho .....	64
Figura 43 - Segunda secção do plano de trabalho .....	64
Figura 44 - Terceira secção do plano de trabalho.....	65
Figura 45 - Quarta secção do plano de trabalho .....	65
Figura 46 - Quinta secção do plano de trabalho .....	66
Figura 47 - Sexta secção do plano de trabalho .....	66
Figura 48 - Milestone .....	67
Figura 49 - Gráfico BurnDown molde 422.....	69
Figura 49 - Plano de trabalho do molde 423.....	70
Figura 51 - Gráfico BurnDown molde 423.....	71
Figura 52 - Quadro de planeamento de maquinaria CNC e Erosão.....	73
Figura 53 - Percurso da peça 100 do molde 422 .....	75
Figura 54 - Percurso peça 100 molde 422, segundo o layout atual .....	75
Figura 55 - Percurso peça 100 molde 422, segundo o layout proposto .....	76
Figura 56 - Bancada de apoio à secção de bancada (antes dos 5S) .....	79
Figura 57 - Compilação de imagens sobre a avaliação 5S nas bancadas.....	81

Figura 58 - Compilação de imagens sobre a avaliação 5S no armário .....	83
Figura 59 - Armário após 5S .....	84
Figura 60 - Bancada de apoio após 5S .....	84
Figura 61 - Padrões 5S .....	85
Figura 62 - Armário com documentos de controlo 5S .....	86
Figura 63 - Futuros lugares das faixas divisórias .....	87
Figura 64 - Análise de tempo parado e em execução da peça A e B.....	89
Figura 65 - Análise de tempo parado e em execução peça C e D .....	89
Figura 66 - Comparação das tarefas pelas quatro peças.....	90

# Lista de Tabelas

Tabela 1 - Resumo das respostas resultante das entrevistas .....	35
Tabela 2 - Características dimensionais dos moldes analisados .....	47
Tabela 4 – Maquinaria e respetivas características.....	50
Tabela 5 - Comparação entre valores percorridos <i>layout</i> atual versus <i>layout</i> proposto.....	78
Tabela 6 - Classificação das tarefas e suas designações .....	88
Tabela 7 - Distinção entre <i>setup</i> interno versus externos .....	91
Tabela 8 - Tarefas suprimidas na maquinação da peça A.....	92
Tabela 9 - Valores comparativos em quatro diferentes peças antes e depois da anulação das operações de set-up externo.....	92
Tabela 10 - Oportunidades de melhoria.....	93

## Lista de siglas e acrónimos

2D	Desenho a duas dimensões
3D	Desenho a três dimensões
5S	5 Senso
CAPP	<i>Computer-aided process planing</i> , planeamento com auxílio informático
CNC	Comando Numérico Computadorizado
IED	<i>Input Exchange Die</i>
JIT	<i>Just in Time</i>
MPB	Moldes para plásticos ou borracha
OED	<i>Output Exchange Die</i>
PME	Pequena e Média Empresa
SGQ	Sistema de Gestão da Qualidade
SMED	<i>Single-minute Exchange of Die</i> , mudança rápida de ferramenta em menos de 10 minutos
TPS	<i>Toyota Production System</i>
UE28	Países da União Europeia a 28 membros
WIP	<i>Work in Process</i> , nível de stock em curso de fabrico

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento Geral

Este estudo foi realizado no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica – Produção Industrial, visando essencialmente estudar e propor melhorias na área de planeamento e produção, na empresa Erosomolde, Lda .

Atualmente, a indústria de moldes assim como outros setores industriais, são obrigados a ultrapassar vários obstáculos para permanecerem no mercado e serem competitivos. Para tal, têm de se adaptar às exigências dos seus clientes e de produzir produtos de alta qualidade com os mesmos recursos, no menor espaço de tempo.

Neste setor em particular, a competitividade é cada vez maior, particularmente face a setores clientes como o setor automóvel, que impõem prazos cada vez mais curtos, mantendo o mesmo nível de qualidade. Torna-se neste contexto essencial, dispor de uma área de planeamento estruturada e eficiente, aspeto que é ainda mais crítico dadas as características de unicidade dos moldes (i.e. projeto e fabrico de moldes únicos e não repetíveis), intrínsecas à indústria de moldes metálicos de injeção de peças plásticas. Assim, a garantia de um processo estruturado e eficiente, como resultado de uma aposta constante na melhoria contínua, é igualmente crucial para manter os níveis de desempenho dos fabricantes dos moldes compatíveis com as fortes exigências impostas, quer em termos de preços, quer em termos de prazos de entrega, pelas indústrias *high tech* (e.g. automóvel) suas clientes.

Nesse sentido, a adoção de filosofias de gestão como o *Lean Manufacturing*, na indústria dos moldes, permitir-lhes-á apoiar os acréscimos de flexibilidade de eficiência na produção exigidos, sem descuidar dos níveis de qualidade e rigor, por que esta indústria se caracteriza.

## 1.2. Objetivos do projeto

O presente projeto, tem o propósito de analisar e propor melhorias ao nível dos procedimentos que a empresa adota, quer a nível de planeamento quer da sua produção, identificando oportunidades de melhoria.

Neste âmbito foram estabelecidos como objetivos os seguintes conteúdos:

- Efetuar tratamento e caracterização dos fluxos de operações e procedimentos estabelecidos desde a orçamentação, projeto, planeamento, fabricação até à expedição do molde;
- Rever procedimentos estabelecidos ao nível de planeamento e fatores inerentes;
- Rever procedimentos estabelecidos ao nível de planeamento, propondo e validando novas práticas tendo por base dois moldes em processo;
- Identificar nível de limpeza e organização tendo por base os 5S e implementação de novas práticas na secção mais crítica;
- Recolher, analisar e propor alterações ao nível de mudanças de *setup* em peças piloto (i.e. na secção CNC).

### **1.3. Organização do Projeto**

O presente projeto está dividido em cinco capítulos. O primeiro capítulo é dedicado à Introdução, sendo efetuado um breve enquadramento ao tema e apresentados os objetivos. Segue-se o capítulo do Estado da Arte que contém todos os conceitos teóricos necessários à elaboração deste projeto. No terceiro capítulo apresenta-se a Metodologia Implementada. Aqui incluem-se os métodos e técnicas abordadas neste projeto e ainda expõe uma breve apresentação da empresa que colaborou com este estudo. No quarto capítulo faz-se a análise dos dados recolhidos, assim como definidas e implementadas ações de melhoria, resultantes dos estudos elaborados na empresa. Neste capítulo recorreu-se à ferramenta *Microsoft Project* para elaborar a análise de planeamento, bem como ao *software NX* para a elaboração do *layout* e as suas análises. Finalmente, no último capítulo, abordam-se as conclusões retiradas do presente trabalho.

## 2. Estado da Arte

### 2.1. Indústria de Moldes

Numa análise ao nível mundial, a indústria dos moldes tem mostrado um crescimento muito acentuado, sendo que por volta de 1985 os Estados Unidos conjuntamente com o Canadá eram responsáveis por 65% do total exportado. No entanto, desde a entrada de Portugal na atual União Europeia, os mercados europeus passaram a ser os principais clientes dos moldes nacionais, representando mais de 60% das exportações. Portugal é um dos maiores fornecedores mundiais de moldes de precisão para a indústria de plástico (Vieira, et al., 2005).

Atualmente, o setor dos moldes possui cerca de 515 empresas, maioritariamente de Pequena e Média dimensão (PME), dedicadas à conceção, desenvolvimento e fabrico de moldes e ferramentas especiais. Emprega aproximadamente 10 460 trabalhadores, com distribuição geográfica centrada nas regiões da Marinha Grande e Oliveira de Azeméis (Cefamol, 2018).

Portugal encontra-se entre os principais fabricantes de moldes a nível mundial, nomeadamente na área da injeção de plásticos (8º no mundo, 3º na Europa), exportando mais de 85% da produção total (Cefamol, 2018). Entre 2010 e 2017, as exportações portuguesas a nível da UE28 e as exportações de bens progrediram a uma taxa composta de crescimento anual de 7,8%, em Euros correntes. No mesmo período as exportações da UE28 de moldes para plástico ou borracha (MPB) desenvolveram-se a uma taxa equivalente de 7,6% (Camacho, 2018).

Os principais destinos da exportação portuguesa são a Alemanha, a Espanha e a França. Embora de forma lenta, as quotas conjuntas dos três maiores mercados têm vindo a decair, e no ano de 2018, a República Checa (6,0%), a Polónia (5,2%), os EUA (4,8%), o México (4,4%) e o Reino Unido (3,2%) constituíram os cinco maiores destinos dos moldes portugueses (Figura 1).

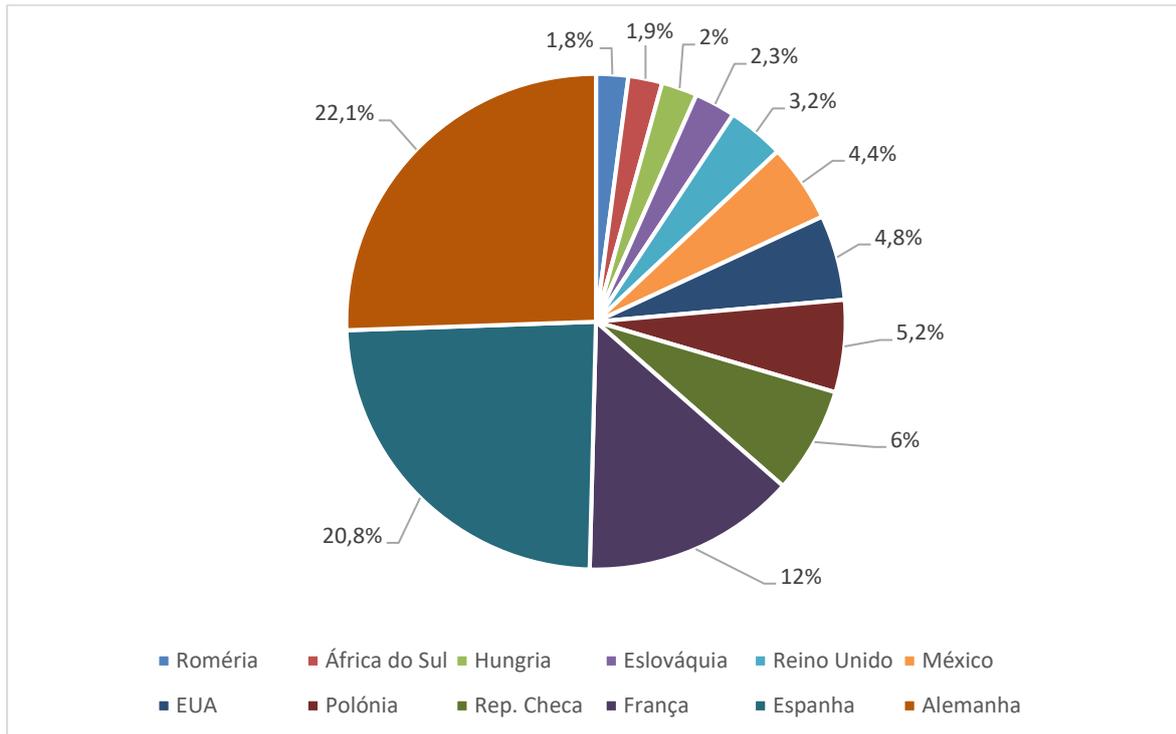


Figura 1 - Exportações portuguesas (Camacho, 2018)

## 2.2. Moldes de injeção de termoplásticos

O molde tem como objetivo produzir peças de qualidade, no menor tempo de ciclo possível, com o mínimo de manutenção possível durante o tempo de serviço e desempenhar corretamente as suas funções que são (Cunha, et al., 2003):

- Definição do(s) volume(s) com a forma da(s) peça(s) a produzir, assegurando a reprodutibilidade;
- Permitir o enchimento desse(s) volume(s) com o polímero fundido;
- Facilitar o arrefecimento do polímero;
- Promover a extração da(s) peça(s);
- Garantir a qualidade ao nível dimensional;
- Garantir a qualidade estrutural das peças.

A constituição dos moldes é determinada pela necessidade de realizar adequadamente as funções associadas à execução do ciclo de moldação. Nesta perspetiva, um molde pode ser considerado como uma estrutura (um conjunto de chapas) onde são montados/maquinados

os sistemas funcionais que, como o próprio nome indica, são sistemas que permitem que o molde cumpra as suas funções (Cunha, et al., 2003).

O processo de moldação por injeção envolve o aquecimento do material até à sua fase de fundição, depois o material é forçado a entrar nas *cavidades* do molde, onde de seguida arrefece endurecendo-se e formando a peça final (Kluz, 1981).

Os materiais mais utilizados em moldes de injeção são os termoplásticos. Uma das principais vantagens na utilização de termoplásticos é que estes sofrem somente uma mudança estrutural, quer quando são aquecidos para serem injetados, quer quando arrefecem para formarem a forma final da peça (Kluz, 1981).

Existem vários tipos de moldes de injeção, sendo estes:

### **Moldes de duas placas**

É um molde de duas metades (Figura 2) também designado como convencional, dividido em duas partes (parte da cavidade e parte da bucha), que abrem segundo o seu eixo de desmoldagem (plano de partição). Neste tipo de moldes, o material pode entrar na cavidade diretamente pela bucha de injeção ou através de um sistema de injeção que permite a entrada do material fundido em vários pontos da peça, possibilitando um melhor enchimento.

Habitualmente, a metade móvel possui o sistema para a extração (no caso de injeção em tecido, a extração localiza-se na metade fixa, juntamente com o sistema de injeção), sistema este que pode ser atuado por um componente hidráulico da máquina ou através de um sistema hidráulico pertencente ao molde, mas alimentado pela máquina de injeção.

Estes moldes são mais vantajosos pois têm um desenvolvimento mais simples, apresentando ainda custos mais baixos quando comparados com outros tipos de moldes (Brito, 2000).

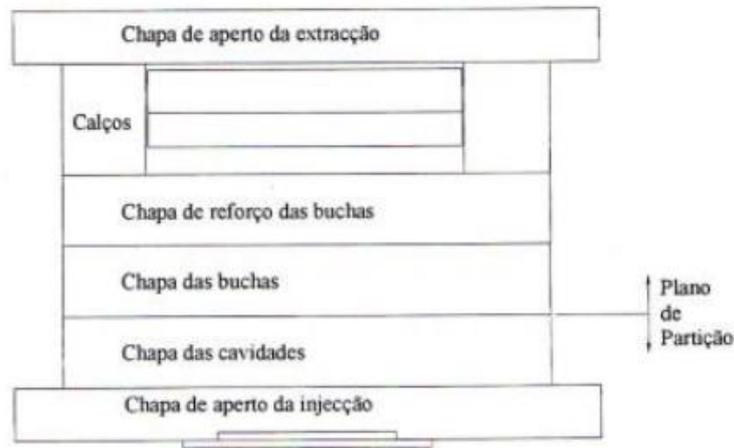


Figura 2 - Estrutura de um molde de duas placas (Brito, 2000)

### **Moldes de três placas**

Estes moldes possuem duas aberturas (Figura 3), sendo estas designadas como macho, cavidade e flutuante. Na abertura do molde, ocorre a separação entre a peça e o gito, seguida da extração da peça. Estes possuem múltiplos pontos de injeção, fazendo a própria separação dos canais de enchimento da peça. Como desvantagem, estes moldes têm um elevado desperdício de material nos gitos e maior custo de desenvolvimento e manutenção, comparado com o molde de duas placas. Estes moldes não são indicados para peças de grandes dimensões, pois acresce o seu peso total, além de necessitar de um maior curso de abertura (Moreira, 2015).

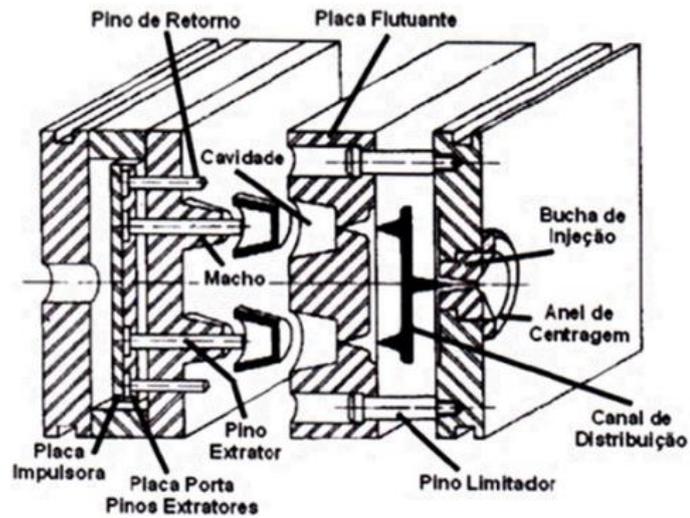


Figura 3 - Molde de três placas (Cunha, et al., 2003)

### Moldes Sandwich

Estes moldes permitem duplicar o número de peças a moldar. A abertura deste molde ocorre com o auxílio da máquina de injeção (Figura 4). O conjunto das cavidades (indicado na figura 4c) pela letra A) fica a meio do conjunto de machos (indicado na figura 4c) pela letra B). O conjunto das cavidades só se consegue separar dos outros conjuntos machos com o resultado do movimento do sistema de cremalheiras. No momento do fecho do molde, é necessário ter em atenção ao conjunto das cavidades para que estas não se desencontrem nos guiamentos. Para isso, deve-se prever a utilização de barras de apoio no próprio molde ou nas colunas da máquina. Quanto à extração, esta pode ser feita através de tirantes atuadas com o movimento de abertura da máquina (Moreira, 2015).

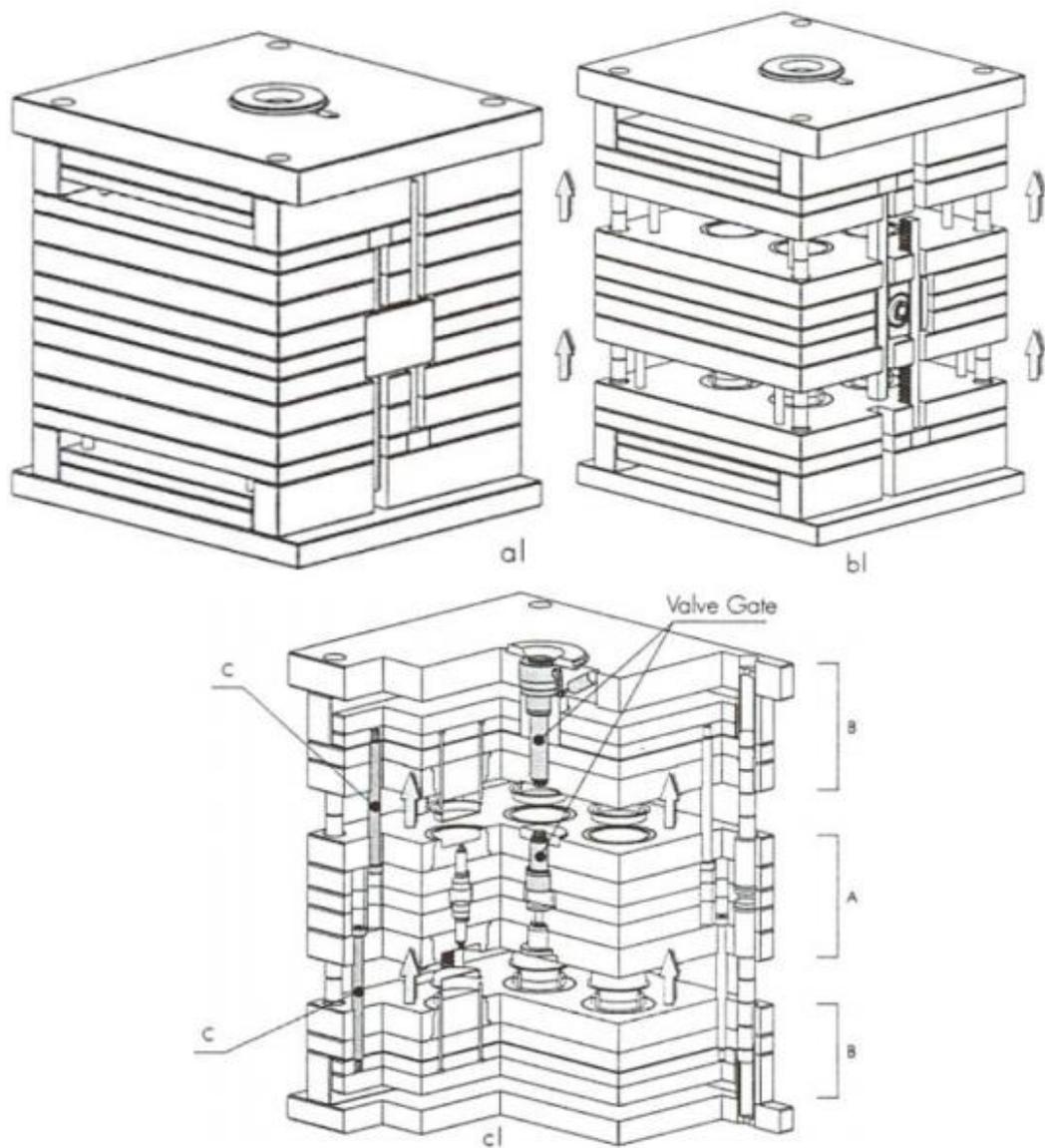


Figura 4 - Molde sandwish a) Molde fechado, b) Abertura do molde e c) Abertura e corte do molde (Cunha, et al., 2003)

### **Moldes bi-material**

O molde de injeção bi-material permite a moldação de dois materiais (Figura 5). Os materiais podem ser diferentes (compatíveis ou não) ou iguais, mas de diferentes cores (Cunha, et al., 2003).

A moldação neste tipo de molde é sequencial, processo no qual um material polimérico é moldado na parte solidificada de um material plástico diferente. Este processo é um caso especial de moldagem por injeção multicomponente e estende a capacidade de processo de moldação por injeção convencional para produzir montagens acabadas e peças

multifuncionais (Fetecau, et al., 2010). Alguns exemplos de materiais que são utilizados no dia a dia, consequência de dupla injeção são, para-choques de um carro, capas de telemóveis, *tupperwares* com duas cores, entre outros (Fetecau, et al., 2010).

O funcionamento do Molde Bi-material pode ser descrito através dos seguintes passos (Figura 5):

1. O material é injetado com o bloco de injeção horizontal (A);
2. O molde abre, acionando de seguida a extração central através do sistema da máquina;
3. Com auxílio da ação de um hidráulico, cremalheira e roda dentada, roda-se a 180° a chapa (B);
4. O recuo da extração central é acionado através do sistema da máquina e fecha-se o molde;
5. Abre-se o molde;
6. Extrai-se apenas a peça completa com os dois materiais, através do hidráulico (C);
7. Recua o Hidráulico;
8. A extração central é novamente acionada, roda-se a chapa (B) e fecha-se o molde.

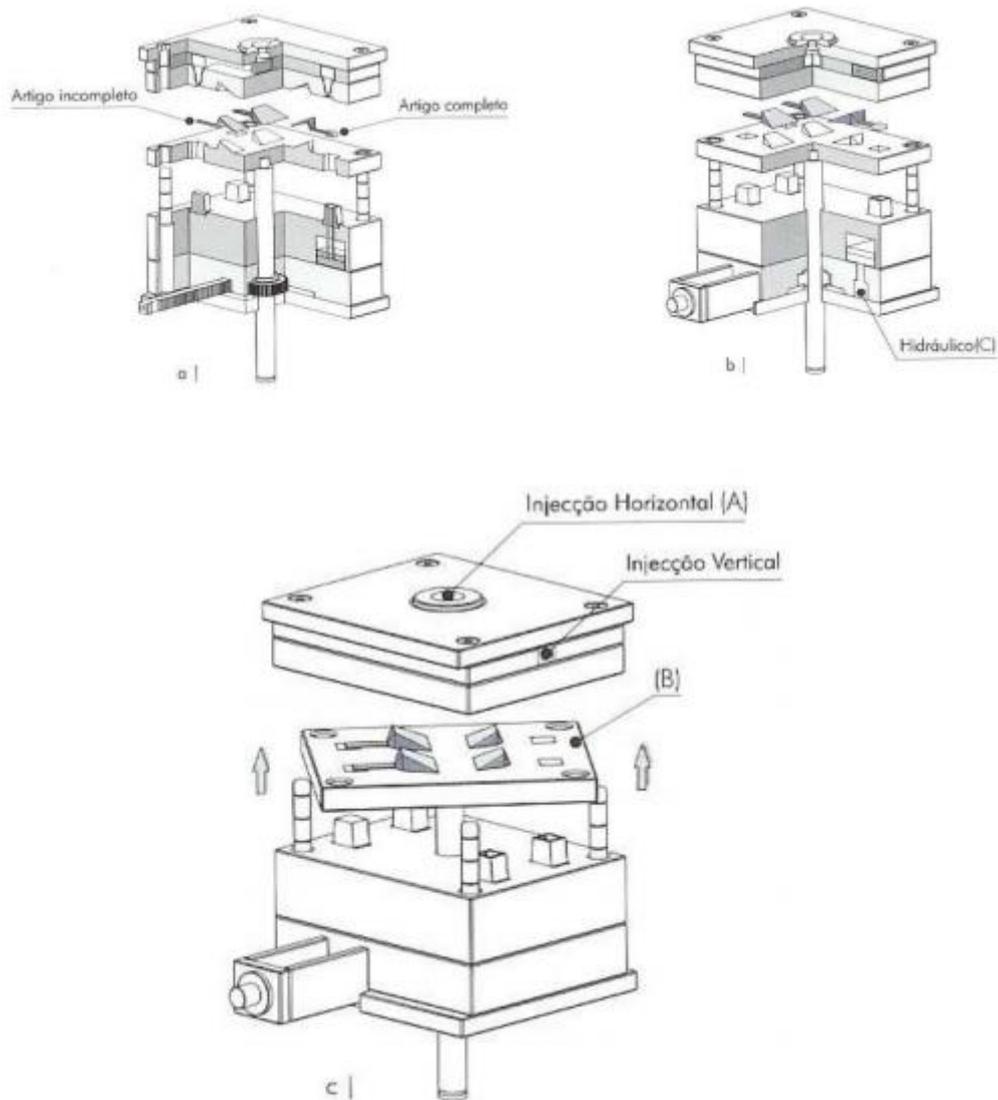


Figura 5 - Molde bi-material a) Abertura do molde; b) Abertura do molde e corte; c) Abertura Molde (Cunha, et al., 2003)

### 2.2.1. Estrutura do molde

Um molde é constituído pelas zonas moldantes que englobam os seguintes componentes, cavidades, buchas, postigos das cavidades e buchas, balancés e elementos móveis. Por vezes, existem moldes que não necessitam de todos estes componentes, mas as cavidades e buchas são imprescindíveis. As zonas moldantes de um molde estão alojadas na estrutura do mesmo, sendo esta composta por chapas com diversas dimensões em função da geometria, do tamanho da peça polimérica a obter e das pressões de injeção. O molde é essencialmente constituído por duas partes: o lado móvel onde estão alojadas as buchas e o lado fixo onde se encontram as cavidades (Figura 6). A parte móvel é formada pela chapa de aperto da

extração, calços, chapa de fixação dos extratores, chapa dos extratores, chapa de reforço das buchas e chapa das buchas. A parte fixa do molde é formada pela chapa de aperto da injeção e pela chapa das cavidades (Tavares, 2016).

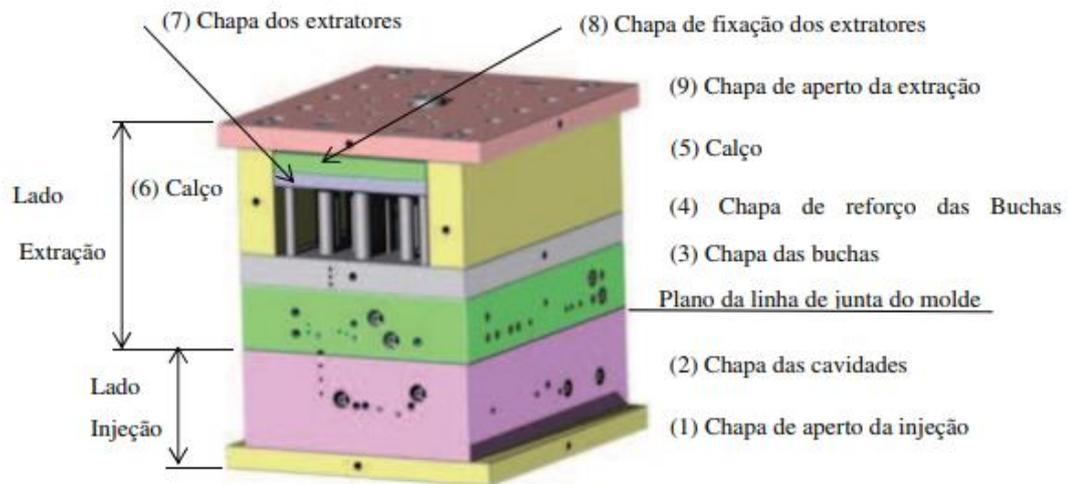


Figura 6 - Estrutura do molde de injeção (Tavares, 2016)

As chapas constituintes do lado fixo de um molde são:

- **Chapa das cavidades** - nesta chapa encontram-se as cavidades, o sistema de refrigeração das cavidades e as guias principais que estão encastradas;
- **Chapa de aperto da injeção** - é a chapa que promove a fixação do lado fixo no prato da máquina de injeção. Esta tem como função alojar e dar apoio ao injetor (sistema de injeção), fixar o anel de centragem e apoiar as cabeças das guias principais e posições moldantes da cavidade.

Enquanto que o lado móvel de um molde é constituído por:

- **Chapa das Buchas** - esta chapa contém as buchas, o sistema de refrigeração para as buchas e é onde os casquilhos principais estão encastrados;
- **Chapa de reforço das buchas** – esta chapa sustenta a pressão de injeção exercida pela máquina de injeção sobre o molde;
- **Calços** – os calços definem o curso do movimento da extração e ao mesmo tempo dão suporte à montagem do lado de extração;

- **Chapa dos extratores** - tem como função alojar os extratores (sistema de extração);
- **Chapa de fixação dos extratores** – esta é a chapa que recebe o movimento do KO da máquina de injeção, e ao mesmo tempo tem a função de fixar os extratores entre esta chapa e a chapa dos extratores;
- **Chapa de aperto da extração** - tem como principal função promover a fixação do lado da extração ao prato móvel da máquina de injeção (Tavares, 2016).

### 2.3.Planeamento da produção

O planeamento nas empresas tem vindo a assumir um novo significado nos últimos anos, pois apoia as empresas/organizações a conquistar a excelência (Tompkins, et al., 2003). Esta área é cada vez mais um instrumento importante no ambiente industrial, pois permite planear, antecipar e gerir planos de trabalho e cargas inerentes ao fabrico de produtos e componentes, de modo mais económico e com foco no cumprimento de prazos (Alam, et al., 2003).

A indústria de moldes não difere desta realidade, crescendo mesmo a sua importância, pois esta consiste numa produção por encomenda (*engineer-to-order*), onde o produto é único e totalmente desenhado e fabricado de acordo com as especificações dos clientes (Ferreira, et al., 2016).

O planeamento neste tipo de indústria envolve decisões não replicáveis, dado que cada molde é único, e diversas etapas que abarcam desde a adjudicação do molde, onde são desde logo acordados os prazos de fabrico do molde, até à expedição das primeiras peças plásticas e do molde. Globalmente, e dentro de cada uma destas etapas, é ainda de destacar a realização de várias tarefas que englobam, por exemplo, a necessidade de haver tratamentos específicos tais como textura, polimentos, entre outros, exigências requeridas pelo cliente, e onde a seleção de fornecedores e a subcontratação de tarefas adiciona complexidade ao processo de planeamento (Alam, et al., 2003).

Complementarmente, é de salientar ainda que todo o desenho 3D e 2D do molde, assim como a seleção de materiais e acessórios relevantes ao molde, são realizados na maioria das vezes na fase do projeto do molde, o que acontece paralelamente ao planeamento e à produção de peças e componentes desse molde. Este facto, que constrange claramente o planeamento, é

tradicionalmente justificado pelos prazos apertados e pelo elevado número de componentes e acessórios a integrar no molde (Alam, et al., 2003).

Ainda, face às características únicas dos moldes, concretizadas apenas na fase de projeto, o planeamento das operações inerentes ao fabrico dos diversos componentes do molde torna o planeamento muito exaustivo e dependente do *know-how* já existente, pois este é constantemente sujeito a atualizações que resultam dos desvios entre tempos e sequências planeados e reais ao nível das operações. Por último, destacar a “entropia” no planeamento causada pelos inúmeros retrabalhos e ajustes aos componentes já fabricados, originados por erros ou por acertos só conhecidos após o teste/ensaio do molde (última etapa do processo) (Alam, et al., 2003).

## **2.4.LEAN Manufacturing**

O *Lean Manufacturing* surgiu pela primeira vez por James Womack, Daniel Jones e Roos numa obra designada por “*The machine that changed the world*” em 1990. Esta obra foi baseada num estudo que estes fizeram sobre métodos de trabalho e de gestão na indústria automóvel, comparando o sistema de produção em massa ocidental com o *Toyota Production System* (TPS) (Pina, 2016).

O sistema TPS é frequentemente representado por uma casa (Figura 7), onde na sua base se encontra o *Heijunka* que significa produção nivelada, ou seja, produção de menores quantidades de produtos o mais variado possível, o trabalho uniformizado e a gestão visual (*kanban*), que potenciam que o trabalho e a comunicação fluam entre operações e garantam a produção puxada. Nos pilares da casa encontram-se as ferramentas *Jidoka* (que visa a qualidade na origem) e o *Just-in-time* que visa produzir o que é estritamente necessário, na quantidade necessária e a ser entregue no momento certo. Estes pilares sustentam o telhado, que representa o objetivo do TPS, ou seja, melhorar a qualidade da produção com menor custo e com reduzido *Lead Time* (Pina, 2016).

Na parte central da casa encontram-se as pessoas e o trabalho em equipa, que são fatores orientadores para a redução do desperdício, contribuindo para a melhoria contínua e estabilidade do sistema produtivo (Pina, 2016) (Ferreira, et al., 2016).

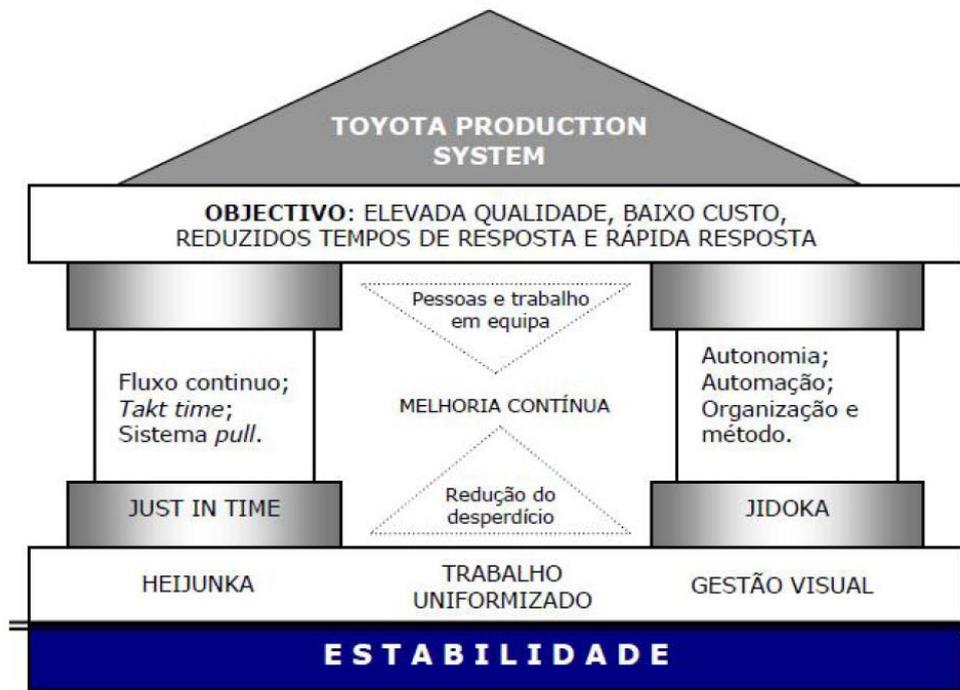


Figura 7 - Toyota Production Systems (TPS) (Pinto, 2007)

A filosofia Lean visa minimizar ou mesmo eliminar os desperdícios, entenda-se desperdícios por recursos não produtivos que devem ser eliminados de forma a otimizar a produção. Existem 3 M's, Muda, Mura e Muri, que descrevem as práticas de desperdício a serem eliminados, Figura 8, nomeadamente (Womack, 2006):

- **Muda:** Qualquer atividade que consuma recursos sem criar valor para o cliente, ou seja, que envolve o desperdício nas suas diversas formas (sete desperdícios mortais):

1. Sobreprodução: Produzir mais do que o necessário, criando um incontável número de outros desperdícios: área de *stock*, deterioração, custos de energias, manutenção de equipamentos, esconder problemas operacionais e administrativos através de “*stocks* de segurança”;
2. Tempos de espera: Operador/máquina à espera de material/informação: Uma das atitudes incluídas neste tópico é quando o operador permanece parado a observar a máquina que está a trabalhar. Uma outra atitude é quando o operador não entrega o seu produto na quantidade, qualidade e tempo certo no processo precedente;

3. Transporte: Transportes entre operações, que acontece quando existe deslocações desnecessárias ou *stocks* temporários, constituídos “passeios” de materiais, funcionários e equipamentos;
4. Processamento: Operações que poderiam não existir quando defeitos ou limitações (capacidades) nos equipamentos estão presentes. O processo desenvolve-se lentamente e/ou operações extra são introduzidas. Este desperdício ocorre quando defeitos ou limitações (capacidade) nos equipamentos estão presentes. O processo para ou desenvolve-se lentamente, e operações extra são introduzidas;
5. Inventários/*Stocks*: Qualquer tipo de matéria-prima, peças entre operações ou produtos acabados que não contêm qualquer valor acrescentado para a empresa. Peças em *stock* têm um valor negativo até ao momento em que é vendido. Inventários necessitam de espaço, de ser arrumados e de transporte. Para além disto, os inventários poderão encobrir muitos outros desperdícios/limitações existentes na organização (capacidade de máquina, falta de habilitações, atrasos de transporte, defeitos, tempos longos de *setup*...);
6. Movimentos: Acontece pela diferença entre o trabalho e o movimento. É a ação de quem realiza algum tipo de seleção ou procura alguma coisa. É o movimento que não agrega valor, tais como rotas muito longas ou processos/equipamentos muito distantes entre si;
7. Produto com defeito: Pode ser devido a erros humanos, informação pouco precisa, poucos conhecimentos tecnológicos. Requer o retrabalho dos produtos, o que afeta os custos do produto e há a possível perda de clientes devida à sua insatisfação (Sarkar, 2007)

- **Mura:** Variação entre as características dos produtos. Existe quando o fluxo de trabalho não está balanceado e a carga de trabalho é inconsistente e não existem *standards*. Estas irregularidades podem ser eliminadas por meio de um bom planeamento, com atenção cuidada ao ritmo de trabalho:

- **Muri:** Atividades que envolvem sobrecarga e esforço pessoal, material ou equipamento, não razoável.

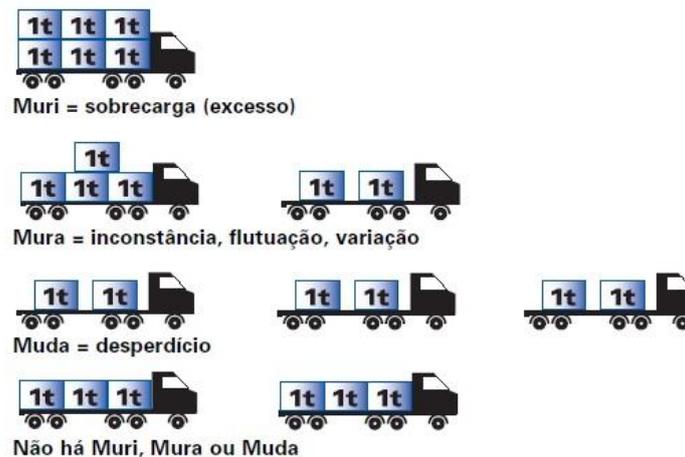


Figura 8 - Muri, Mura, Muda (Womack, 2006)

A filosofia *Lean* pretende assim obter um fluxo balanceado das operações através da eliminação das roturas do sistema, tornando-o flexível em termos da variedade do produto e do volume de produção, e como já referido anteriormente, eliminando desperdícios. Com este intuito, o *Lean Manufacturing* recorre a várias ferramentas e técnicas, cuja execução e desenvolvimento apoia a concretização das ações de melhoria, das quais se destacam:

- SMED - *Setups* rápidos e económicos;
- *Kaizen* – Melhoria contínua;
- 5S;
- Sistema *Kanban*, para garantir que a produção seja do tipo *pull*<sup>1</sup> e não *push*<sup>2</sup> (Figura 9);
- *Standard work* ou trabalho padronizado.

<sup>1</sup> Sistema *push* – A ordem de produção é “empurrada” para todas as secções até obter o produto final. (Olhager, et al., 1990)

<sup>2</sup> Sistema *pull* – A ordem de produção é “puxada”, onde existe uma pré-visualização do processo todo até ao final da produção, com a informação dos processos do final para o início.

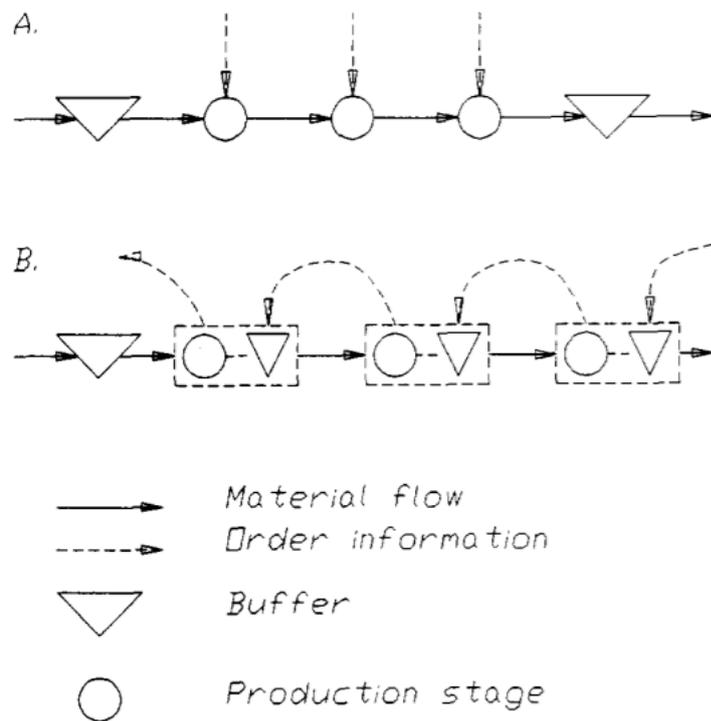


Figura 9 - (a) *Push system* (b) *Pull system* (Olhager, et al., 1990)

O sucesso na implementação destas ferramentas pressupõe a colaboração e dedicação de todos os colaboradores da organização. Para tal, é fundamental a formação apropriada de forma a informar, motivar e envolver todos os intervenientes para a melhoria contínua.

#### 2.4.1. Ferramentas Lean e outras

De seguida são apresentadas as técnicas de suporte à implementação dos princípios *Lean* ao fabrico de moldes, com particular foco no planeamento e produção, utilizadas neste projeto.

#### 5S

A ferramenta 5S, ou cinco sentidos, é uma técnica que promove a organização do posto de trabalho através de cinco etapas, ajudando a identificar e eliminar o desperdício e a manter um ambiente produtivo, seguro e de qualidade (Sarkar, 2006).

Os cinco sentidos são:

1. *Seiri*: **Senso de Utilização/Separar e Eliminar**

Objetivo: no local de trabalho devem encontrar-se apenas os equipamentos e materiais necessários à realização do trabalho. Para isso:

- Examinar todos os itens na área, seguido de uma remoção de todo o material que se encontra a mais.

## 2. *Seiton*: **Senso de Ordenação/Organizar e Identificar**

Objetivo: definir e identificar o local para cada item necessário na área. Para isso:

- Dispor os itens de forma a simplificar o acesso e a promover um trabalho eficiente e facilitar a sua utilização;
- A decisão dos locais onde se colocam os materiais/equipamentos deve considerar a frequência com que estes são utilizados.

## 3. *Seiso*: **Senso de Limpeza/Limpar**

Objetivo: implementar procedimentos de limpeza regulares. Para isso:

- Determinar áreas a limpar e atribuir tarefas;
- Manter o local de trabalho limpo é essencial para o um bom funcionamento;
- A limpeza deve ser incutida como uma rotina durante a qual também se devem realizar inspeções.

## 4. *Seiketsu*: **Senso de Normalização / Padronizar e Difundir**

Objetivo: assegurar que os padrões correntes são mantidos e melhorados. Para isso:

- Definir e padronizar as melhores práticas implementadas;
- Identificar áreas a implementar as melhores práticas.

## 5. *Shitsuk*: **Senso de Autodisciplina / Sistematizar**

Objetivo: Todas as pessoas seguem os procedimentos, conhecem os benefícios e contribuem para melhorar. Para isso:

- Introduzir todas as etapas dos 5S na rotina dos operadores;
- Atribuir responsabilidades aos colaboradores;
- Elaborar auditorias de 5S.

Este senso pode ser o mais difícil, porque pretende a mudança de hábitos.

### **Método SMED - Single Minute Exchange Die.**

Metodologia desenvolvida pelo Dr. Shingo que permite reduzir tempos de mudança de ferramenta. Este método tem como objetivo a redução dos tempos de mudança de ferramenta *setup*<sup>3</sup> através da organização do posto até à sua automatização (Courtois, et al., 1993).

Esta redução baseia-se fundamentalmente na distinção de dois tipos de operações:

- Operações internas (IED, *Input Exchange Die*), que só podem ser realizadas quando o equipamento está parado;
- Operações externas (OED, *Output Exchange Die*), que devem ser efetuadas durante o ciclo do equipamento (Courtois, et al., 1993).

Existem sete etapas para a implementação do método SMED, que são:

#### 1. Estabelecer a distinção entre IED e OED

Ao observar o processo, deve-se identificar claramente quais são as operações internas (IED) e externas (OED). Caso existam OED, estas devem ser executadas fora dos tempos de mudança de série. Por outro lado, se as IED forem inevitáveis, estas têm de ser efetuadas como estão definidas. A simples distinção entre o IED e OED permite, através de uma racionalização das operações de mudança, uma redução dos tempos na ordem dos 30%, sem que isso implique modificações importantes.

---

<sup>3</sup> Set-up – Tempo de mudança de ferramenta, é o tempo entre a última peça boa produzida no modelo atual e a primeira peça boa do modelo seguinte. (Ferreira, et al., 2016)

## 2. Transformar IED em OED

É o princípio mais eficaz do método SMED, e onde através de uma melhor preparação do trabalho, as operações internas passam a ser operações externas.

## 3. Normalizar operações

Para mudar rapidamente de ferramenta, há que suprimir o maior número possível de operações de regulação da máquina e normalizar as restantes. Ex: Num centro de maquinação não é necessário mudar as ferramentas quando se muda de série, já que todas se encontram montadas no “carrossel”.

## 4. Adoção de formas de aperto rápido

## 5. Sincronizar operações

Uma má sincronização de operações provoca, muitas vezes, deslocações desnecessárias e perda de tempo. Esta sincronização pode fazer com que o operador peça ajuda, por exemplo, durante um breve instante, para evitar ter que contornar várias máquinas.

## 6. Suprimir regulações

A regulação de uma máquina apenas deve existir se for realmente indispensável. Muitas vezes, esta regulação constitui uma forma de contornar um problema que deve ser resolvido. Possíveis formas de suprimir a regulação:

- Utilizar gabaris: os elementos encontram-se sempre no mesmo local no momento do aperto;
- Executar marcas de referência.

## 7. Optar pela mecanização

Este ponto deve ser considerado em último lugar, porque é o mais caro e nem sempre eficaz. Assim, quando o custo de redução dos tempos de mudança de série se tornar muito elevado, deve-se realizar um cálculo de rentabilidade tendo em conta o cálculo

dos benefícios estruturais proporcionados por um tempo mais rápido de mudança de série (Courtois, et al., 1993).

### **2.4.2. Modelos de Layout**

A criação de um *Layout* é uma etapa crítica no processo de planeamento de instalações, pois estabelece uma relação física entre as atividades a elaborar em cada secção. Para tal, os departamentos do produto, processo de fabrico, *marketing*, distribuição, administração e recursos humanos devem ser reunidos e contribuir para a definição e melhoria do *Layout* (Tompkins, et al., 2003).

Existem quatro tipos de *layout*, que são (figura 10):

1. *Layout* por produto (ou em linhas de fabrico);

Neste tipo de *layout* os materiais normalmente fluem de uma estação de trabalho diretamente para a estação adjacente. Esta produção consegue bons fluxos e bem planeados, mas com baixa variedade de produtos. (Figura 10a)

2. *Layout* de materiais fixos por departamento;

Neste tipo de *layout* os postos de trabalho vão ao encontro do produto, envolvendo um sequenciamento e a colocação de estações de trabalho em torno do material/produto.

Este tipo de *layout* é muito utilizado na montagem de aeronaves, construção naval e projetos de construção. (Figura 10b)

3. *Layout* por famílias de produtos ou células de fabrico;

Este tipo de *layout* consiste em formar grupos de peças por família do produto. Quando por vezes os produtos não são idênticos, são agrupados pelo tipo de materiais, requisitos de ferramentas, armazenamento, controlo, etc. Os produtos são agrupados em células de fabricação.

4. *Layout* por processo;

Este *layout* é obtido agrupando todos os processos semelhantes e coloca-os em departamentos relacionando-os. Este *layout* é muito flexível em termos de diversidade de produtos, mas envolve fluxos complexos e é pouco eficiente e de difícil gestão (Tompkins, et al., 2003).

Embora não se consiga dizer exatamente se o *design* do *layout* deve ser feito com base na rota do material, é reconhecido que as rotas do material devem ter um impacto significativo no *design* do *layout* (Tompkins, et al., 2003).

De acordo com a literatura, (Tompkins, et al., 2003) existem algumas decisões a ter em conta que afetam o *layout*, nomeadamente:

- Armazenamento centralizado versus descentralizado, do nível de *stock* em *work-in-process* (WIP)<sup>4</sup>, ferramentas e matéria prima (*supplies*);
- Rota fixa versus rota variável;
- Unidade de gestão (e.g. carga unitária, m<sup>3</sup>/m/unidade) planeada para o sistema;
- O grau de automação utilizado na unidade fabril;
- Tipo de controlo de *stock*, controle físico e/ou controlo computacional dos materiais (Tompkins, et al., 2003).

Cada uma destas considerações define os requisitos do espaço, equipamento e pessoal, bem como o grau de proximidade exigido entre as funções.

Maioritariamente, na definição do *layout*, dão excessivo ênfase ao fluxo do processo de fabricação. Por exemplo, parece lógico colocar um departamento B ao lado de um departamento A, se o processo B ocorrer imediatamente após o processo A. Nesta situação, o problema de manuseamento é reduzido, mas qual é a melhor maneira de mover a matéria-prima de A para B? O conhecimento empírico sugere que o problema de manuseamento da matéria prima seja resolvido após a finalização do *layout*. No entanto, se os materiais não puderem fluir diretamente de uma máquina A para uma máquina B, o armazenamento WIP será necessário em A, B ou noutra lugar. Dependente dos requisitos do armazenamento, um armazenamento WIP centralizado pode ser usado de modo que os materiais A fluam para S (Armazenamento), depois sigam de S para B. Com um sistema de armazenamento centralizado WIP, os materiais não fluem de A para B e B já não precisa de estar colocado logo após A e onde um sistema centralizado proporciona uma flexibilidade adicional quando a sequência de processos muda (Tompkins, et al., 2003).

---

<sup>4</sup>Work-in-process (WIP) – Nível de stock em processo (Ferreira, et al., 2016)

Um outro fator a ter em consideração na definição do *layout* poderá ser a má aplicação de “*handling less is best*”<sup>5</sup> em termos de números de vezes que a matéria-prima é trabalhada. Contudo, a quantidade e repetição do trabalho deve ser também preocupação, assim estes propõem que o *layout* e as rotas do produto devem ser feitos em simultâneo (Tompkins, et al., 2003).

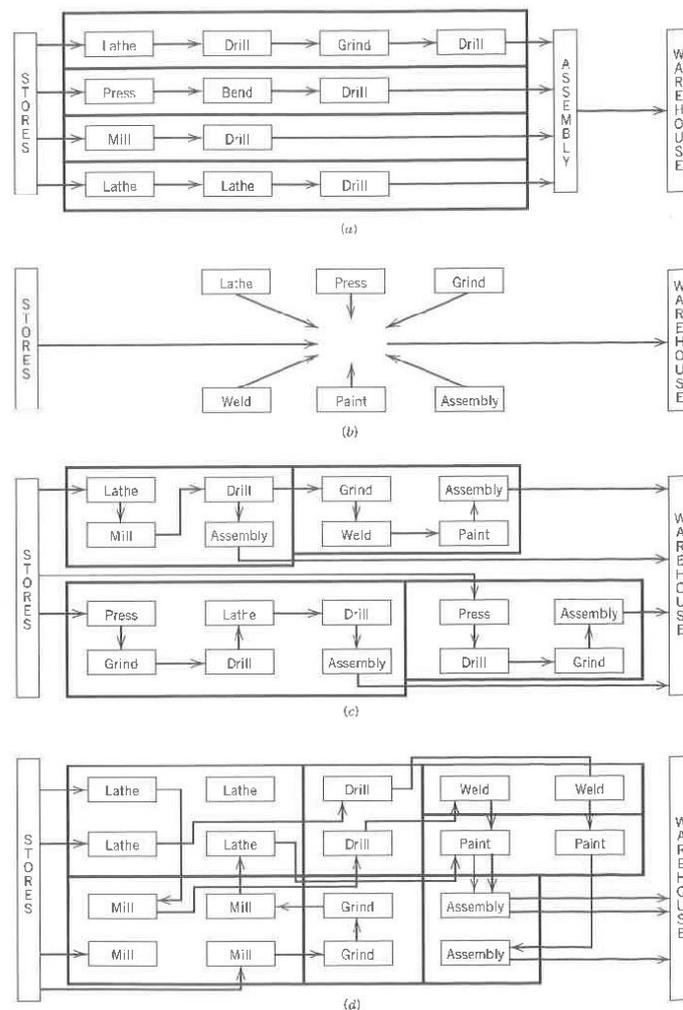


Figura 10 - (a) *Layout* de produção em série, (b) *Layout* produto fixo, (c) *Layout* por família de produto, (d) *Layout* por processo (Tompkins, et al., 2003)

<sup>5</sup> Handling less is best – manusear menos é o melhor

### 2.4.3. Ferramentas de Auxílio Informático

Com o passar dos tempos, o planeamento com auxílio computacional CAPP<sup>6</sup> tem sido alvo de uma vasta investigação na fabricação integrada por computador. Isto porque o CAPP, traduz uma forte ligação entre o *design*, a fabricação e a produção, e onde funções como planeamento, programação e controlo exigem uma informação prévia e a constante atualização do planeamento do processo (Gu, et al., 1995).

Com o crescimento do mercado global, as indústrias competem não só pelos preços dos produtos e pela qualidade, mas também pelo prazo de entrega. Consequentemente, o tempo de ciclo no desenvolvimento de novos produtos e o prazo de produção terão de ser encurtados o máximo possível. Consequentemente, as indústrias estão a tentar reduzir o desenvolvimento e os prazos de entrega, eliminando processos manuais, tais como o planeamento e utilizando ferramentas auxiliares, como o CAPP, para disporem de processos de planeamento automatizados de nível superior (Gu, et al., 1995).

A este nível, e face ao setor em análise neste trabalho, destacam-se os *softwares* de planeamento como o Organimold, SINEX, *Project*, entre outros, sendo específicos da indústria o Organimold (Grandesoft) e o Sinex.

## 2.5. Entrevistas semi-estruturadas

A elaboração e a implementação de uma entrevista tem como intuito recolher informação válida e fiável, obtida a partir das respostas individuais dadas a um conjunto de questões por um grupo representativo de inquiridos, em torno das quais se produzem conclusões (Maciel, et al., 2014).

Existem duas questões centrais a ter em consideração ao realizar entrevistas, que são:

- A elaboração de uma entrevista deve ser bem conduzida, pois qualquer erro poderá pôr em causa a mesma, esta poderá não ser repetível (i.e. poderá não existir outra oportunidade para a sua realização), assim como as suas conclusões finais;

---

<sup>6</sup> CAPP *Computer-Aided Process Planning*

- Outra questão a ter em consideração é usar sempre o mesmo modo de intervenção pelo entrevistador. É necessário conduzir as entrevistas pelo mesmo método, sem necessidade de explicações relativas a algumas questões que possam suscitar dúvidas (Ghiglione, et al., 2001).

Assim, quando se utiliza a recolha de dados por entrevistas o problema coloca-se na necessidade de padronizar as questões e os modos de intervenção do entrevistador. No entanto, a entrevista deve desenvolver-se de forma a acompanhar a linha de pensamento do inquirido. Face às diferentes formas de resposta dos entrevistados, a análise e interpretação das entrevistas deverá ser considerada na sua totalidade por forma a permitir retirar conclusões globais (Ferreira, 2001). Portanto, antes de iniciar os entrevistas é necessário elaborar um planeamento ou um guião. Nesta fase é ainda fundamental definir o público alvo e definir os conceitos que se pretendem avaliar para obter os resultados expectáveis (Figura 11).

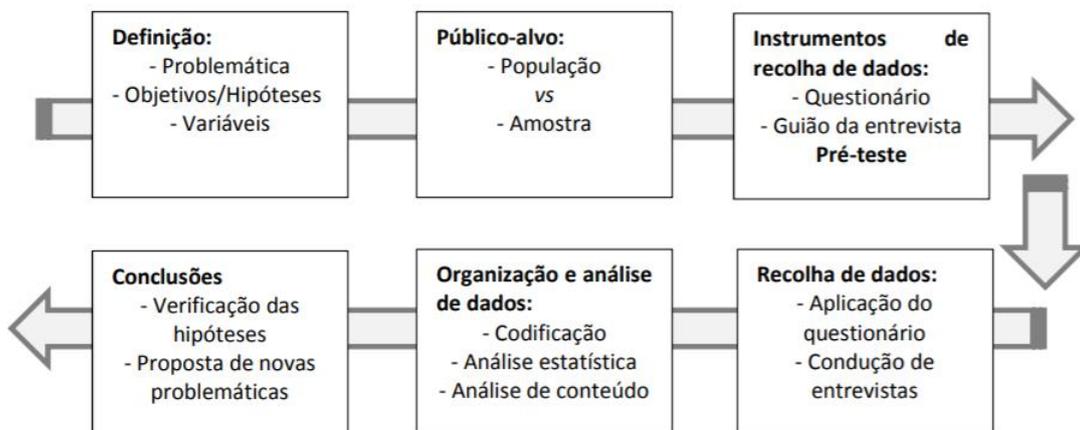


Figura 11 - Planeamento de um inquérito, (Maciel, et al., 2014)



### 3. Metodologia utilizada

Este estudo foi realizado em contexto organizacional na empresa Erosomolde, Lda., fabricante de moldes para a injeção de plásticos, sediada na Barosa, Leiria. Este, realizado durante sete meses (setembro 2018 a março 2019), englobou o estudo e análise dos métodos de planeamento utilizados, do *layout*, e dos processos de trabalho com a finalidade de identificar e propor melhorias à empresa, com particular foco no planeamento dos moldes.

#### 3.1. Caso de estudo – Erosomolde, Lda

A Erosomolde, Lda foi fundada em 1996 e inicialmente situava-se nas Amieirinha, tendo desde logo iniciado a sua atividade no fabrico de moldes técnicos e prestação de serviços de retificação. Posteriormente, em 1998 mudaram de instalações para as Trutas. Desde 2011 encontram-se na Barosa onde dispõem de uma área fabril de 1000  $m^2$ , (Figura 12), (Erosomolde, 2017). Ainda no decorrer desse ano iniciaram uma parceria a nível nacional, que trouxe novos desafios em tecnologia inovadora no funcionamento dos moldes e com o mercado Norte Americano.



Figura 12 - Instalações Erosomolde, Lda.

É uma empresa especializada na conceção e fabrico de moldes para injeção de termoplásticos, com 24 colaboradores e certificada segundo a norma NP EN9001:20015 desde 20-03-2017.

A empresa opera para diversos setores exigentes, tais como, cosmética, medicina, utensílios domésticos e indústria automóvel, tendo a capacidade de produzir moldes de pequena e média dimensão, até às vinte toneladas (Erosomolde, 2017). Trabalha com clientes de diversos países como, Estados Unidos, Brasil, Espanha, França, Alemanha e Suécia (Erosomolde, 2017).

O organograma da empresa está representado na Figura 13. Este ilustra a estrutura hierárquica e organizacional na empresa Erosomolde, Lda.

Ao nível de etapas e processos, e tendo com foco o projeto e fabrico de moldes metálicos para a injeção de termoplásticos, principal atividade da empresa em estudo, de seguida são apresentadas as diferentes operações desenvolvidas na Erosomolde, Lda:

- **Elaboração de orçamentos:** elaboração e comunicação dos orçamentos aos clientes, quer se tratem de moldes, quer se tratem de obras (e.g. reparações, prestação de serviços de erosão, maquinação, alterações, entre outros);
- **Conceção e desenvolvimento do molde:** Conceção e desenvolvimento do molde, desde o seu planeamento, revisão, verificação, validação e controlo das alterações propostas e aceites;
- **Compras e inspeção de receção:** Identificação das necessidades de compra e sua realização, bem como na realização da inspeção de receção para a tomada imediata de ações perante deteção de anomalias;
- **Gestão de equipamentos:** Definir as metodologias seguidas na identificação dos equipamentos e intervenções necessárias nos mesmos;
- **Planeamento, avaliação e melhoria contínua:** Organização para garantir o correto e adequado planeamento, avaliação e melhoria contínua do Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ);
- **Gestão de recursos humanos:** Seleção, recrutamento, acolhimento e formação dos colaboradores;

- **Fabrico:** Elaboração de todos os componentes constituintes do molde. Desde do seu projeto, modelação, programação até ao seu fabrico (maquinação CNC, erosão por penetração, erosão por fio, retificação e ajustamentos).

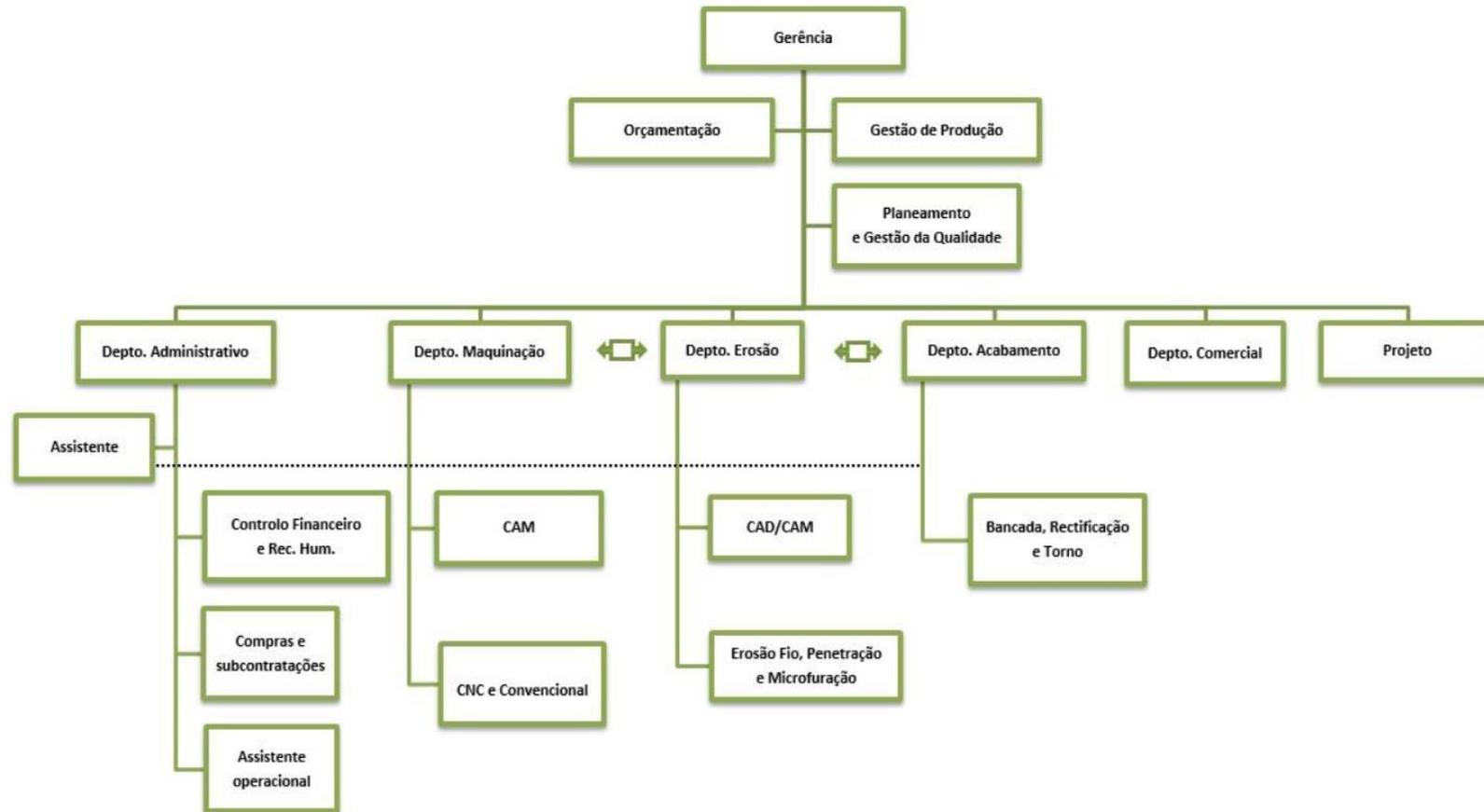


Figura 13 - Organograma EROSOMOLDE, LDA

Primariamente, a metodologia utilizada neste projeto, passou por realizar entrevistas e pela observação de métodos e procedimentos adotados, assim como pela análise documental (e.g. mapas de planeamento de moldes) e recolha de tempos e levantamento de sequências/fluxos de operações. Deste estudo destacam-se as seguintes etapas:

- Realização de entrevistas semiestruturadas aos representantes dos departamentos, com o intuito de perceber os métodos de trabalho;
- Dimensionamento de *layout* para perceber o fluxo das peças e distâncias percorridas pelas peças;
- Levantamento de rotas e sequência de produção dos principais componentes de cinco moldes;
- Desenvolver e validar novas práticas para o planeamento, incluindo a construção de um suporte digital com base no *software Microsoft Project*, tendo como intuito apoiar o planeamento e a produção de moldes, a validar com recurso ao acompanhamento da produção de dois moldes *in loco*;
- Implementação de novas práticas de gestão, e.g. realização de reuniões semanais de planeamento, por forma a contrapor o planeado e o realizado;
- Observação e análise de cada etapa de fabrico para identificar a secção crítica, a posteriormente, aplicar os 5S;
- Recolha de tempos e tarefas inerentes a seis mudanças de peças constituintes de um molde, na máquina de seção de maquinação CNC.

Como técnicas de suporte a estas etapas foram utilizadas, entrevistas, fluxogramas, análise de *layout* e diagramas de esparguete, *Microsoft Project*, 5S e o SMED.



## 4. Estudo e implementação de melhorias

Neste capítulo apresentam-se todos os estudos efetuados na empresa Erosomolde, Lda. Numa primeira fase foram adotadas técnicas de recolha de dados, abarcando desde entrevistas, análise de documentos e observação, tendo como intuito caracterizar os procedimentos existentes ao nível do planeamento dos moldes, assim como perceber as etapas típicas inerentes ao fabrico de moldes. Seguidamente, foram recolhidos e analisados dados registados informaticamente pela empresa referentes a cinco moldes e cruzados com os fluxos típicos do processo produtivo, tendo como intuito perceber as rotas dos diversos componentes do molde, assim como distâncias e percursos inerentes ao *layout*. Esta análise permitiu propor e implementar propostas de melhoria ao nível dos procedimentos e técnicas de suporte ao planeamento dos moldes, assim como ao nível do *layout*, da organização e limpeza e, por último, das mudanças de *setup* nos equipamentos. Foram incluídas em cada etapa de estudo, as análises realizadas, assim como as respetivas propostas de ações de melhoria e resultados alcançados ou estimados.

### 4.1. Entrevistas semiestruturadas

Como referido anteriormente, a primeira etapa do estudo visava perceber e caracterizar os procedimentos existentes ao nível do planeamento dos moldes. Para tal, foram realizadas entrevistas às chefias da empresa (Projeto, Erosão, Maquinação CNC, Bancada, Planeamento, Comercial), com o propósito de perceber como é realizado o planeamento.

Para esse efeito, foi elaborado um guião (Figura 14) de suporte à realização das entrevistas aos responsáveis.



## Mestrado Engenharia Mecânica

### Produção Industrial

#### Entrevista

#### Planeamento

Na Erosomolde, como é feito o planeamento após a adjudicação do molde? É feito por partes?	
Existe alguma reunião de planeamento regularmente? Se sim, com que frequência?	
Utilizam algumas ferramentas de suporte (Excel, Project, outras ferramentas...)?	
Quem/como são definidas as operações das peças e ordem das mesmas? (maquinação CNC, tratamentos térmicos, erosões, etc.)	
Quando existem empates entre peças/ moldes quais os vossos critérios (cliente, urgência, retrabalho)?	
Distinguem o planeamento de molde/peça 1ª vez e peças a retrabalhar após o teste do molde? Como fazem o planeamento dos retrabalhos?	
Como é definida a carga horária de cada operação?	
Conhecem a capacidade dos vossos recursos: por ex. disponibilidade das máquinas e suas características (ex. dimensões máx.), ou n.º de projetos/projetistas	

**Figura 14 - Guião de apoio às entrevistas**

Após realizadas as entrevistas compilou-se toda a informação recolhida, seguindo-se a análise da mesma. Na Tabela 1 apresenta-se um resumo das respostas obtidas por secção da empresa.

Tabela 1 - Resumo das respostas resultante das entrevistas

Secção da Empresa	Resumo das Entrevistas
<b>Comercial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pedido de cotação e prazo (cliente);</li> <li>• Orçamento feito pelos CEO'S de acordo com a complexidade, não existe cálculo das fases de maquinação, mas estimativas pela experiência.</li> </ul>
<b>Planeamento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formado por partes (atualizado quando há alteração no molde);</li> <li>• Não existem reuniões de planeamento, os colaboradores comunicam entre si durante o horário laboral;</li> <li>• Ferramentas utilizadas – <i>Microsoft Excel e Project (free)</i>;</li> <li>• Não existe previsão de tempos de maquinação.</li> </ul>
<b>Projeto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caso não haja disponibilidade, as prioridades são feitas primeiramente pelo prazo e a seguir pelas peças mais pequenas e com geometrias simples;</li> <li>• Empates entre moldes, primeiro é tido em conta os prazos, depois a disponibilidade das máquinas e por fim serviços subcontratados;</li> <li>• Para remediar atrasos são feitas horas extras.</li> </ul>
<b>Fresagem convencional/ CNC</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• As peças prioritárias são as peças que não dependem somente da maquinação CNC. Segue-se a peça mais trabalhosa, tendo sempre em conta a máxima rentabilidade das máquinas;</li> <li>• Sobre os atrasos recorre-se à subcontratação e horas extras.</li> </ul>
<b>Erosão</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prioridade entre peças é feita segundo os prazos do molde, depois tenta-se sempre maximizar a rentabilidade das máquinas;</li> <li>• Caso não haja disponibilidade recorrem à subcontratação, tentando sempre prevêê-las o mais atempadamente possível.</li> </ul>
<b>Retificação/ Bancada</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prioridade entre peças é feita primeiramente com o prazo do molde. De seguida são as peças que ainda vão sofrer maquinações, de forma que estas não fiquem “paradas”;</li> <li>• Para remediar os atrasos recorrem a horas extras e a subcontratações.</li> </ul>

Após as entrevistas, foram realizadas várias reuniões com os responsáveis de CNC, bancada e erosão. O objetivo foi melhor compreender o fluxo do processo produtivo e quais as rotas possíveis explicativas dos percursos das peças em cada secção. Seguidamente, com base na informação recolhida nas entrevistas e nas reuniões, foi elaborado um fluxograma genérico

do processo relativo à conceção e fabrico do molde que engloba todas as etapas, i.e. desde o primeiro contacto com o cliente, até à expedição molde (Anexo A).

Na Figura 15 está representada a primeira etapa do processo, onde numa primeira abordagem a empresa pode tomar iniciativa de contactar um novo cliente ou pode ser contactada por um potencial cliente. No primeiro caso, e antes deste se vincular à empresa, o cliente pode realizar uma auditoria prévia à Erosomolde, Lda com o intuito de verificar se esta está conforme os seus parâmetros de seleção. Caso esteja conforme, segue-se o pedido de cotação para o molde. Por outro lado, a empresa pode ser contactada por um cliente a solicitar um pedido de cotação. Após os pedidos de cotação, e caso estes sejam aprovados, o molde é adjudicado.

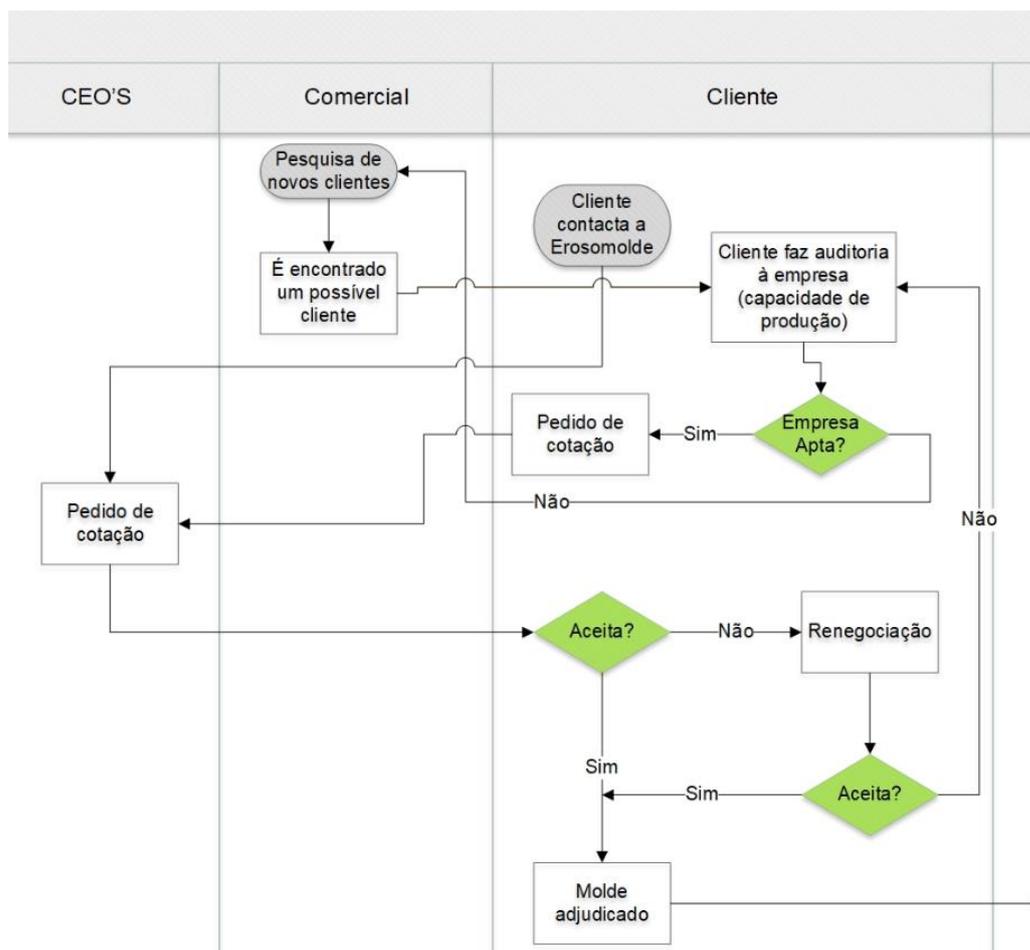


Figura 15 - Primeira etapa do processo

Após a adjudicação do molde, segue-se a elaboração do preliminar molde, i.e. desenhado o pré-projecto do molde e onde são tomadas decisões relativas à solução do molde, como por exemplo, tipo de molde (e.g. convencional, bi-material, etc), materiais, sistema de injeção, entre outras. Quando este estiver terminado, segue para aprovação para o cliente. Caso não esteja conforme com as especificações do cliente, o molde preliminar terá de ser refeito (Figura 16). Caso contrário, o molde segue para a próxima etapa: projeto 3D.

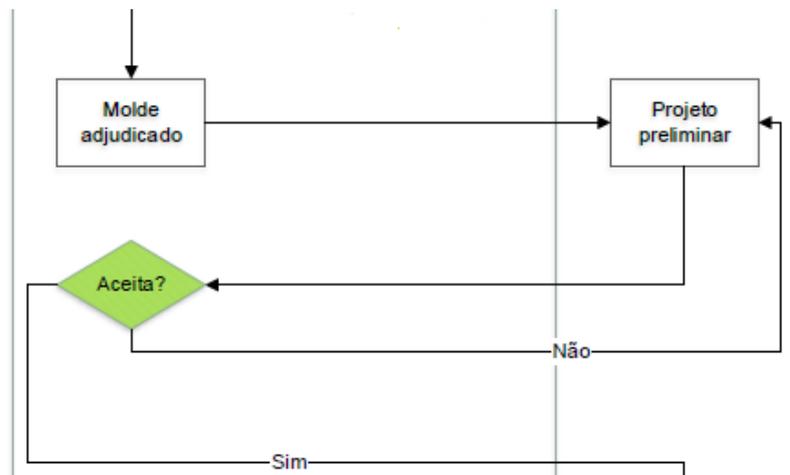


Figura 16 - Segunda etapa do processo

Nesta etapa é elaborado o projeto final do molde, e simultaneamente, procede-se à compra dos aços e à elaboração do plano de trabalhos. Este plano é atualizado e enviado ao cliente semanalmente (Figura 17).

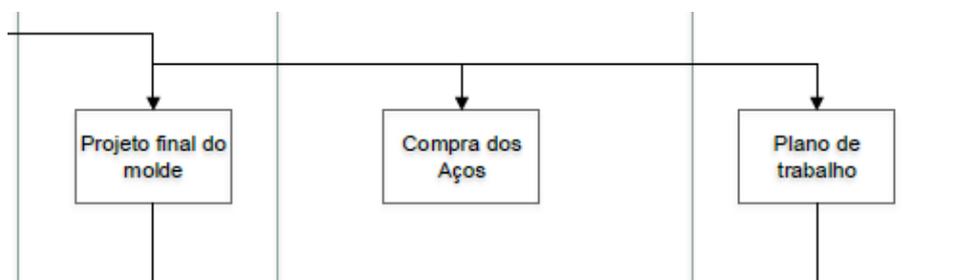


Figura 17 - Terceira etapa do processo

Após a conclusão do projeto final do molde, seguem-se as requisições dos restantes acessórios do molde, subcontratações, Programação CNC e Modelação e Programação de eletrodos (Figura 18).

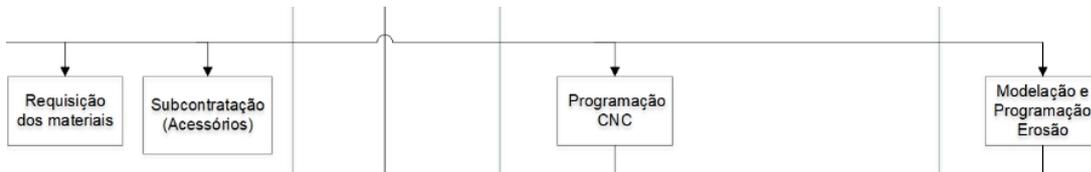


Figura 18 - Quarta etapa do processo

Após estas etapas, as peças são divididas por zona moldante ou por estrutura do molde (Figura 19).

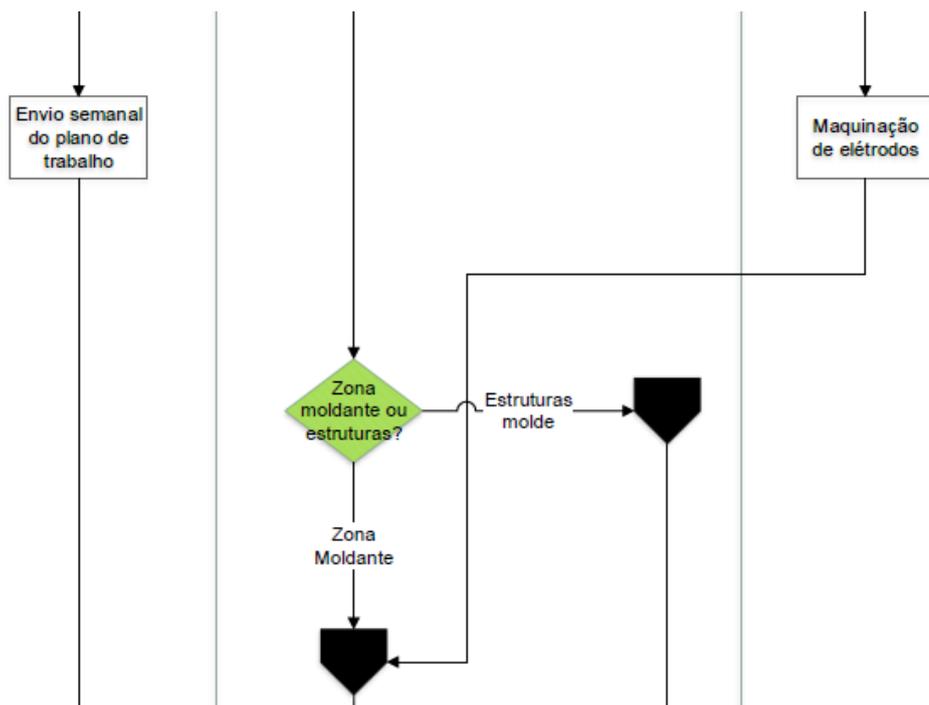


Figura 19 - Quinta etapa do processo

Caso as peças pertençam ao grupo da zona moldante, estas seguem a seguinte trajetória (Figura 20):

1. Se a peça for arredondada, o aço inicial segue para o torno. Caso contrário segue para a operação de galgamento, que pode ser ou não subcontratada. Caso as dimensões da peça excederem (500x500x300 mm), então a operação de galgamento irá ser executada externamente;
2. As peças arredondadas após concluírem a operação de torno, seguem logo para os tratamentos térmicos. Enquanto as peças que foram para o galgamento seguem para a operação de furação (refrigeração e/ou fixação);
3. Após a operação de furação, as peças passam pela operação de desbaste e de seguida vão para tratamento térmico;
4. Todas as peças que sofrem tratamentos térmicos, passam pela operação de retificação, pois após os tratamentos térmicos as peças podem ganhar empenos, logo a passagem pela retificação garante que as peças passam para as próximas operações desempenadas, evitando erros futuros;
5. Após a operação de retificação, as peças arredondadas seguem para as operações de erosão. Enquanto as restantes peças, vão primeiro ao acabamento CNC e só depois seguem para as operações de erosão;
6. Quando as peças vão para a secção de erosão existem algumas decisões a tomar, pois há peças que só necessitam de erosão de fio, outras só necessitam de erosão por penetração, sendo que algumas podem sofrer as duas operações ou então podem não necessitar de nenhum tipo de erosão;
7. Antes das peças passarem para a operação de polimento, passam pelo controlo dimensional. Caso haja alguma não conformidade, as peças ficam retidas até algum responsável tomar uma decisão;
8. Após o controlo as peças seguem para o polimento e por último seguem para a bancada onde são montados e elaborados os ajustamentos finais no molde.

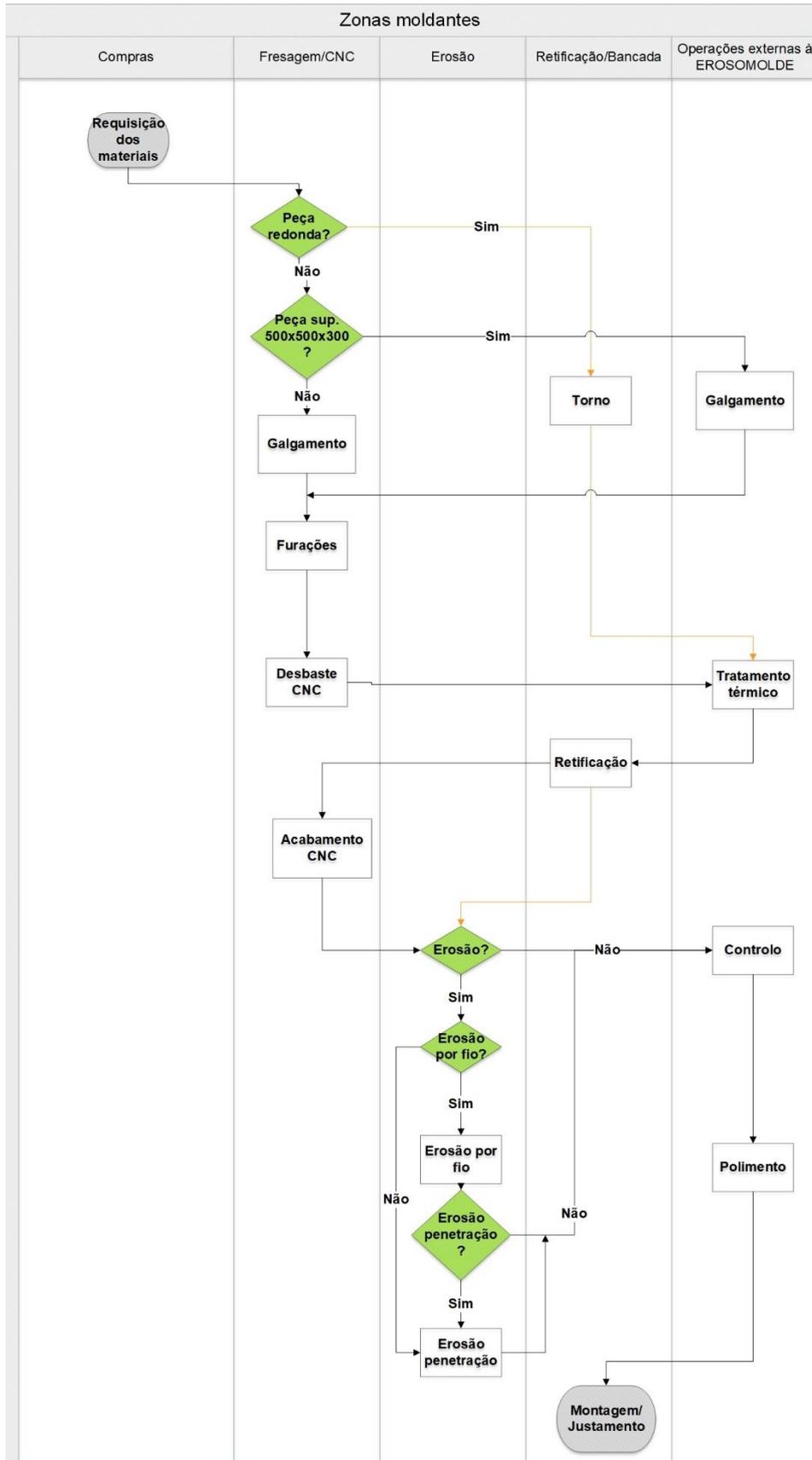


Figura 20 - Trajetória seguida pelas peças da zona moldante

No caso de peças constituintes da estrutura do molde, estas seguem o seguinte percurso (Figura 21):

1. Tal como acontece com as peças constituintes das zonas moldantes, estas também sofrem o processo de galgamento. Caso as suas dimensões sejam superiores a 500x500x300 mm, esta operação é subcontratada;
2. Após a operação de galgamento, as peças seguem para a operação de furação (fixação e/ou refrigeração);
3. A operação seguinte deverá ser a maquinação de desbaste. No entanto, caso se estime que a peça tenha pouca ou nenhuma probabilidade de empeno após esta operação, esta pode ser ignorada e a peça avança para a operação de retificação. Nestes casos, a maquinação de acabamento irá englobar também a maquinação de desbaste.
4. Após a operação de desbaste a peça passa pela operação de retificação para garantir o paralelismo das peças assegurando assim que as maquinações posteriores fiquem conformes;
5. De seguida as peças seguem para as operações de acabamento;
6. Após as operações de acabamento, caso as peças tenham furos roscados, seguem para o engenho de furar;
7. Depois das operações de acabamento e de roscagem, as peças seguem para o controlo. Nesta etapa, mais uma vez, caso haja alguma não conformidade a peça fica retida até o responsável tomar uma decisão;
8. Após o controlo, as peças seguem para a montagem e ajustamento.

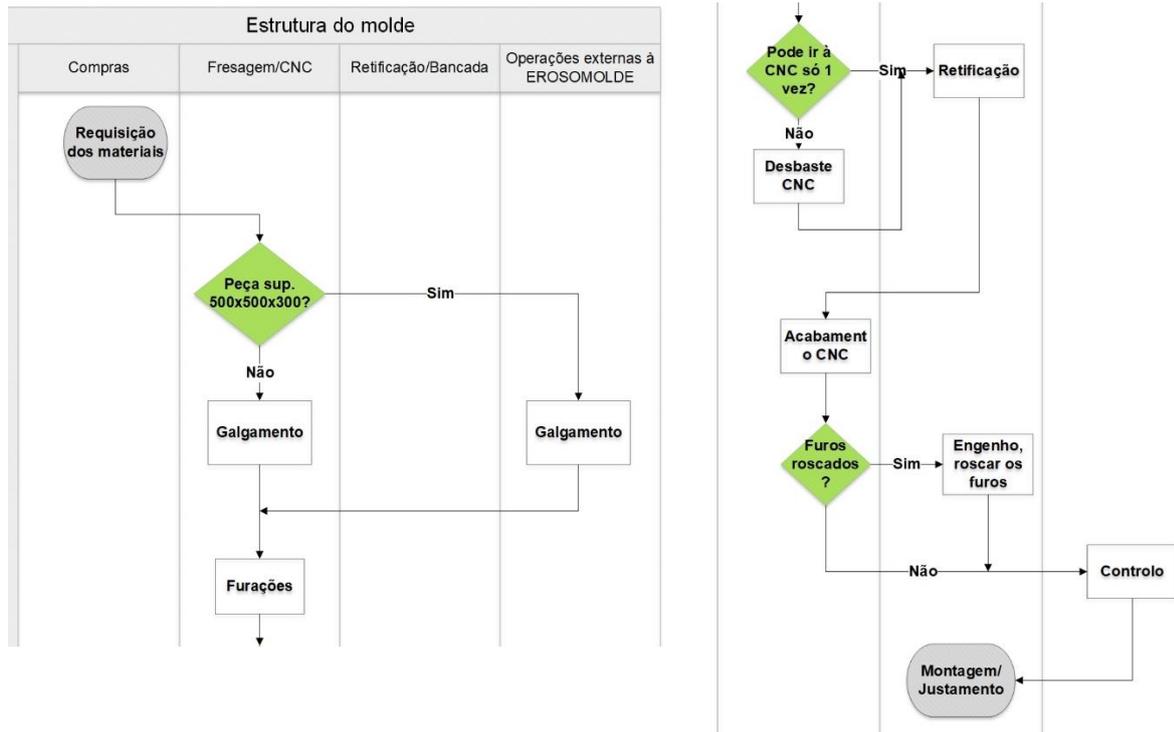


Figura 21 - Trajetória seguida pelas peças da estrutura do molde

À medida que as peças são concluídas, estas vão para a bancada. Normalmente as primeiras peças acabadas são as constituintes da estrutura do molde. Estas são montadas, mesmo quando as restantes peças ainda não se encontram na mesma situação. Depois à medida que as restantes peças são terminadas, vão sendo montadas no molde e no final da montagem, este passa para a fase de ajustamento.

Após o ajustamento do molde, este vai ao primeiro ensaio. Após o ensaio (subcontratado), existem testes de qualidade às peças extraídas. Caso as peças estejam conformes, o molde regressa à empresa fabricante e as peças das zonas moldantes que levam gravações seguem para a fase de gravação (Figura 22).

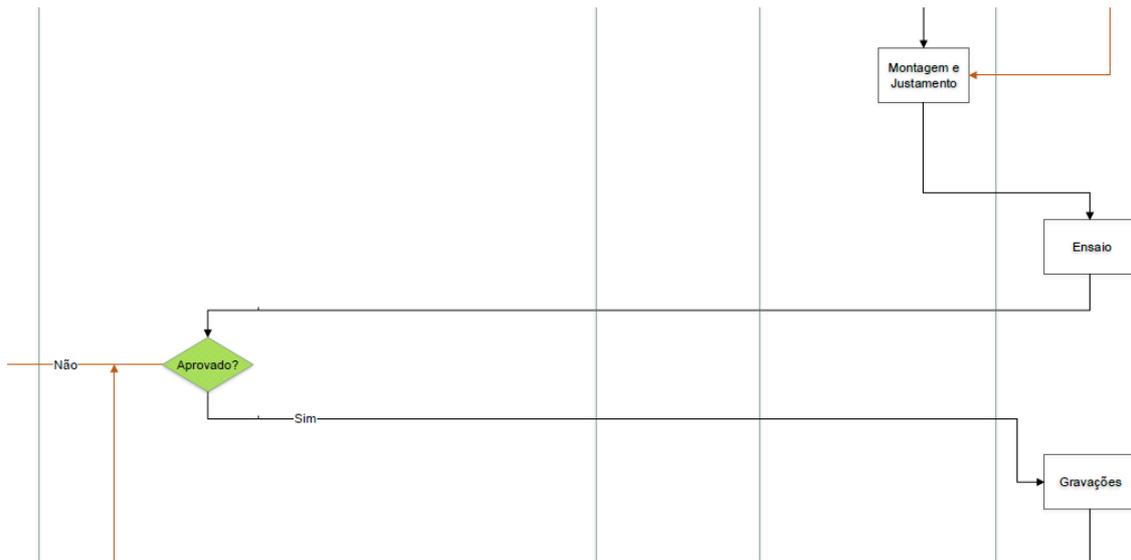


Figura 22 - Sexta etapa do processo

Quando as peças já têm as gravações, voltam a ser montadas no molde e este segue novamente para teste. De seguida é elaborada uma nova análise às peças extraídas do molde, caso as peças estejam conformes, e se a mesma necessitar de textura, o molde segue novamente para a bancada e são desmontadas todas as peças das zonas moldantes que necessitem de textura que seguem para esta fase. Após concluída a fase de textura, o molde vai novamente ao teste e são novamente analisadas as peças extraídas do molde. Caso estas estejam conformes e aprovadas pelo cliente, o molde é então expedido (Figura 23).

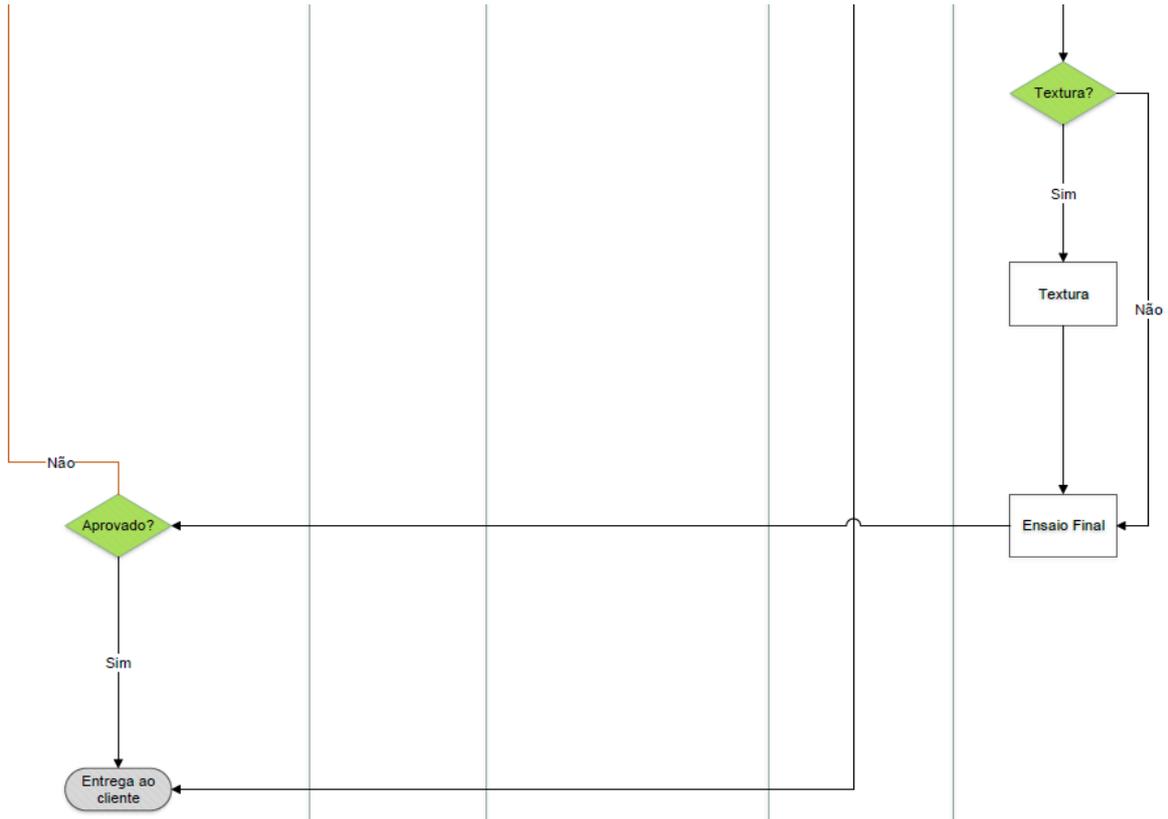


Figura 23 - Sétima etapa do processo

Em todos os testes, na ocorrência de não conformidades, o molde não é aprovado e existe o início de correções e/ou alterações (Figura 24).

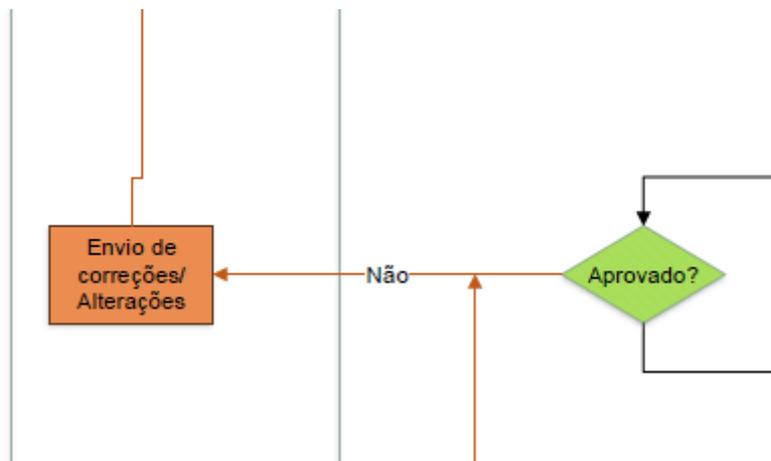


Figura 24 - Oitava etapa do processo

Após a análise das correções e/ou alterações, poderá ser necessário a alteração do molde. Se houver alteração do molde, a secção de projeto efetua a análise do problema e procede à execução das alterações necessárias. Após esta tarefa o molde vai para a bancada para serem desmontadas as peças a alterar. Caso não haja nenhuma alteração de projeto, mas apenas de correção de dimensões, o molde segue logo diretamente para a bancada para serem desmontadas as peças a corrigir (Figura 25).

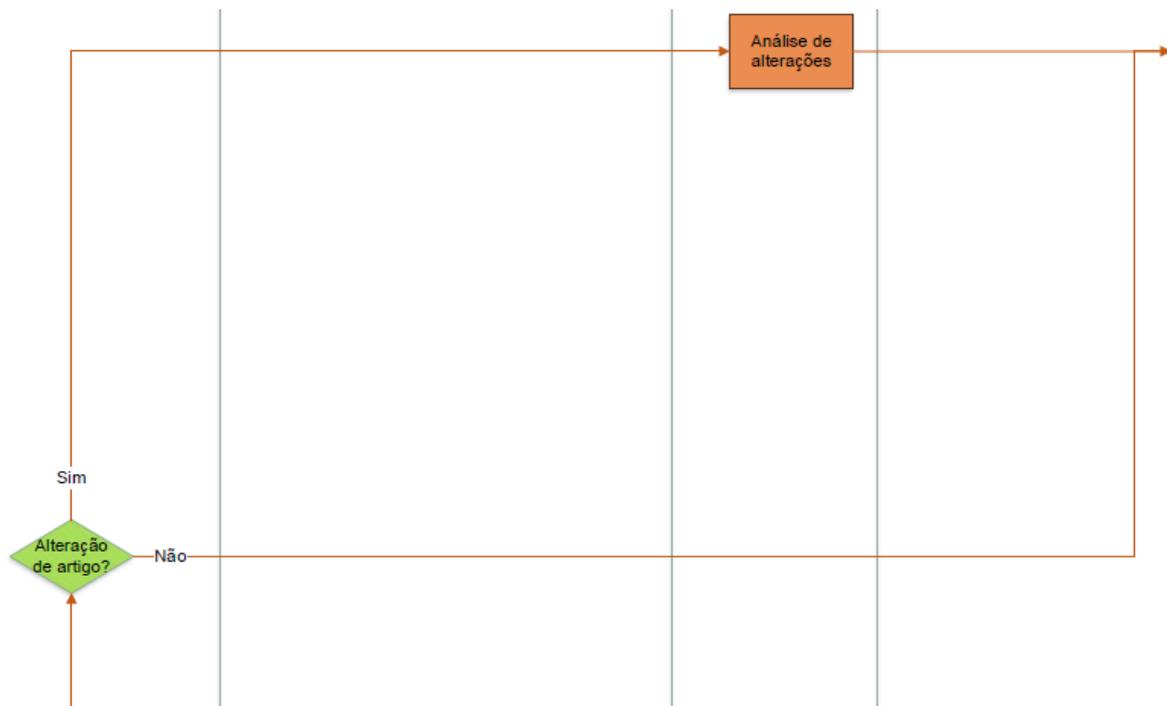


Figura 25 - Nona etapa do processo

Quando o molde é desmontado na bancada para elaborar as respetivas alterações, existe uma situação muito frequente para correção de dimensões que é a necessidade de adicionar material e a solução mais utilizada é a utilização de soldadura. Posteriormente, estas peças alteradas/corrigidas poderão ter de passar por outras operações, tais como operações de erosão, desbaste CNC e acabamento CNC (Figura 26).

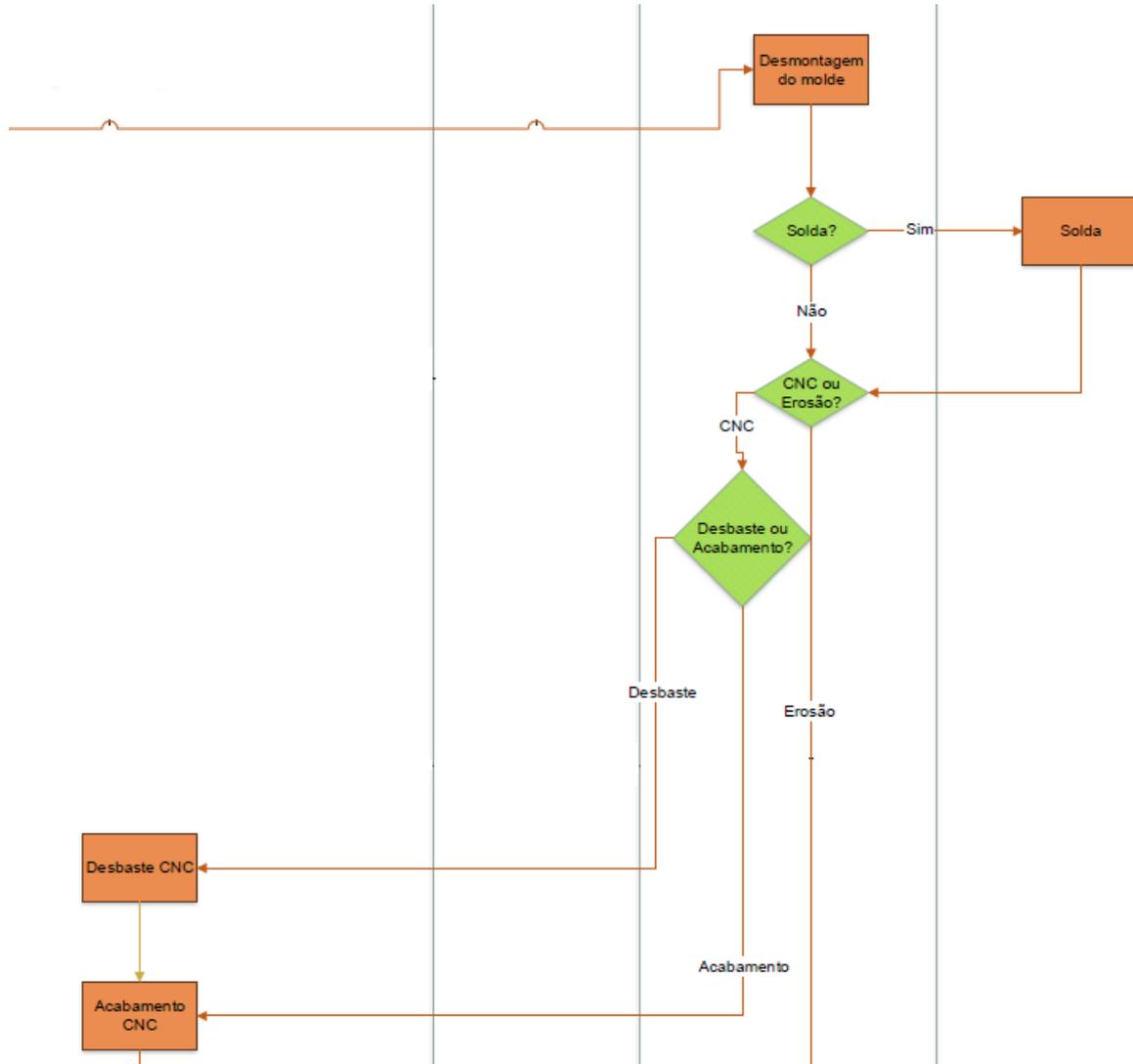


Figura 26 - Décima etapa do processo

Quando as peças alteradas estiveram concluídas, estas, caso necessário, seguem para o polimento. De seguida, são novamente montadas no molde e segue-se o mesmo procedimento: o molde vai a teste e depois, caso seja aprovado, é expedido para o cliente. Caso contrário, volta a seguir o caminho descrito anteriormente (Figura 27).

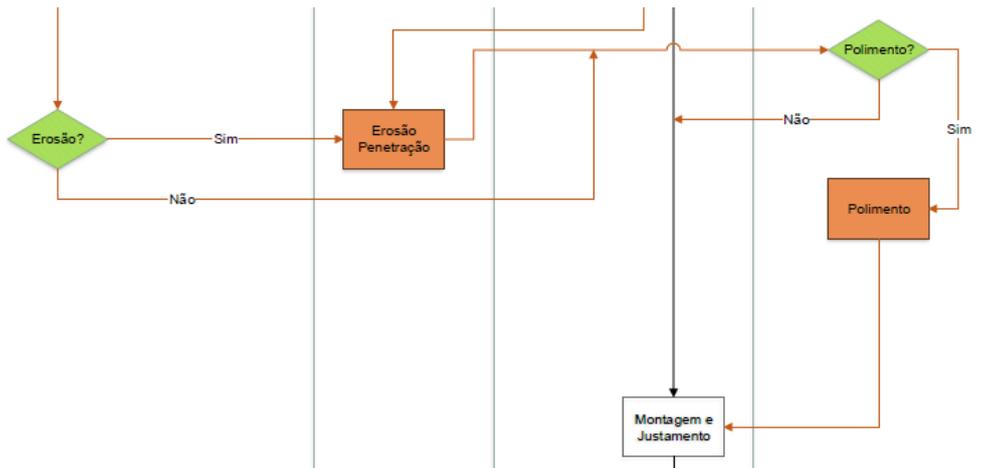


Figura 27 - Décima-primeira etapa do processo

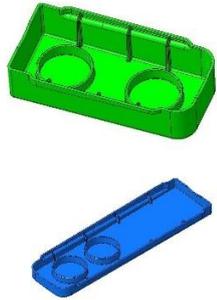
## 4.2.Recolha de dados: moldes e equipamentos

Tendo como intuito perceber as rotas dos diversos componentes do molde, assim como recolha de dados de tempos de homem e de máquina, foram analisados dados de cinco moldes, incluindo todas as operações internas e externas à Erosomolde, Lda que estas peças sofreram (e.g. tratamentos térmicos, polimentos, controlo dimensional, etc.). Foram estudados dados ao nível de operador e máquina, assim como datas de entradas e saídas das peças na empresa. A Tabela 2 apresenta informação correspondente a cada molde que foi analisado incluindo-se também a respetiva imagem do artigo que produz.

Tabela 2 - Características dimensionais dos moldes analisados

Moldes	Imagem dos artigos
<p>Molde <b>ER 422</b>, de pequena dimensão com dimensões máximas de 496x396x474, com um peso de 700 Kg. O molde é constituído por:</p> <p><u>Zonas Moldantes:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uma cavidade, peça 100;</li> <li>• Três postigos da cavidade, peças 100A, 100B, 100C;</li> <li>• Uma bucha, peça 200;</li> <li>• Um postigo da bucha, peça 200A;</li> <li>• Dois elementos móveis, peças 80 e 81.</li> </ul> <p><u>Estrutura:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uma chapa das cavidades, peça 2;</li> <li>• Uma chapa das buchas, peça 3;</li> <li>• Uma chapa extratora, peça 11.</li> </ul>	

<p>Molde <b>ER 423</b>, de pequena dimensão com dimensões máximas de 446x346x577, com um peso de 700 Kg. O molde é constituído por:</p> <p><u>Zonas Moldantes:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uma cavidade, peça 100;</li> <li>• Um postiço da cavidade, peças 100A;</li> <li>• Uma bucha, peça 200;</li> <li>• Dois postiços da bucha, peças 200A e 200A1;</li> <li>• Dois elementos móveis, peças 80 e 81.</li> </ul> <p><u>Estrutura:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chapa de aperto da injeção, peça 1;</li> <li>• Uma chapa das cavidades, peça 2;</li> <li>• Uma chapa das buchas, peça 3;</li> <li>• Calços, peças 5 e 6;</li> <li>• Chapa dos extratores, peça 7;</li> <li>• Chapa de aperto da extração, peça 9;</li> <li>• Chapa móvel de injeção, peça 10;</li> <li>• Uma chapa extratora, peça 11.</li> </ul>	
<p>Molde <b>ER 424</b>, de pequena dimensão com dimensões máximas de 296x246x313, com um peso de 180 Kg. O molde é constituído por:</p> <p><u>Zonas Moldantes:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Duas cavidades, peça 101 e 102;</li> <li>• Duas buchas, peça 201 e 202;</li> <li>• Um postiço da bucha, peças 201B;</li> <li>• Dois elementos móveis, peças 80 e 81.</li> </ul> <p><u>Estrutura:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chapa de aperto da injeção, peça 1;</li> <li>• Uma chapa das cavidades, peça 2;</li> <li>• Uma chapa das buchas, peça 3;</li> <li>• Calços, peças 5 e 6;</li> <li>• Chapa dos extratores, peça 7;</li> <li>• Chapa de aperto dos extratores, peça 8;</li> <li>• Chapa de aperto da extração, peça 9.</li> </ul>	
<p>Molde <b>ER 425</b>, de pequena dimensão com dimensões máximas de 246x246x333, com um peso de 160 Kg. O molde é constituído por:</p> <p><u>Zonas Moldantes:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uma cavidade, peça 100</li> <li>• Um postiço da cavidade, peça 100A;</li> <li>• Uma bucha, peça 200;</li> </ul> <p><u>Estrutura:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Chapa de aperto da injeção, peça 1;</li> <li>• Uma chapa das cavidades, peça 2;</li> <li>• Uma chapa das buchas, peça 3;</li> <li>• Calços, peças 5 e 6;</li> <li>• Chapa dos extratores, peça 7;</li> <li>• Chapa de aperto dos extratores, peça 8;</li> <li>• Chapa de aperto da extração, peça 9;</li> <li>• Uma chapa extratora, peça 11</li> </ul>	
<p>Molde <b>ER 426</b>, de pequena dimensão com dimensões máximas de 296x246x333, com um peso de 190 Kg.</p>	

<p>O molde é constituído por:</p> <p><u>Zonas Moldantes:</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Uma cavidade, peça 100</li><li>• Uma bucha, peça 200;</li><li>• Dois posições da bucha, peças 200A e 200B;</li></ul> <p><u>Estrutura:</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Chapa de aperto da injeção, peça 1;</li><li>• Uma chapa das cavidades, peça 2;</li><li>• Uma chapa das buchas, peça 3;</li><li>• Calços, peças 5 e 6;</li><li>• Chapa dos extratores, peça 7;</li><li>• Chapa de aperto dos extratores, peça 8;</li><li>• Chapa de aperto da extração, peça 9;</li><li>• Uma chapa extratora, peça 11</li></ul>	
--	---

A seleção destes moldes para análise teve em conta que estes faziam parte de um conjunto que permitem a injeções de peças poliméricas que se interligam dando forma a um único produto (Figura 28). É importante salientar, que cruzando a informação obtida na análise dos ficheiros de dados relativos ao fabrico dos moldes em análise, com o estudo detalhado do processo produtivo, feito *a posteriori*, constatou-se a existência de operações e dados não incluídos nos ficheiros de dados registados informaticamente pela empresa e utilizados para efeitos de contabilização de custos, que irão ser descritos seguidamente.



Figura 28 - Conjunto das peças extraídas dos moldes em análise

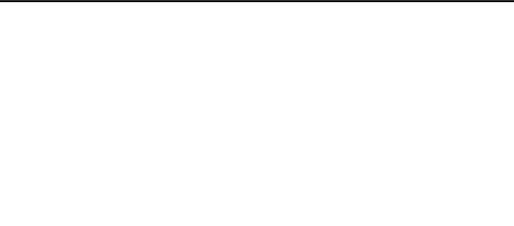
Nesta fase do presente estudo, foi recolhida informação relativa aos equipamentos das secções de erosão e de maquinaria CNC (etapas englobadas no fabrico), em particular as

suas funções e limitações (Tabela 3), por forma a identificar as razões subjacentes ao plano de carga destes equipamentos (i.e. distribuição de componentes de peças a maquinar).

Tabela 3 – Maquinaria e respetivas características

Nome da máquina e respetivas funções/características	Foto máquina
<p><b>1.1 ONA DB300:</b> Máquina de erosão penetração, com limite de peso máximo de 1800kg, com os seguintes limites de curso, 395x310x300 mm e mesa de 650x400 mm. Acabamentos com granulagem VDI 3400.</p> <p><b>Funções:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Peças com injeção submarina,</li> <li>-Peças que são subcontratadas de outras empresas tentam-se maquinar nesta máquina, pois sendo mais pequena é mais fácil de acompanhar a maquinação da peça e verificar se o trabalho está a correr bem e caso aconteça alguma coisa de errado, também é mais fácil de dar conta e de intervir;</li> <li>-Trabalhos mais minuciosos pelo facto de haver melhor visibilidade, caso aconteça algo de errado aquando a maquinação.</li> </ul>	
<p><b>1.2 ONA NX 400</b> Máquina de erosão penetração, com limite de peso máximo de 2000kg, com os seguintes limites de curso, 600x400x400 mm e mesa 800x600 mm.</p> <p><b>Funções:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Por vezes pode haver um conjunto de peças mais pequenas, mas que sejam todas iguais, neste caso como a máquina tem uma mesa de trabalho maior, podem ser agrupadas e maquinadas todas ao mesmo tempo.</li> </ul>	
<p><b>1.6 MAKINO</b> Máquina de erosão fio, com limite de peso máximo de 250kg, com os seguintes limites de curso, 600x400x420 mm e mesa 900x710 mm.</p> <p><b>Funções:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Peças que contenham caixas para postigos;</li> </ul>	

<p>-Calibração de extratores; -Peças que contenham geometrias rigorosas.</p>	
<p><b>5.1 CNC TAKUMI VC 1052</b> Centro de maquinação CNC, com limite de peso máximo de 650kg, com os seguintes limites de curso, 1000x500x500 mm e mesa 1560x520 mm.</p> <p><b>Funções:</b> -Desbaste e acabamento de peças inferiores a 1000x500x500; -Três eixos de liberdade.</p>	
<p><b>5.2 CNC BRIDGPORP 1000-XP</b> Centro de maquinação CNC com limite de peso máximo de 3000kg, com os seguintes limites de curso, 1000x600x600 mm e mesa 1150x580 mm.</p> <p><b>Funções:</b> -Galgamento e desbaste de peças inferiores a 500x500x300; -Três eixos de liberdade.</p>	
<p><b>5.4 CNC BRIDGPORT VCM 1000-30</b> Centro de maquinação CNC, com limite de peso máximo de 3000kg, com os seguintes limites de curso, 1000x600x600 mm e mesa 1150x580 mm.</p>	

<p><b>Funções:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Galgamento e desbaste de peças inferiores a 500x500x300;</li> <li>-Três eixos de liberdade.</li> </ul>	
<p><b>1.5 CNC TAKUMI H16</b></p> <p>Centro de maquinação CNC, com limite de peso máximo de 5000kg, com os seguintes limites de curso, 1600x1300x700 mm e mesa 1900x1300 mm.</p> <p><b>Funções:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Apta para furações em z “direitas”;</li> <li>-Desbaste;</li> <li>-Acabamento;</li> <li>-Tem uma mesa maior o que permite colocar mais do que uma peça ao mesmo tempo;</li> <li>-Três eixos de liberdade.</li> </ul>	
<p><b>1.6 CNC ROLLER XL</b></p> <p>Centro de maquinação CNC, com limite de peso máximo de 3000kg, com os seguintes limites de curso, 1000x1000x600 mm e mesa 1000x1000 mm.</p> <p><b>Funções:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Furações inclinadas e laterais;</li> <li>-Acabamentos;</li> <li>-5 Graus de liberdade.</li> </ul>	
<p><b>5.7 CNC TAKUMI G700</b></p> <p>Centro de maquinação CNC, com limite de peso máximo de 1500kg, com os seguintes limites de curso, 600x400x400 mm e mesa 810x620.</p> <p><b>Funções:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Maquinação de elétrodos (Grafite);</li> </ul>	

-Três eixos de liberdade.



Assim, com a informação recolhida e tratada com base em fluxogramas, percebe-se que existe um conjunto de informação das máquinas crítica para a decisão da carga/distribuição de trabalho. Com base nas características dos equipamentos, foram então elaborados fluxogramas de suporte ao planeamento, tanto para a secção CNC, como para a secção de erosão, tendo como intuito apoiar a definição das rotas e das cargas de trabalho por equipamento. Estes fluxogramas podem ser consultados nas figuras Figura 29 e Figura 30.

A Figura 29, representa as linhas orientadoras para a secção de erosão com o intuito de distribuir o trabalho pelas máquinas desta secção. A primeira verificação a ter em conta é o tamanho da peça, pois caso seja superior a 395x310x300 (mm), a única máquina apta é a máquina de erosão ONA NX400. Todas as outras podem ser maquinadas nas duas máquinas de erosão existentes na empresa. Contudo, todos os trabalhos que sejam minuciosos, que tenham erosões submarinas ou que resultem de retrabalhos subcontratados, a preferência passa pela utilização da máquina ONA DB300, pois como o seu tamanho é mais reduzido, existe melhor visibilidade e permite acompanhar melhor a execução do trabalho, detetando-se mais facilmente se o trabalho está a correr bem ou não, e caso esteja a ocorrer algum erro consegue-se intervir mais rapidamente. Uma outra situação a ter em conta é o número de peças iguais, pois se houver um grande número de peças iguais, estas podem ser maquinadas na ONA NX400, pois como tem um tamanho superior, é possível maquinar as peças todas ao mesmo tempo.

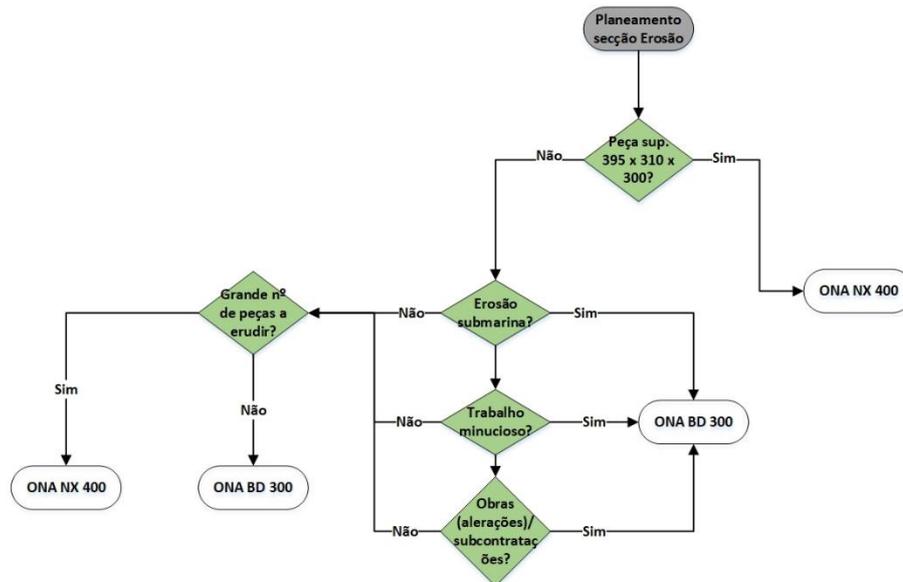


Figura 29-Fluxograma planeamento Erosão

Em relação ao planeamento da secção de CNC, à semelhança da secção de erosão, o critério inicial é o tamanho das peças, pois se forem superiores a 500x500x300 mm, a operação de galgamento é subcontratada, caso contrário pode ser elaborada nas máquinas descritas na Figura 30. Após a operação de galgamento segue-se a operação de furação, em que esta é dividida por furações inclinadas/laterais e furações em “z”. As furações inclinadas/laterais são elaboradas numa máquina de 5 eixos, logo será na CNC ROLLER, enquanto as outras furações podem ser feitas nas restantes CNC’s, exceto se as peças forem superiores a 1000x600x600. Neste caso só poderão ser elaboradas na CNC TAKUMI H16. Na fase de desbaste um fator decisivo é a existência de faces inclinadas ou necessidade de desbastes laterais em que estas operações, mais uma vez, só podem ser realizadas numa máquina de 5 eixos. Todas as outras operações de desbaste podem ser feitas nas restantes máquinas, exceto se forem superiores à medida anterior mencionada. Para a fase de acabamento, repetem-se os mesmos fatores de decisão descritos no desbaste.

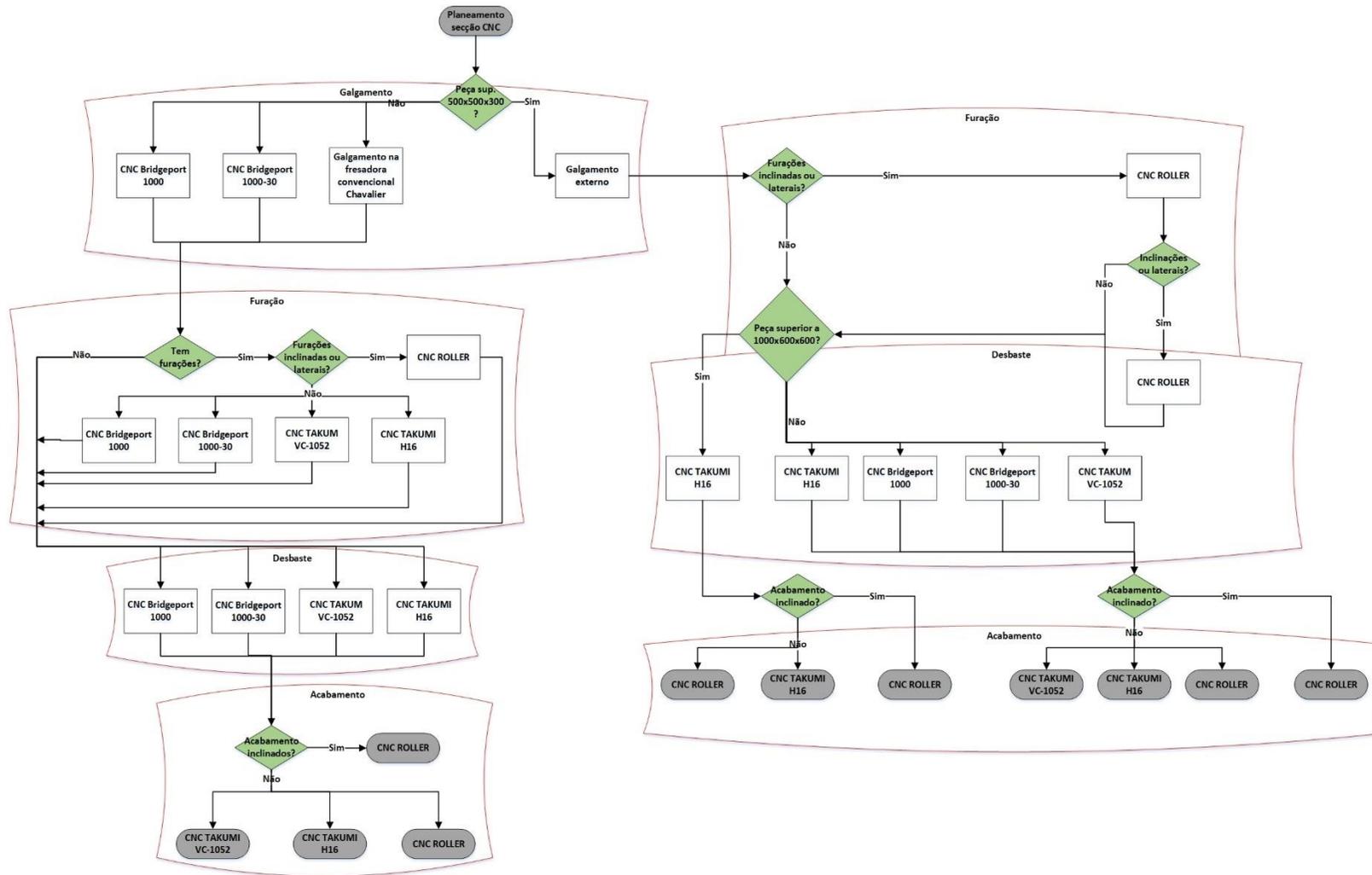


Figura 30 - Fluxograma planeamento CNC

### 4.3. Análise de dados: tempos e sequência de operações

Com base nos dados recolhidos, foi elaborado para todas as peças que constituem as zonas moldantes de cada molde em estudo, um conjunto de esquemas e respetivos fluxogramas, assim como a rota/circuito que as peças da zona moldante de cada molde percorreram. Salienta-se que apenas foram analisadas as peças constituintes das zonas moldantes, por serem estas que, por norma, requerem maior número de operações de maquinação. Na Figura 31 e na Figura 32 apresentam-se, respetivamente, um esquema e um fluxograma constituente do molde 422. No anexo B.1 podem ser consultados, tanto o esquema, como o fluxograma representado na Figura 31 e Figura 32, como os restantes fluxogramas deste molde. Nos anexos B.2 a B.5 estão representados os esquemas e fluxogramas dos restantes moldes.

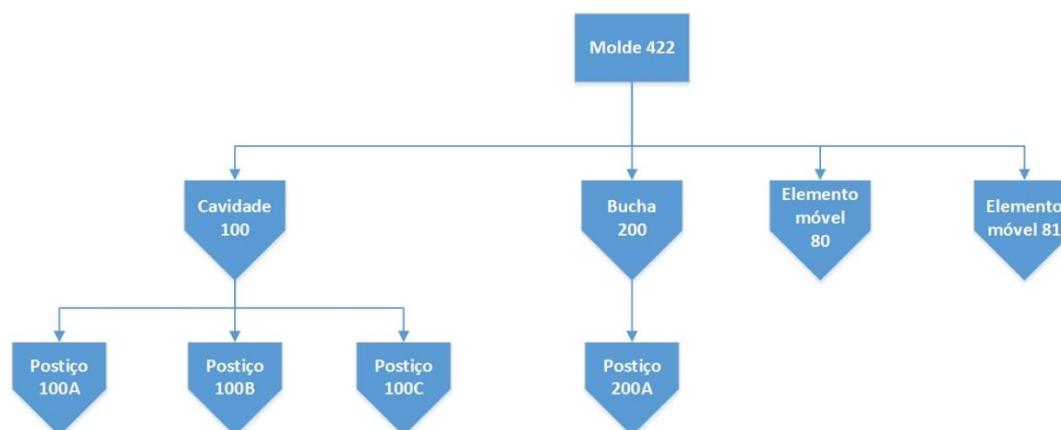


Figura 31- Esquema da constituição do molde 422

Como se pode observar a Figura 31 apresenta o esquema elaborado para o molde 422 que mostra todas as peças constituintes da zona moldante (i.e. cavidade, buchas e elementos móveis). A Figura 32 apresenta o fluxograma elaborado para a cavidade, peça 100, do molde 422. Este fluxograma evidencia o “caminho” que a peça percorreu em termos de equipamentos/operações. Com o cruzamento dos fluxogramas anteriormente descritos, Figura 29 e Figura 30, é possível perceber quais as operações que cada máquina executou, como por exemplo, a peça começou na CNC ROLLER para realizar as furações inclinadas/laterais, depois foi para a CNC TAKUMI H16, para possivelmente obter as furações em Z e os desbastes. Pode-se verificar que a peça passou novamente pela CNC ROLLER, antes de ir a tratamento térmico,

logo essa peça poderia ter faces inclinadas que necessitassem de desbaste de faces inclinadas/laterais. Contudo, como na fase de acabamento esta não voltou à CNC ROLLER, essa hipótese foi excluída. O que poderá ter acontecido, foi a ocorrência de uma não conformidade nas furações, obrigando a peça a voltar à CNC ROLLER novamente.

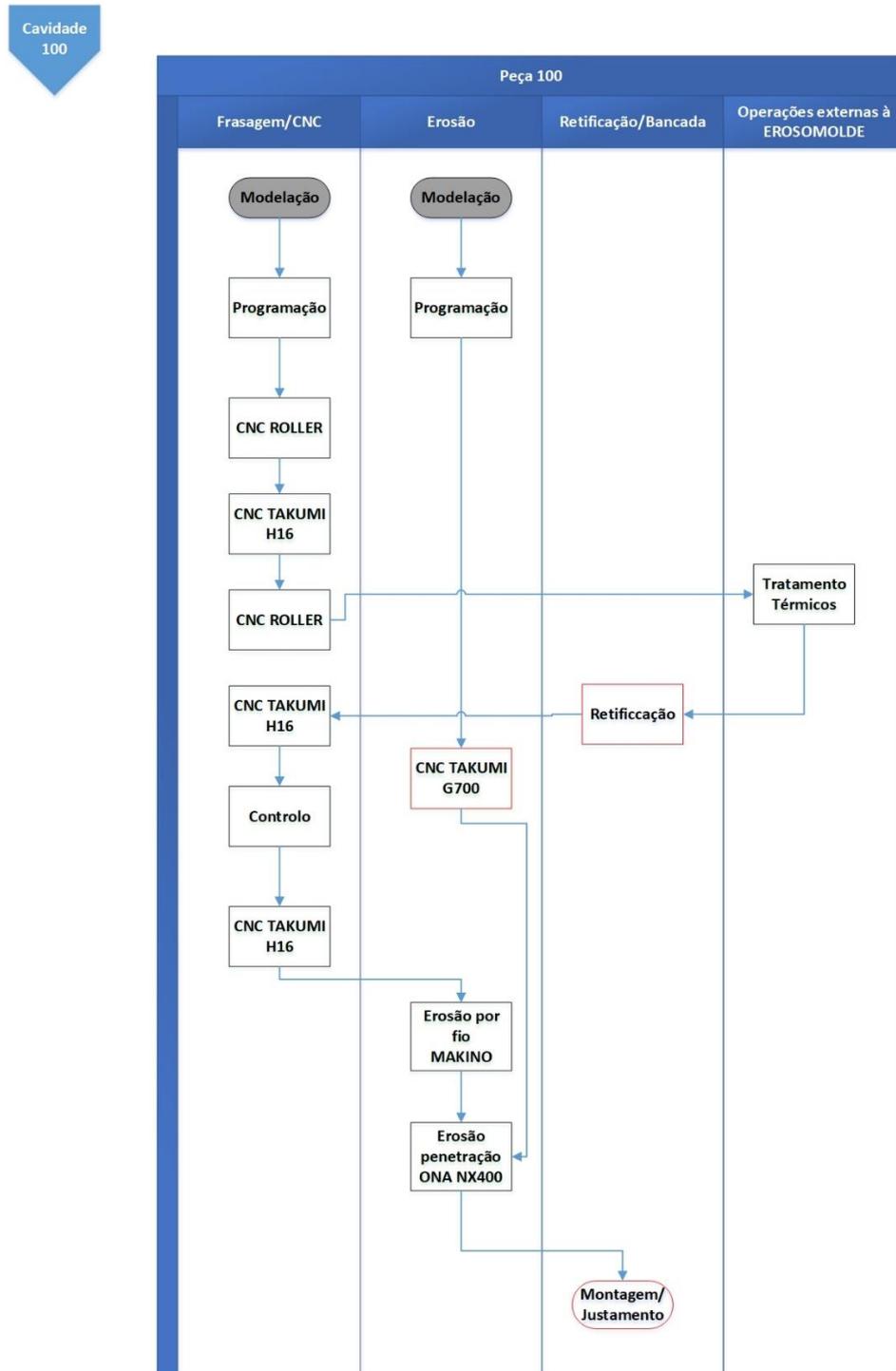


Figura 32 - Fluxograma da peça 100 do molde 422

Realça-se que nos fluxogramas existem “caixas” assinaladas a vermelho que representam operações que foram realizadas, mas cuja informação não constava dos ficheiros de dados analisados. Por exemplo, no fluxograma representado na Figura 32, a operação “retificação” está assinalada a vermelho, pois é uma operação obrigatória a executar após o tratamento térmico. Está ainda assinalada a CNC TAKUMI G700 com a mesma cor, pois a peça sofreu o processo de erosão, logo são necessários elétrodos para a erodir ao quais tiveram de ser maquinados na CNC TAKUMI G700 (pois é a única CNC destinada à maquinação de elétrodos).

Por último, a montagem/acabamentos está igualmente assinalada a vermelho, pois esta peça foi obrigatoriamente para a bancada, com a finalidade de ser montado o molde. Com esta análise, podemos ainda verificar que existem operações cujos tempos e operação não foram registados no respetivo posto de trabalho. Constatou-se ainda que esta situação é mais recorrente na secção de bancada, nomeadamente ao nível de registo das retificações e da montagem e ajustamento do molde.

Por análise de todos os fluxogramas, verificou-se a existência de algumas situações irregulares, tal como é evidenciado na Figura 33, fluxograma da cavidade, peça 100, do molde 423, pois cruzando a informação do fluxograma de processo e os fluxogramas de planeamento de CNC que estão descritos no tópico 4.3, concluímos que uma peça antes de ir a tratamento térmico tem de passar pela operação de furação e de desbaste. Caso a peça tenha faces inclinadas ou furos inclinados, esta deveria de passar por duas máquinas, exceto alguma não conformidade que a leve ir à máquina outra vez. Mas na situação descrita, a peça percorre quatro máquinas, em que dessas três vezes, a peça troca entre máquinas com as mesmas especificações (e.g. CNC Brigdport 1000 XP e a CNC Brigdport 1000-30), e ambas têm como função o galgamento e desbaste.

Uma outra situação irregular é a repetição de tarefas após o tratamento térmico, um comportamento que não deveria acontecer, mas por razões imprevistas ocorrem com frequência. Tais como, a necessidade de retirar a peça da máquina para que outra mais crítica possa ser maquinada por questões de erros de maquinação ou por necessidade de refazer a mesma operação. Em suma, destas situações irregulares, destacam-se como situações mais recorrentes, a peça percorrer várias máquinas CNC antes dos tratamentos térmicos (o que pode indiciar erros ou trabalhos não acabados, interrompidos para colocação de peças que voltaram

para trás), trocar de retificadoras depois dos tratamentos térmicos, trocar várias vezes de CNC na fase de acabamento, entre outras (Anexo B).

Em relação à situação das retificadoras, dado que, como já foi destacado atrás, existem muitas peças que não têm os registos das retificações vinculadas às peças por motivos de inexistência ou erros na marcação/registo destes trabalhos pelos operadores, nesta situação não é possível discernir se a peça passou mesmo pelas três retificadoras ou se simplesmente os operadores se enganaram a fazer os registos das operações.

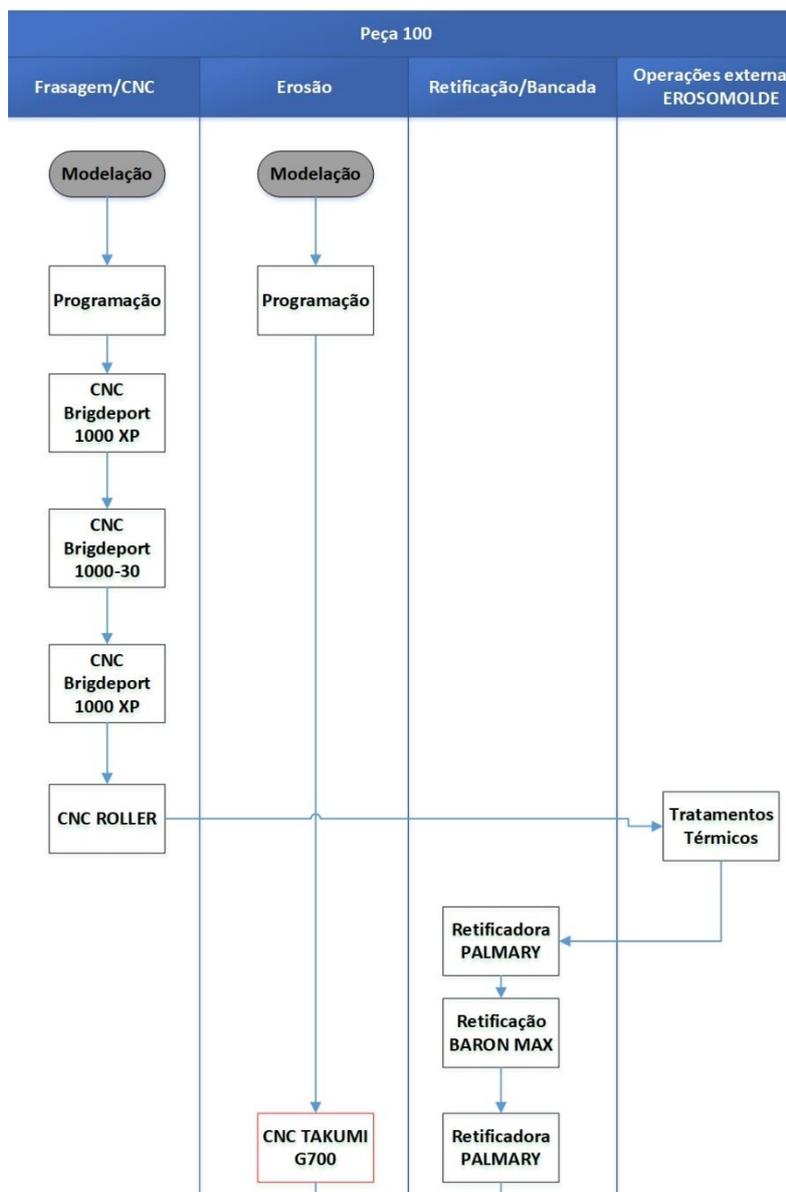


Figura 33 - Cavidade (100) molde 423

Após a elaboração de todos os fluxogramas das peças constituintes das zonas moldantes dos moldes em análise, foi construída uma análise de tendências, em que se agruparam as peças por famílias, i.e. por cavidades, buchas, posições das buchas, etc., onde para cada caso, foram identificadas as semelhanças entre elas e criadas linhas de tendência explicativas da sua sequência/rota de produção (Figura 34 a Figura 39), onde estão representados todos os fluxogramas de tendências elaborados para cada família de peça.

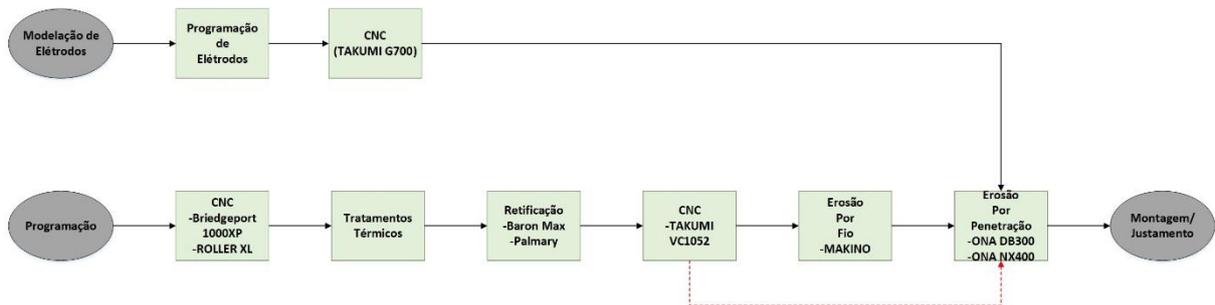


Figura 34- Rota de produção – cavidades

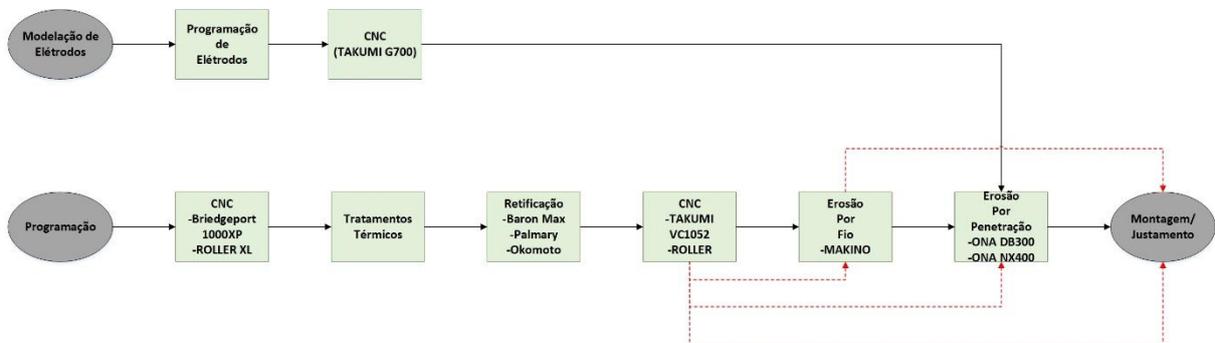


Figura 35- Rota de produção - buchas

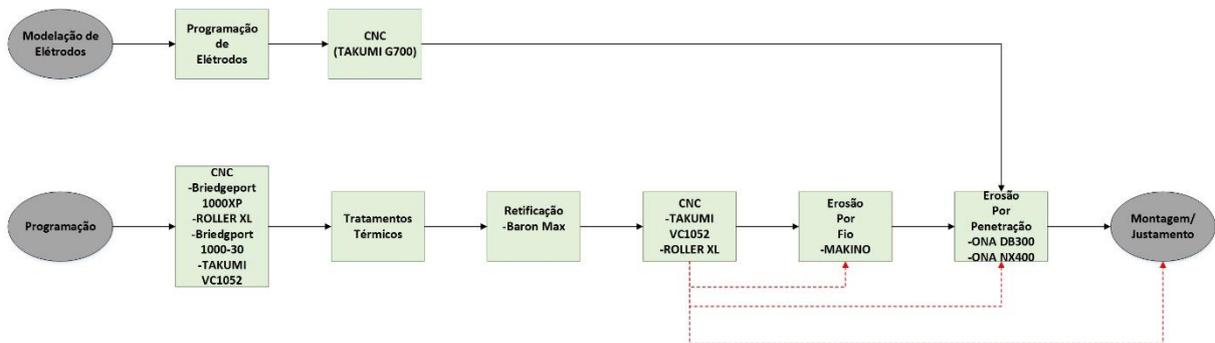


Figura 36 - Rota de produção -posições cavidades

Analisando as figuras anteriores, podemos concluir que de um modo geral estas não diferem muito, pois como estamos perante moldes de dimensões reduzidas, as peças são consequentemente pequenas e circulam todas em torno das mesmas máquinas. Caso estivéssemos perante moldes grandes, as cavidades e as buchas iriam “circular” entre as CNC’s ROLLER e TAKUMI H16, enquanto todas as outras peças mais pequenas do molde, e.g. balancés, postičos, iriam “circular”, por exemplo, em torno da TAKUMI VC 1052, Bridgport 100XP.

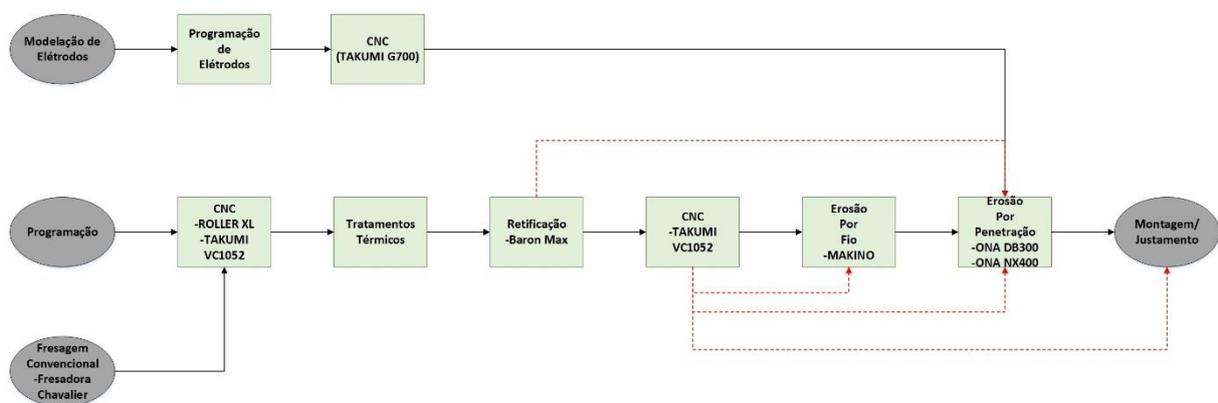


Figura 37 - Rota de produção postičos buchas

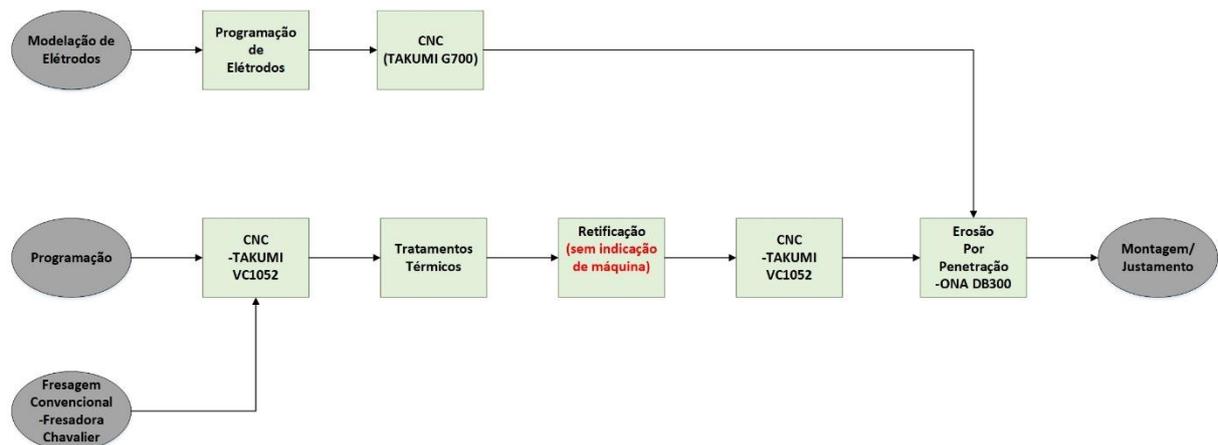


Figura 38 - Rota de produção - balancés

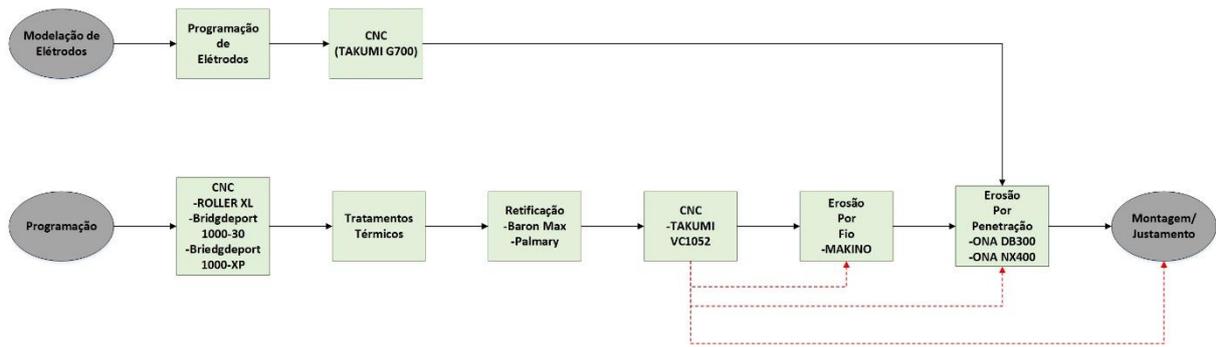


Figura 39 - Rota de produção - elementos móveis

#### 4.4. Análise do Planeamento

Uma outra análise do trabalho, passou pelo estudo dos cronogramas descritivos das principais etapas produtivas dos moldes para efeitos de planeamento de trabalhos, tipicamente elaborados para enviar ao cliente e atualizados semanalmente. A título de exemplo na Figura 40, está representado o cronograma de trabalho que foi enviado ao cliente relativo ao molde 422. Este também se encontra apresentado com mais detalhe no Anexo C.1.

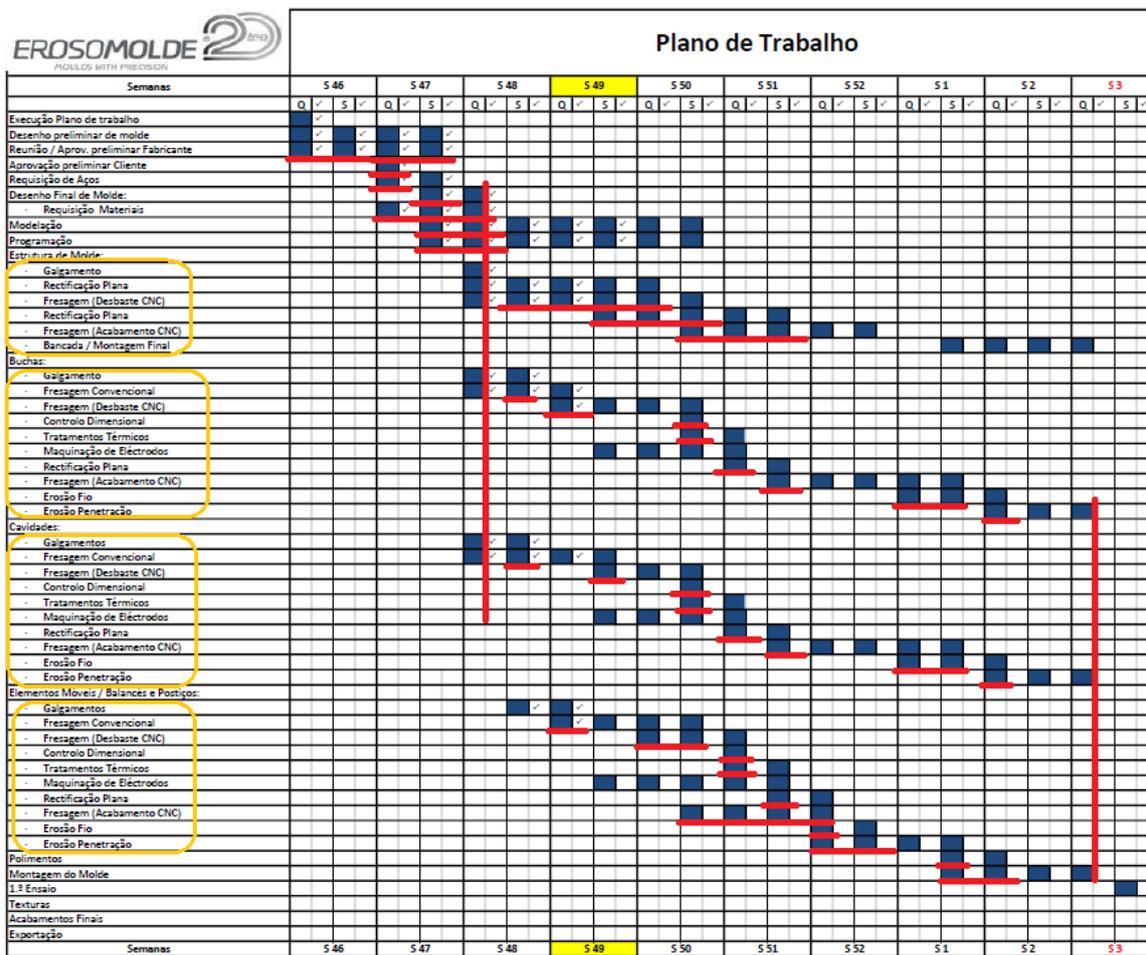


Figura 40 - Plano de trabalho molde 422

No cronograma anterior é possível verificar que este está dividido em semanas e que estas estão divididas em duas partes: “Q” corresponde de Segunda-Feira a Quarta-Feira e “S” de Quinta-Feira a Sexta-Feira. As semanas encontram-se assim divididas, pois elabora duas análises à situação dos moldes, uma a meio da semana (Quarta-Feira) e o outro ao final da semana (Sexta-Feira), pois caso haja desvios, seja possível atuar mais rapidamente.

Por análise dos cronogramas, é possível desde logo apontar um conjunto de incongruências e de oportunidades de melhoria. Primariamente, a reunião de aprovação do desenho preliminar, deveria de estar após o desenho preliminar, e não a começar ao mesmo tempo, nem a ser concluída ao mesmo tempo. Da mesma forma, a tarefa de aprovação do desenho preliminar pelo cliente, deveria de estar a seguir à conclusão da reunião de aprovação do preliminar pelo fabricante. A requisição dos aços deveria começar após a aprovação do cliente, sendo que por

vezes, quando os prazos são curtos, esta tarefa pode iniciar após o desenho preliminar do molde, o que neste plano de trabalho estava igualmente incorreto (Figura 41).

MOLDS WITH PRECISION

Semanas	S 46		S 47				S
	Q	S	Q	S	Q	S	Q
Execução Plano de trabalho	█	✓					
Desenho preliminar de molde	█	✓	█	✓	█	✓	
Reunião / Aprov. preliminar Fabricante	█	✓	█	✓	█	✓	
Aprovação preliminar Cliente	█	✓	█	✓	█	✓	
Requisição de Aços			█	✓	█	✓	█

Figura 41 - Primeira secção do plano de trabalho

A tarefa do desenho final do molde, deve começar após a aprovação do desenho preliminar do cliente e não antes. A requisição dos materiais é uma tarefa que só deve ser executada após a conclusão do desenho final do molde pois, somente depois do desenho final do molde, é que se sabem quais os materiais a requisitar. Por norma, a programação começa depois do desenho final do molde. Por vezes, caso o prazo seja curto, estas tarefas podem começar após o desenho preliminar para poder adiantar trabalho, mas, neste caso estas operações não estão a começar, nem após o desenho final, nem após o desenho preliminar, concluindo-se então que estas não estão devidamente planeadas (Figura 42).

Semanas	S 46		S 47				S 48	
	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S
Execução Plano de trabalho	█	✓						
Desenho preliminar de molde	█	✓	█	✓	█	✓		
Reunião / Aprov. preliminar Fabricante	█	✓	█	✓	█	✓		
Aprovação preliminar Cliente			█	✓	█	✓		
Requisição de Aços			█	✓	█	✓		
Desenho Final de Molde:			█	✓	█	✓	█	✓
· Requisição Materiais			█	✓	█	✓	█	✓
Modelação					█	✓	█	✓
Programação					█	✓	█	✓

Figura 42 - Segunda secção do plano de trabalho

Ao nível da estrutura do molde, após o galgamento está a retificação, onde por lapso, deveria de estar fresagem convencional. Na Figura 43 consegue-se ainda perceber que começaram a executar as operações de galgamento, retificações, furações e desbaste CNC, antes da conclusão do projeto final do molde, podendo então concluir-se que o prazo deste molde era muito curto.



plana. A erosão de fio deveria ser realizada após o acabamento CNC e a erosão de penetração deveria de estar alocada após a erosão fio (Figura 45).

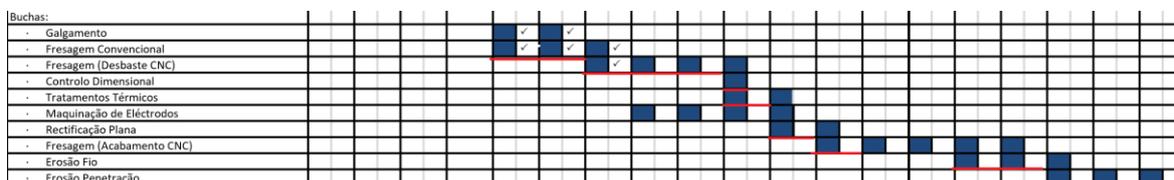


Figura 45 - Quinta secção do plano de trabalho

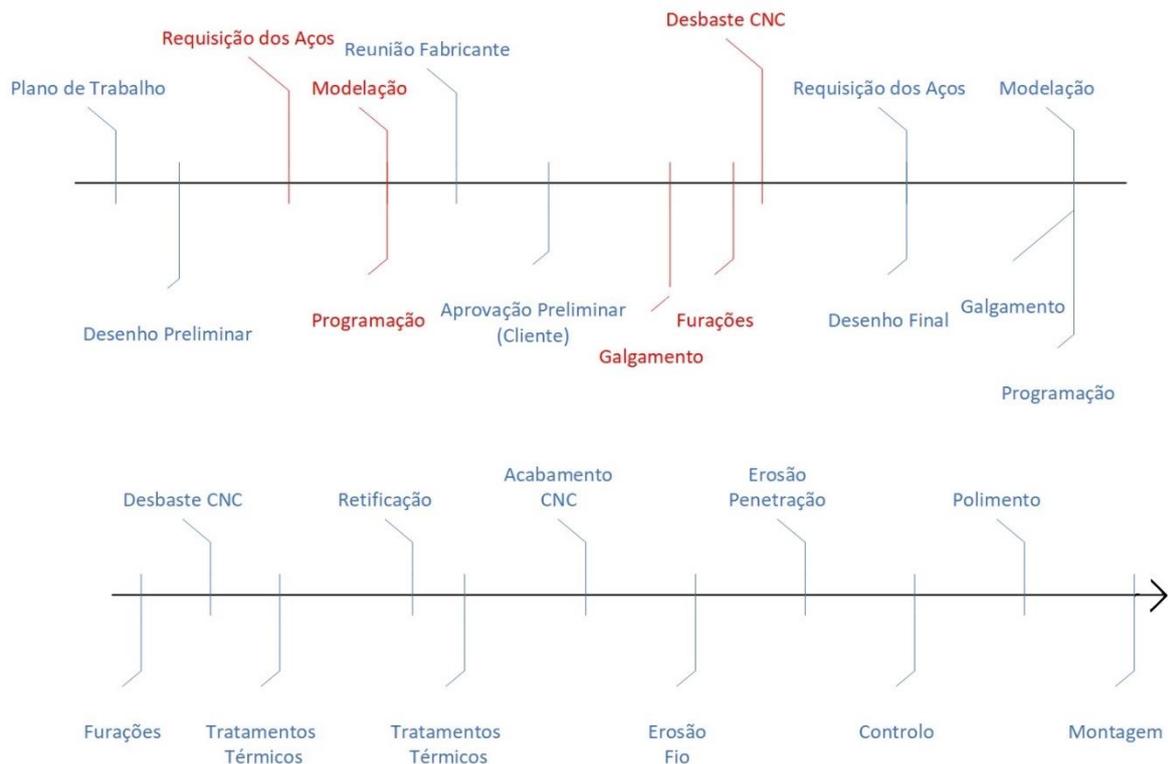
Os polimentos são efetuados, como podemos ver nos fluxogramas de processos, somente nas zonas moldantes. Logo, esta tarefa deveria de começar após estas estarem concluídas, ou seja, após a linha vermelha vertical, que indica a conclusão das buchas e das cavidades. Em relação à bancada, esta operação começa após a conclusão das maquinações da estrutura, cavidades, buchas, elementos móveis/balancés e postiços, sendo que após a conclusão da estrutura esta é logo montada. Contudo, neste *Excel* de planeamento, a bancada está a terminar ao mesmo tempo que as cavidades e as buchas, o que não é inteiramente verdade (Figura 46).



Figura 46 - Sexta secção do plano de trabalho

Após toda a análise dos cronogramas e planos de trabalho, e conjuntamente com as linhas orientadoras dos fluxos de operações agrupadas por componentes dos moldes, foram elaboradas linhas cronológicas de eventos críticos, i.e. *milestone*<sup>7</sup> (Figura 47), para apoio ao planeamento de produção. A azul estão representadas as tarefas a executar normalmente e a vermelho as tarefas que se podem antecipar caso o molde tenha um prazo restrito ou caso alguma tarefa tenha atrasado o normal funcionamento da construção do molde.

<sup>7</sup> *Milestone* – Marco de referência para auxiliar o planeamento de um projeto.



**Figura 47 - Milestone**

Com base em toda a informação até agora recolhida e analisada, e com o apoio do *software Microsoft Project*, foi simulado o planeamento das operações inerentes ao projeto e fabrico de um molde, agrupando por componentes em coerência com as análises anteriores, de forma a obter um planeamento pormenorizado e preciso para controlo interno da produção. Neste sentido, destacam-se algumas das alterações introduzidas ao nível de cronogramas:

1. A secção de estrutura foi dividida pelas chapas que a constituem;
2. A secção da Bucha foi dividida pelas Buchas constituintes dos moldes;
3. A secção da Cavidade foi dividida pelas Cavidades constituintes dos moldes;
4. A secção dos Elementos móveis/Balancés e Postiços, foi dividida pelos constituintes dos moldes;
5. Com a divisão pelos vários elementos, o tempo que correspondia a cada tarefa no global, foi também dividido pelo número de peças constituintes de cada “grupo”;
6. O controlo dimensional foi colocado após a tarefa de erosão de penetração;

7. A fresagem convencional passou a designar-se por furações, pois esta tarefa agrupa todas as furações, sendo que estas podem ser feitas na fresagem convencional ou nas máquinas CNC. Assim, com esta nova designação “Furações”, englobam-se as duas opções;
8. Foram colocados os horários possíveis em todas as operações, nomeadamente: 24 horas, para as máquinas que podem ficar a operar sem o operador, dois turnos o que equivale a dezasseis horas de trabalho, e normal às operações que se regem no horário normal de trabalho equivalente de 8 horas;
9. Deve ainda referir-se que todas as operações que estão assinaladas com o horário 24 horas, embora consideradas sem operador, englobam operações que necessitam do operador para as colocar a trabalhar e depois ficam a funcionar sem ação do mesmo. Para todas as outras atividades é necessário a intervenção e acompanhamento de um funcionário;
10. Quando a empresa não tem capacidade de executar o galgamento internamente, é apenas feita a requisição do aço, pois estas vêm já galgadas dos fornecedores. Assim, as peças que são galgadas normalmente na empresa, são distinguidas das outras, pois as peças que são galgadas fora têm o mesmo tempo de duração que a requisição do aço, contrariamente às outras, que têm a duração do galgamento descrita pelos ficheiros.

Tendo por base a reformulação proposta acima, ao nível do cronograma de suporte ao planeamento de produção de um molde, e tendo como intuito a sua validação e ajuste, caso necessário, recorreu-se aos dados planeados de dois dos cinco moldes em estudo: 422 e 423, paralelamente com a observação e registo dos dados reais recolhidos *in loco*.

- Molde 422

No Anexo D encontra-se o ficheiro que corresponde ao planeamento do molde 422. Destacar que após a elaboração do planeamento, foi concebido uma *baseline* que contém um esquema de cores, onde as barras a cinzento correspondem ao planeamento base e as barras a azul correspondem à duração real das operações. Esta duração real foi determinada com base nas durações disponibilizadas pela empresa com os dados reais deste molde. Assim, por comparação entre barras é possível perceber se as tarefas foram executadas, ou não, dentro do prazo estipulado no planeamento.

Desta análise comparativa é possível concluir que as tarefas (execução de plano de trabalho, desenho preliminar do molde, aprovação do preliminar pelo fabricante, requisição dos aços, desenho final e requisição dos materiais) começaram antes do previsto. Contudo, apesar da requisição dos aços ter iniciado antes, houve aço requisitado mais tarde que o planeado, ou seja, esta operação demorou mais tempo do que o planeado. O mesmo aconteceu com as tarefas de modelação e programação.

Adicionalmente, na chapa 2, na cavidade 100 e bucha 200, o desbaste CNC foi elaborado primeiro que a furação, o que supostamente deveria ter sido ao contrário. Esta situação foi justificada pela empresa pelo facto de o tempo ser escasso, pois embora não desejável, pode acontecer esta troca de operações.

Uma outra situação fora do normal relacionou-se com a textura pois, por norma, o molde só vai à textura após o primeiro teste e só quando a peça extraída já se encontra com os parâmetros de injeção corretos. Na situação em análise, o molde foi à textura antes do primeiro teste, situação justificada por um pedido especial do cliente.

Em suma, pode-se constatar que a maioria das tarefas se desviaram do planeado, como se pode observar na Figura 48, através de um gráfico obtido do programa *Microsoft Project* que exhibe o desvio entre o planeado e o real.

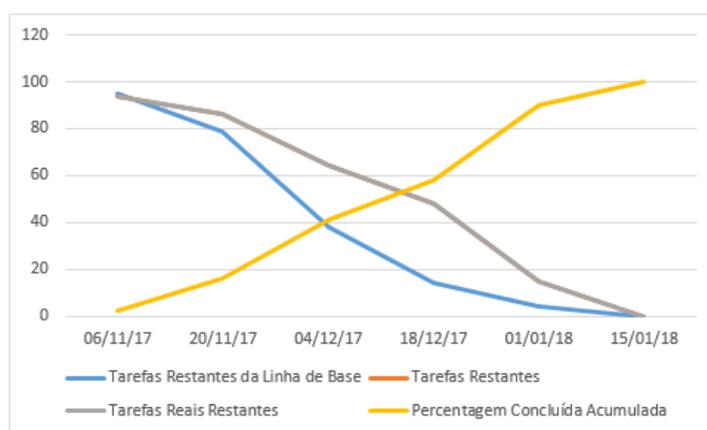


Figura 48 - Gráfico BurnDown molde 422

- Molde 423

Por análise do plano de trabalhos do molde 423, Figura 49, consegue-se perceber que existem lapsos idênticos aos mostrados anteriormente relativos ao molde 422. Para uma análise mais detalhada, este ficheiro encontra-se no Anexo C.2.

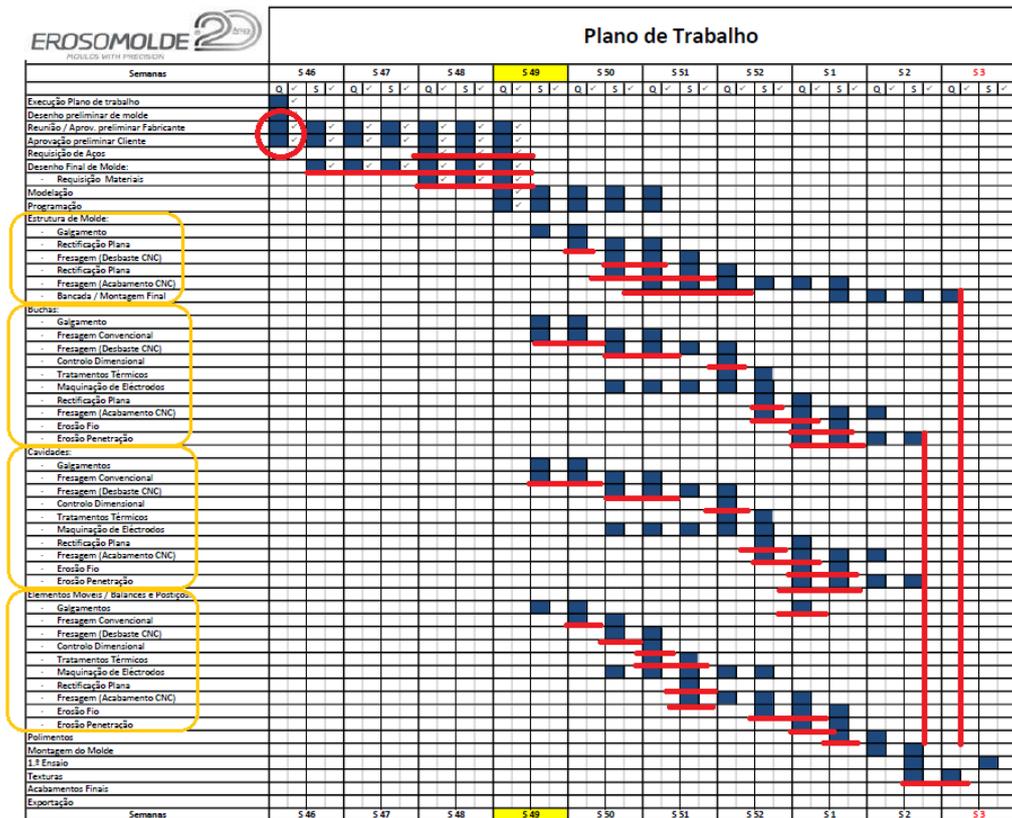


Figura 49 - Plano de trabalho do molde 423

Do mesmo modo, para a análise do molde 423 foi interligada a informação do plano de trabalho fornecido pela empresa com os fluxogramas do processo. Seguidamente, estas informações foram cruzadas e introduzidas num ficheiro do *Microsoft Project* (Anexo D). Neste ficheiro foram feitas, também, as mesmas alterações referidas no molde 422. Da mesma forma, foi também aqui criada uma *baseline* ao ficheiro do planeamento para contrapor o planeado com o que na realidade foi executado.

Assim, por comparação com a *baseline*, é possível concluir que houve novamente tarefas que iniciaram antes do planeado, tais como, execução de plano de trabalho, desenho preliminar do

molde, aprovação do preliminar pelo fabricante e cliente, requisição dos aços, desenho final do molde e modelação. As chapas 1 e a chapa 1A ficaram inclusivamente prontas para a montagem entre 7 a 9 dias antes do planeado. Quanto às restantes peças, todas elas fugiram do planeado. Neste ficheiro é possível ainda perceber as estratégias tomadas para conseguir cumprir o prazo do primeiro ensaio/teste do molde, nomeadamente o recurso a horas extraordinárias e a dias fora do horário laboral. Por exemplo, pode-se verificar que as furações da cavidade (peça 100) foram concluídas num sábado, sendo esta tarefa dependente do operador. Da mesma forma, verifica-se que as operações de erosão de fio do postiço da cavidade 100 foram também elaboradas num sábado, assim como outras tarefas que, mesmo não sendo dependentes do operador, começaram a um sábado, sendo inevitável a presença do mesmo, tais como os postiços 320 e 321, onde as maquinações de erosão por penetração se iniciaram num sábado.

Mais uma vez, a operação de textura foi executada em primeiro lugar que o primeiro teste, a pedido do cliente. Para concluir esta análise, a Figura 50, mostra a evolução do tempo da conclusão das tarefas e ainda o quanto estas se desviaram do planeado. Em confirmação da conclusão anteriormente retirada, pode-se observar que as tarefas iniciais começaram antes do planeado, daí a linha assinalada a cinzento (real) estar abaixo da linha azul (*baseline*). Comprova-se também que as restantes tarefas se desviaram do planeado, facto que permitiu cumprir o prazo do primeiro ensaio a 25 de janeiro.

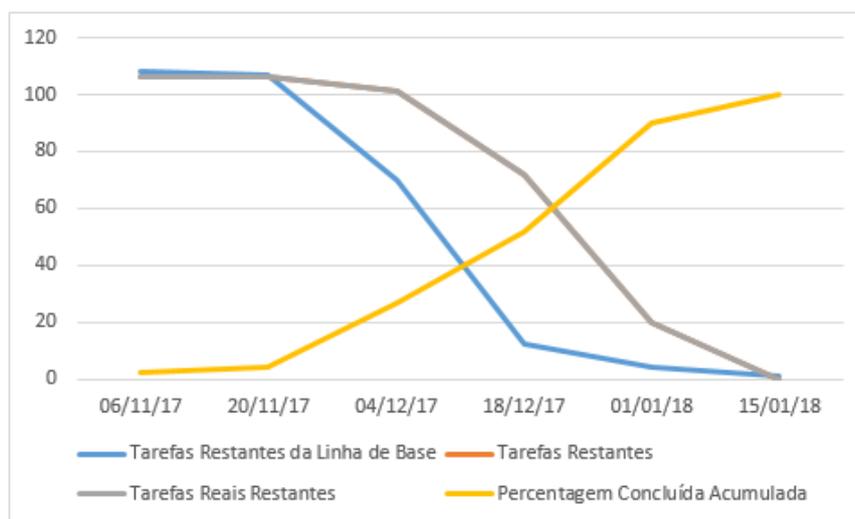


Figura 50 - Gráfico BurnDown molde 423

#### 4.4.1. Proposta e validação de nova estrutura para o plano de trabalhos

Como já mencionado anteriormente, foi igualmente possível, além da análise de planeamento nos tópicos anteriores, acompanhar o planeamento dos moldes que já estavam em produção e outros que estavam a iniciar o projeto. Assim houve a oportunidade, de propor e colocar em prática algumas das alterações anteriormente definidas e englobadas na construção nos gráficos de *Gantt* no *Microsoft Project*.

Assim, nos Anexos E.1 e E.2 podemos observar o plano de trabalho, tanto para o molde 441, como para o molde 442, com as devidas alterações. Notar que foi elaborado somente o plano de trabalho para estes dois moldes, pois foram os moldes que estiveram em produção no período de tempo de implementação das novas práticas. Com a informação dos planos de trabalho e ainda com algumas informações estruturais do molde, números das chapas que constituem a estrutura dos moldes, das buchas, cavidades, posições, balancés e elementos móveis, foi criado um ficheiro no *Microsoft Project* para cada molde, permitindo o acompanhamento destes moldes. No Anexo G, apresentam-se os gráficos de *Gantt* que foram elaborados para o acompanhamento destes moldes.

Complementarmente às alterações de estrutura introduzidas nos planos de trabalho para o acompanhamento dos moldes (i.e. novo modelo de cronograma/plano de trabalhos construído no *Microsoft Project*), foi ainda introduzida como nova prática de gestão a realização de reuniões de planeamento semanais. Estas reuniões têm como objetivo fazer o ponto de situação de todos os moldes que estão em produção e ainda informar, se for o caso, de moldes que foram adjudicados, informando e verificando prazos de produção e prazos de entrega.

Nestas reuniões, são ainda abordados os trabalhos a realizar definindo se a empresa tem ou não capacidade de produzir o molde, antever subcontractações e evitar atrasos. Para suporte desta nova prática, foi elaborado um *template* de reunião de planeamento, documento orientativo das reuniões (Anexo F).

Após a elaboração do *template* das reuniões de planeamento e da implementação dos planeamentos dos moldes 441 e 442 no *Microsoft Project*, foram realizadas três reuniões de planeamento, no início das semanas 10, 11 e 12, com o intuito de testar as sugestões implementadas. Nestas reuniões foram realizados todos os pontos de situação dos moldes em execução e ainda de obras a efetuar (i.e. subcontractações ou alterações a moldes já

expedidos). Após as reuniões foram ainda efetuadas as atualizações do planeamento nos gráficos de Gantt do *Microsoft Project* dos moldes 441 e 442. Nos Anexos F.1 a F.4 podem ser consultados, os resumos das reuniões de planeamento, assim como as atualizações efetuadas nos gráficos de *Gantt*.

#### 4.4.2. Outras propostas de melhoria para o planeamento

Após toda a análise de planeamento e dos recursos existentes na empresa foi sugerido ainda a reutilização de um quadro existente para suporte ao planeamento da secção de CNC e da Erosão, Figura 51. Este, tendo por base a estrutura de tarefas a realizar definidas com o auxílio dos fluxogramas elaborados no capítulo 4.2, visa apresentar o planeamento atualizado das operações a efetuar por equipamento nas secções de CNC e Erosão.



Figura 51 - Quadro de planeamento de maquinaria CNC e Erosão

Assim, tendo por base as reuniões de planeamento, onde podem ser identificadas situações de retrabalho urgentes, conjuntamente com a atualização dos tempos de operação dos moldes em execução, os chefes destas secções por recurso aos quadros de planeamento conseguem alocar o trabalho por máquina com mais facilidade. Adicionalmente, os funcionários dessas secções conseguem saber os trabalhos que estão alocados a cada

máquina, sendo mais autónomos e eficientes, evitando paragens para perguntarem à chefia que trabalhos terão de ser realizados.

## 4.5. Layout

Tendo ainda como propósito melhorar a produção, foi efetuada uma análise do *layout* atual. Para tal, foi efetuado um estudo relativo à posição das máquinas e distâncias percorridas, assim como identificação de constrangimentos entre elas (Anexo H.1). Por observação do *layout* atual, foi possível identificar uma possível troca envolvendo o centro de maquinação CNC ROLLER (5.6), por 3 máquinas, Centro de maquinação CNC TAKUMI G700 (5.7), *Robot Erowa Compact 80* (5.8) e a máquina de erosão ONA DB 300 (1.1).

Com esta alteração, existe uma aproximação de todos os centros de maquinação CNC e consequentemente uma aproximação das máquinas da secção de erosão. Nesta troca teve-se em atenção o facto das CNC's ROLLER e TAKUMI H16 terem os mesmos cones e assim estando uma ao lado da outra, os operadores reduzem o tempo de troca de cones entre as duas máquinas, podendo estes vir a ser arrumados num ponto estratégico entre as duas máquinas.

Para analisar o impacto destas alterações, foram elaborados os respetivos diagramas de esparguete, para cinco peças, no *layout* existente *versus* no *layout* proposto (Anexo H.2). Estas peças são constituintes dos cinco moldes em estudo, e onde o critério de escolha foi o maior número de maquinações, ou seja, as peças com o caminho mais longo de produção. As peças selecionadas foram: cavidade (100) do molde 422, cavidade (100) do molde 423 (Anexo H.3.1), posição da bucha (201B) do molde 424 (Anexo H.3.2) e bucha (200) do molde 426 (Anexo H.3.3).

Assim, os percursos das peças entre cada operação foram desenhados manualmente, diretamente no ficheiro 2D do *layout*, através da manipulação de curvas *spline*, com o intuito de mostrar o percurso da peça o mais otimizado possível e tendo sempre em conta os obstáculos de percurso (máquinas, estrutura da empresa, etc.). Para calcular a distância percorrida, bastou aceder ao comando (*length*) para o *software* calcular automaticamente o comprimento da linha desenhada. A Figura 52, representa o percurso que a peça 100 (cavidade) do molde 422, percorreu, e nas figuras seguintes, Figura 53 e Figura 54, estão representadas os respetivos



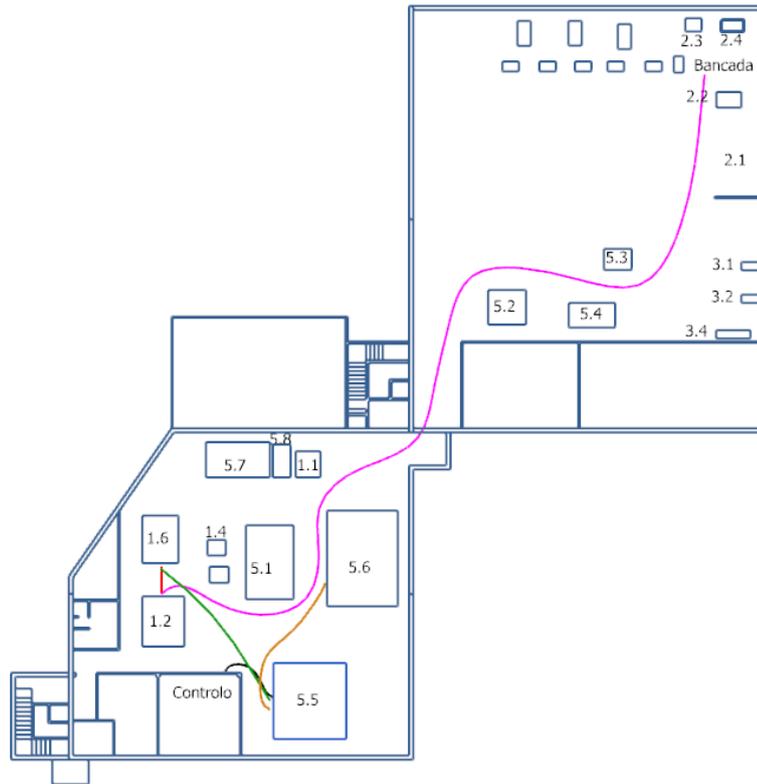


Figura 54 - Percurso peça 100 molde 422, segundo o layout proposto

Tendo os valores totais das distâncias percorridas nos dois *layouts*, foi possível calcular a variação percentual entre os dois valores, isto é, do ganho (ou perda) de distância percorrida com a mudança de *layouts*. Foi possível então determinar os valores percorridos, cuja comparação entre *layout* existente e proposto se pode observar na Tabela 4. Os cálculos subjacentes a estes valores encontram-se explicitados nas equações abaixo:

$$\% \text{ poupança de dist. perc.} = \frac{\text{No. metros layout antigo} - \text{No. metros do layout novo}}{\text{No. metros layout antigo}}$$

- % poupança de dist. perc. (1) = +23,59 %
- % poupança de dist. perc. (2) = -18,41 %
- % poupança de dist. perc. (3) = ±00,00%
- % poupança de dist. perc. (4) = +00,45%
- % poupança de dist. perc. (5) = -02,63%

Com base nos valores calculados é possível verificar que globalmente o total da poupança de distância percorrida é de -0,6%. Assim, embora se possa concluir que a proposta

apresentada de mudança de *layout* não apresenta melhorias significativas, é importante notar que o facto de o caminho das peças em análise passarem, com pouca, ou nenhuma frequência entre as máquinas que foram movidas no *layout* novo, originou uma diferença da distância percorrida entre os dois *layouts* praticamente nula.

Portanto, embora estes resultados possam levar a pensar que o *layout* da empresa possa estar razoavelmente adaptado, tendo em consideração a variedade de operações a que as peças são sujeitas e para o espaço que se dispõe, seria importante testar esta alteração com um molde de tamanho superior a 1000x600x600 (mm), pois neste caso as peças são obrigadas a intercalar pelas máquinas CNC ROLLER e TAKUMI H16 e, nesta situação, as melhorias seriam mais acentuadas.

Tabela 4 - Comparação entre valores percorridos *layout* atual versus *layout* proposto

422 – 100 (1)			423 – 100 (2)			424 - 201B (3)			425 – 200 (4)			426 – 100 (5)		
Caminho	Layout antigo (m)	Layout novo (m)	Caminho	Layout antigo (m)	Layout novo (m)	Caminho	Layout antigo (m)	Layout novo (m)	Caminho	Layout antigo (m)	Layout novo (m)	Caminho	Layout antigo (m)	Layout novo (m)
5.6 - 5.5	20,13	09,32	5.4 - 5.2	05,50	05,50	5.4 - 5.2	05,74	05,74	5.2 - 5.6	22,21	24,73	5.4 - 5.6	26,71	29,06
5.5 - 5.6	20,13	09,32	5.2 - 5.4	05,50	05,50	5.2 - 2.2	19,64	19,64	5.6 - 3.1	34,64	37,57	5.6 - 5.4	26,71	29,06
5.6 - 5.5	20,13	09,32	5.4 - 5.6	25,54	28,13	2.2 - 5.1	43,86	43,86	3.1 - 5.4	07,77	07,77	5.4 - 2.2	15,64	15,64
5.5 - Controlo	04,02	04,02	5.6 - 2.1	37,78	40,00	5.1 - 1.6	11,75	11,75	5.4 - 5.1	30,79	30,79	2.2 - 5.1	44,39	44,39
Controlo - 5.5	04,02	04,02	2.1 - 2.2	06,15	06,15	1.6 - 1.2	01,71	01,71	5.1 - 1.6	11,03	11,03	5.1 - 1.1	04,40	04,83
5.5 - 1.6	10,51	10,51	2.2 - 2.1	06,15	06,15	1.2 - 1.4	03,90	03,90	1.6 - 5.1	11,03	11,03	1.1 - 5.1	04,40	04,83
1.6 - 1.2	01,69	01,69	2.1 - 5.6	37,78	40,00	1.4 - 1.6	03,55	03,55	5.1 - 1.1	04,22	04,85	5.1 - 1.2	11,00	11,00
1.2 - Bancada	56,90	56,90	5.6 - 1.4	14,15	09,99	1.6 - 5.2	32,36	32,36	1.1 - Bancada	49,16	42,29	1.2 - 1.1	11,88	12,33
			1.4 - 1.6	04,32	03,32	5.2 - Bancada	21,88	21,88				1.1 - 5.5	09,53	14,07
			1.6 - 1.1	12,17	10,88							5.5 - 1.4	10,71	10,71
			1.1 - Bancada	12,17	42,37							1.4 - 1.2	03,71	03,71
												1.2 - 1.1	11,88	12,33
												1.1 - Bancada	47,09	42,09
<b>TOTAL</b>	<b>137,55</b>	<b>105,10</b>		<b>138,56</b>	<b>141,44</b>		<b>122,52</b>	<b>122,52</b>		<b>170,85</b>	<b>170,08</b>		<b>145,13</b>	<b>151,13</b>

## 4.6. Implementação 5S

A implementação dos 5S passou por algumas etapas. Primeiramente houve uma avaliação ao espaço da empresa com a gerência, para perceber qual era o ponto mais crítico da empresa para implementar os 5S. Em concordância com a gerência, chegou-se à conclusão que a secção crítica era a bancada, pois era a secção mais desorganizada, onde se via a olho nú que os trabalhadores gastavam muito tempo à procura das peças dos moldes, por estas estarem todas misturadas. A Figura 55, representa a bancada de apoio à secção, ou seja, onde são colocadas as peças constituintes dos moldes, antes dos 5S.



Figura 55 - Bancada de apoio à secção de bancada (antes dos 5S)

Após a identificação da bancada de apoio, com o mesmo critério foi igualmente definido que o armário que está por detrás das bancadas também estava desorganizado, com muito material obsoleto e com diversos materiais diferentes misturados.

Decididos os âmbitos de aplicação dos 5S, houve então uma reunião com os trabalhadores dessa secção, onde foi explicado que se iria aplicar a metodologia 5S. Foram ainda informados sobre a importância da aplicação 5S, os seus benefícios e a sensibilização para o seu cumprimento. Foi elaborado um documento para realizar e apoiar a auditoria 5S, que se encontra no Anexo I.1, documento que engloba o resultado da primeira auditoria, tendo com o intuito “Medir” o estado atual de organização e de limpeza da secção. A Figura 56 mostra uma compilação de imagens da avaliação 5S, onde se pode verificar a existência de caixas com material de moldes que já foram expedidos, caixas vazias, lixo e acima de tudo, bancadas desorganizadas.

Tendo por base os sensores, foi então elaborada uma avaliação a todo o material que se encontrava na bancada de apoio e no armário, usando etiquetas, vermelhas, amarelas e verdes, de maneira a permitir aos colaboradores classificarem os itens da seguinte forma:

- Vermelho – Material que não é necessário àquele trabalho, material obsoleto e lixo;
- Amarelo – Material em que não se sabe bem se deva ou não ficar no local;
- Verde – Material que é necessário naquela zona de trabalho.





**Figura 56 - Compilação de imagens sobre a avaliação 5S nas bancadas**

Após a avaliação das bancadas, foi avaliado o material do armário de suporte à secção de bancada, Figura 57. Ao analisar estas imagens conseguimos averiguar a existência de muito material não conforme, recipientes vazios e, de um modo geral, muita desorganização.





**Figura 57 - Compilação de imagens sobre a avaliação 5S no armário**

Posteriormente à identificação e classificação dos itens de acordo com a cor atribuída, foi eliminado todo o material que não era necessário, lixo que se encontrava dentro dos compartimentos, outro material, recipientes vazios, entre outros (Ou seja, “eliminado” todos os itens classificados a vermelho).

Relativamente ao material que foi acordado ficar no armário (amarelos e verdes), este numa segunda etapa (2º Senso) foi selecionado e dividido, pois haviam muitas caixas com porcas, anilhas, cavilhas, entre outros acessórios com várias medidas misturadas. Estas foram todas medidas, divididas e colocadas por ordem em dois pequenos armários com gavetas, Figura 58, facilitando a sua identificação e evitando que os colaboradores percam muito tempo à procura das medidas pretendidas.

As prateleiras do armário foram organizadas por materiais, onde na primeira encontram-se os equipamentos, na segunda os acessórios, na terceira os lubrificantes, tintas entre outros recipientes necessários à bancada, na quarta estão as lixas e lâminas e por último na quinta prateleira encontram-se os equipamentos que não são muito utilizados. É de salientar que nas prateleiras centrais estão os materiais mais utilizados. Na Figura 58, pode-se observar o resultado final da arrumação do armário de apoio à secção de bancada.



**Figura 58 - Armário após 5S**

A Figura 59 mostra o resultado final da implementação da metodologia 5S na bancada de apoio à secção de bancada.



**Figura 59 - Bancada de apoio após 5S**

Ao nível do 4º Senso e por forma a padronizar e sensibilizar os funcionários, foram colocadas mensagens nas bancadas, na Figura 60, “Ambiente limpo/organizado gera mais produtividade!” e “Mantenha a ordem, organização e limpeza!”.



Figura 60 - Padrões 5S

Ao nível do último senso e por forma a garantir que os colaboradores mantenham os 5S, foi realizado um documento de controlo, para ser usado por um colaborador, rotativo, do turno noturno, que diariamente, quando o horário laboral estiver a terminar, irá analisar a zona correspondente à bancada e armário de apoio à secção e verificar se estão a cumprir os parâmetros nele descritos. Este documento encontra-se no Anexo J.

Na Figura 61, podemos ver o armário com o documento de controlo juntamente com uma foto do armário após a aplicação dos 5S, permitindo aos funcionários ter o padrão esperado de limpeza e organização permitindo também verificar se está tudo no compartimento correto, ou não.



**Figura 61 - Armário com documentos de controlo 5S**

Após os 5S, foi realizada novamente uma auditoria 5S, sendo que nesta auditoria a pontuação obtida foi de 86,25%, sendo de destacar que não se obteve a pontuação máxima pois houve algumas propostas de alterações que ainda não tinham sido aplicadas, como, criar uma secção para os moldes acabados. Ficou também a proposta de criar umas faixas no chão junto ao portão de saída, para colocação dos moldes acabados, para ficar mais prática a saída dos mesmos para as transportadoras, assim como fazer umas faixas divisórias no chão acompanhadas com paletes, para haver um sítio específico para cada molde (mesmo quando estes não estão acabados). Na Figura 62, podemos observar o local onde foi proposto a colocação das faixas.

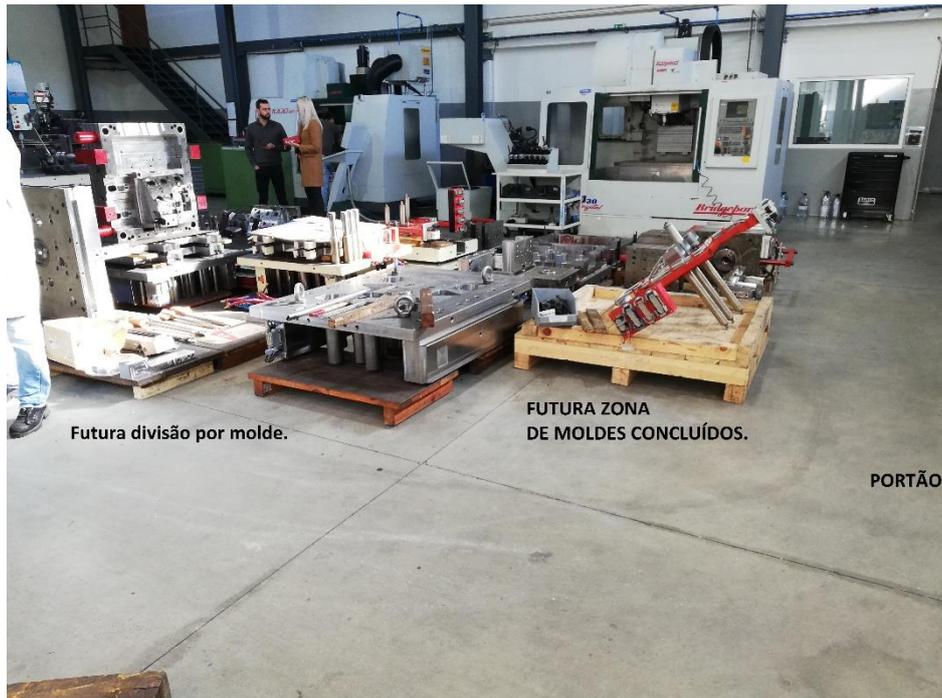


Figura 62 - Futuros lugares das faixas divisórias

#### 4.7. Avaliação SMED

Tendo como intuito a aplicação da técnica SMED a um caso piloto, foram realizadas filmagens, com a devida autorização dos colaboradores, em dois dias, no total de 3,15 horas, onde se fez a medição da troca de quatro peças. As medições foram elaboradas na máquina TAKUMI VC1052.

Após as filmagens, as imagens recolhidas foram analisadas de modo a separar/distinguir todas as operações e contabilizar o tempo despendido em cada uma. Com a lista detalhada das atividades realizadas, procedeu-se então à separação das atividades de *setup* interno das atividades de *setup* externo.

Com esta lista de atividades, foi então proposta uma instrução de trabalho “*standard*” para orientação à realização do *setup*, ou seja, para uma padronização da mudança de peça/ferramenta, tendo por base começar a realizar as tarefas externas quando a máquina está em funcionamento, em vez de o fazerem quando a máquina está parada. Com base nesta ferramenta, foi efetuada uma estimativa do impacto destas alterações tendo por base os tempos recolhidos nas filmagens.

Tendo por base os dados recolhidos nas filmagens, foi ainda possível identificar as tarefas seguintes como inerentes à mudança de peças nos moldes (Tabela 5):

Tabela 5 - Classificação das tarefas e suas designações

<b>Definições</b>	<b>Tarefa executada</b>
<b>Dúvidas</b>	Esclarecimento de dúvidas com colegas ou chefias.
<b>Limpeza/Arrumação</b>	Limpezas ou arrumações no local de trabalho.
<b>Máquina em execução</b>	Efetiva maquinação.
<b>Outros</b>	Atividades extralaborais (Ingestão de alimentos, conversar com colegas, etc.), intervalos e problemas com a máquina.
<b>Preparação de Ferramenta</b>	Preparação de ferramenta para a maquinação, medição de altura, verificação de empenos, etc.
<b>Preparação Peça</b>	Operações feitas em peças que já estejam montadas na máquina, até ao momento de início de maquinação. (desempeno, centramento)
<b>Preparação de Programa</b>	Visualização e/ou alteração do programa por parte do operador.
<b>Sem operações</b>	Paragem de máquina por falta de operador, programa e/ou peça.
<b>Troca de peça</b>	Montagem/desmontagem de uma peça na máquina (Montagem não inclui operações posteriores à simples montagem da peça na mesa da máquina, sendo esse tempo representado pela "Preparação de peça").
<b>Verificação de trabalho</b>	Verificação do aço, maquinações e/ou programas.

Com base nos tempos gastos em cada uma destas tarefas, é possível nas Figura 63 e Figura 64, visualizar os tempos despendidos em cada uma das tarefas que foram realizadas e respetivas percentagens de cada peça.

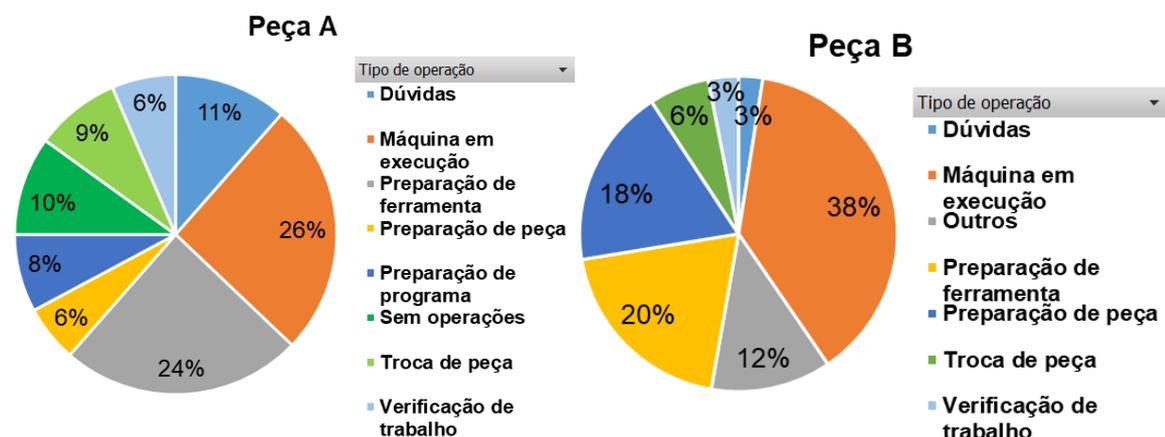


Figura 63 - Análise de tempo parado e em execução da peça A e B

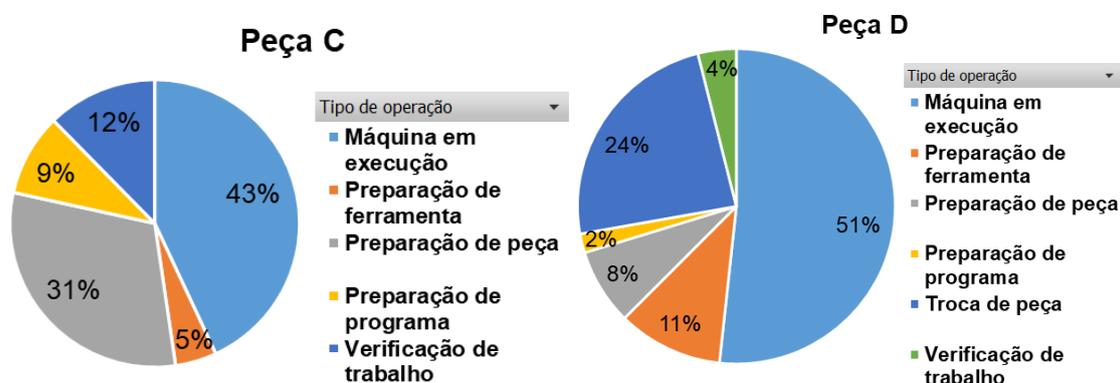


Figura 64 - Análise de tempo parado e em execução peça C e D

Com a análise destes gráficos pode-se concluir que, quando a máquina esteve a maquinar, a peça A esteve 74% do tempo parada, no caso da peça B esteve 62% parada, da peça C esteve 57% parada e, por último, quando esteve a maquinar a peça D, esteve 49% do tempo parada. Na Figura 65, pode-se observar uma análise global, verificando e comparando todas as tarefas das quatro peças.

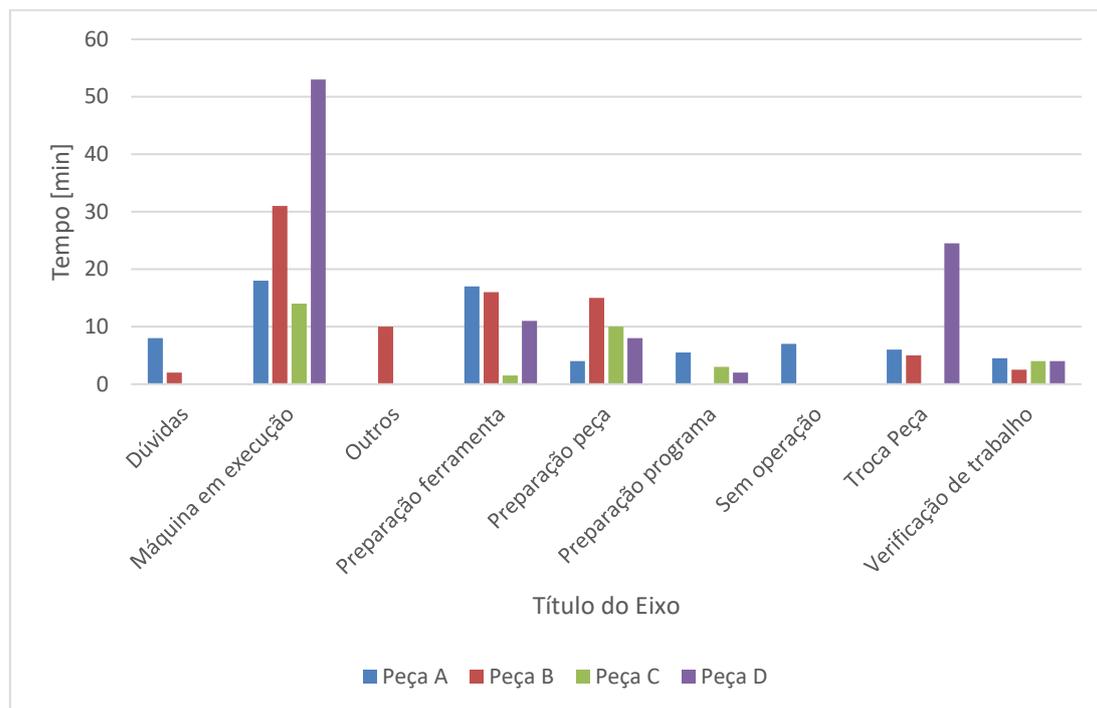


Figura 65 - Comparação das tarefas pelas quatro peças

Ao analisar a figura anterior observamos que se destaca a peça D, pois o *setup* foi iniciado por uma troca de peça o que influenciou o resultado, assim como a maquinação da peça D foi o mais elevado, pois esta encontrava-se na fase de acabamento, sendo que o tempo de maquinação de acabamento é superior ao tempo de maquinação de uma peça que esteja na fase de desbaste e furação. Uma outra peça que se destaca é a peça B, pois foi a única peça em que existe a classificação de “outros” porque houve uma ferramenta que partiu, o que envolveu um recálculo de programa e a preparação de nova ferramenta, influenciando diretamente a percentagem de tempo de paragem da máquina, enquanto estava a maquinar aquela peça.

Posto isto, é necessário fazer uma análise às operações existentes e distingui-las entre operações de *setup* interno ou *setup* externo, com o intuito de entender quais destas são obrigatoriamente executadas com a máquina parada ou não.

Tabela 6 - Distinção entre *setup* interno versus externos

Operação	Setup externo/interno?
Dúvidas	Externo
Limpeza/Arrumação	Externo
Outros	Externo
Preparação de Ferramenta	Externo
Preparação Peça	Interno
Preparação de Programa	Externo
Sem operações	Externo
Troca de peça	Interno
Verificação de trabalho	Externo/Interno

Esta distinção foi executada com base no que foi observado durante as gravações, assim como no que foi questionado aos colaboradores e algum conhecimento geral da metodologia e da indústria de moldes.

No caso da operação de “verificação de trabalho”, optou-se por colocar em ambos os tipos de *setup*, visto que esta operação é teoricamente externa, mas na prática, considera-se como interna, dado que tem um papel fundamental na garantia de bom trabalho, podendo apenas ser executada com a máquina parada. Para esta análise, iremos considerar esta operação como sendo interna.

Com esta diferenciação entre operações, torna-se possível evidenciar em cada peça as operações que podem ser executadas enquanto a máquina está em funcionamento e suprimi-las, como mostra na Tabela 7. As linhas da tabela que se encontram a cor cinzenta, são as tarefas que abrangem o *setup* externo. As tabelas das restantes peças podem ser consultadas no Anexo K.

Tabela 7 - Tarefas suprimidas na maquinação da peça A

Peça A			Peça A		
Tipo de operação	Tempo (min)	Maquina em execução? S/N	Tipo de operação	Tempo (min)	Maquina em execução? S/N
Preparação de peça	4	N	Preparação de peça	4	N
Preparação de ferramenta	1	N	Máquina em execução	3	S
Preparação de programa	1	N	Máquina em execução	2	S
Máquina em execução	3	S	Verificação de trabalho	2	N
Preparação de ferramenta	6	N	Máquina em execução	3	S
Preparação de programa	2	N	Verificação de trabalho	1	N
Máquina em execução	2	S	Máquina em execução	4	S
Verificação de trabalho	2	N	Verificação de trabalho	0,5	N
Preparação de ferramenta	1	N	Máquina em execução	2	S
Máquina em execução	3	S	Máquina em execução	3	S
Verificação de trabalho	1	N	Verificação de trabalho	1	N
Preparação de programa	1	N	Máquina em execução	1	S
Máquina em execução	4	S	Troca de peça	6	N
Verificação de trabalho	0,5	N			
Preparação de ferramenta	0,5	N			
Preparação de programa	1	N			
Máquina em execução	2	S			
Dúvidas	2	N			
Preparação de ferramenta	0,5	N			
Preparação de programa	0,5	N			
Máquina em execução	3	S			
Sem operações	7	N			
Verificação de trabalho	1	N			
Preparação de ferramenta	8	N			
Máquina em execução	1	S			
Dúvidas	6	N			
Troca de peça	6	N			

Com isto, é possível comparar os tempos de *setup* antes e após a anulação das tais operações, tal como demonstrado na Tabela 8.

Tabela 8 - Valores comparativos em quatro diferentes peças antes e depois da anulação das operações de set-up externo

	Tempos antes da anulação (min)	Tempos depois da anulação (min)	Ganho (%)
<b>Peça A</b>	70,0	57,5	17,9
<b>Peça B</b>	81,5	72,5	11,0
<b>Peça C</b>	32,5	31,0	4,6
<b>Peça D</b>	102,5	97,5	4,9

Com a análise da Tabela 8, podemos concluir que após converter os *setup* externos em internos, as peças onde houve uma melhoria notável foi a peça A e a peça B, enquanto as outras peças tiveram praticamente os mesmos tempos. De modo a tentar melhorar/corrigir algumas oportunidades de melhoria detetadas durante o desenvolvimento deste trabalho, elaborou-se a Tabela 9, para as quais se apresentaram soluções.

Tabela 9 - Oportunidades de melhoria

<b>Oportunidade de Melhoria</b>	<b>Soluções</b>
<b>Elevado tempo de troca de peça.</b>	Preparar a peça, o máximo possível antecipadamente, enquanto a máquina está a trabalhar para reduzir o tempo de troca de peça.
<b>Troca de ferramenta com máquina parada.</b>	Preparar ferramentas sempre que possível enquanto a máquina está a trabalhar e, se possível, preencher o carrossel com o máximo de ferramentas possível (as mais usadas) e coordenar com a secção de programação.
<b>Preparação de montagem de peças.</b>	Tentar preparar as montagens das peças enquanto a máquina esta a maquinar a peça anterior, para que quando esta acabe a troca seja mais rápida.
<b>Falha na passagem de informação entre secção.</b>	Definir o trabalho a elaborar, antes do operador chegar ao posto de trabalho e fornecer documentos explícitos que evitem dúvidas perante o mesmo.  E o operador antes de começar o seu trabalho, deve averiguar as peças que vão maquinar e ver se existem algumas situações que possam ser ambíguas e esclarecer com o responsável para não perder tempo durante a maquinação das mesmas.

Após a elaboração desta análise, pode-se concluir que a implementação do SMED pode acarretar resultados satisfatórios para a melhoria da produção, sendo que ficou a sugestão de elaborar a mesma metodologia para a máquina CNC ROLLER, pois é a única máquina de cinco eixos, tornando-se assim uma máquina crítica. A análise não foi elaborada inicialmente nesta máquina, pois quando se iniciou a implementação desta metodologia não existiu disponibilidade total para acompanhar a CNC ROLLER, pois esta nos dias da análise continha peças de grandes dimensões cuja maquinação ira demorar dias a terminar (logo não seria possível observar mudanças de *setup*).



## 5. Conclusão e trabalhos futuros

Com a realização deste projeto foi possível desenvolver e aplicar conhecimentos de Planeamento, Gestão da Produção e de Metodologias LEAN e técnicas de suporte, 5S e SMED, abordados durante a parte letiva do Mestrado, tendo como principal objetivo propor melhorias ao nível do planeamento e da produção de moldes metálicos para a injeção de peças plásticas.

Neste âmbito, foram adotadas diversas técnicas de recolha de dados, abarcando desde entrevistas, análise de documentos e observação, tendo como intuito caracterizar os procedimentos existentes ao nível do planeamento dos moldes, assim como perceber as etapas típicas inerentes ao fabrico de moldes. Seguidamente, foram recolhidos e analisados dados registados informaticamente pela empresa e referentes a cinco moldes, que cruzados com os fluxos típicos do processo produtivo, permitiu perceber e identificar as rotas dos principais componentes do molde.

Como principais conclusões desta análise, foi possível detetar a falta de rotinas relativas à inserção de informação por parte dos colaboradores, e que se pode revelar crítico pois esta informação é utilizada para cálculo dos custos reais dos moldes, verificando-se sistematicamente lacunas de preenchimento, como falta de registo de operações no posto de trabalho, inexistência de etapas, entre outras.

Ao nível dos procedimentos de planeamento na empresa, foi possível identificar e listar situações incorretas, as quais foram alvo de propostas de correção por alteração ao modelo de suporte aos cronogramas/planos de trabalho, recorrendo-se para tal ao *Microsoft Project*. Este *software*, sendo considerado *open source* foi o utilizado neste estudo, no entanto, existem no mercado outros mais apropriados a este tipo de indústrias, como o Organimold. Estes mapas foram reforçados com a construção de fluxogramas de suporte à tomada de decisão, assim como pela criação de linhas orientadoras de suporte às rotas de produção, agrupadas por componentes do molde, e por alertas de ação definidos como *milestones*, genéricos para o projeto e fabrico do molde, e mais especificamente para as operações de CNC e Erosão.

Importa destacar que da análise anterior, resultou que tipicamente os planos de trabalho não acrescentam valor ao processo, pois têm apenas como função responder às imposições dos clientes, sendo que o cumprimento dos prazos é conseguido por recurso a horas extraordinárias

e a dias não laborais para remediar o atraso constante. Conclui-se que estas situações ocorrem, por falta de planeamento e ausência de reuniões entre as chefias, o que dificulta a passagem de informação entre eles, assim como a ausência de métodos que auxiliem o cumprimento do prazo por antecipação e não por reação, pois de facto, o pouco “planeamento” que existia, era feito “em cima do acontecimento”.

Foi neste contexto, que a definição e proposta das melhorias descritas neste trabalho, permitiu acima de tudo, definir um método mais estruturado de suporte ao planeamento, o que possibilita a que atualmente, seja possível que um colaborador com pouca experiência na indústria, ou de forma menos empírica, consiga contruir mapas mais adequados à definição das etapas de projeto e fabrico de moldes, assim como apoiar os responsáveis da secção de CNC e Erosão, na definição das rotas de produção e na distribuição de trabalho pelos equipamentos existentes.

Ao nível do *layout* da empresa, embora as propostas sugeridas não tenham revelados ser significativas em termos de redução de distâncias percorridas, pois não se obteve os resultados espectáveis, destaca-se que amostra utilizada não foi a mais correta pois os moldes em análise têm dimensões reduzidas e como tal não operam nas máquinas movidas, o que envia os resultados obtidos. Assim, antes de excluir a possibilidade de alteração do *layout*, fica a sugestão para trabalhos futuros de fazer novamente a simulação utilizando uma amostra de peças com dimensões superiores 1000x600x600 mm.

Por último, e de forma mais genérica, este trabalho visou também demonstrar a mais valia da aplicação de técnicas do LEAN à indústria de moldes, como foi o caso do 5S e do SMED, tendo ficado evidente pela aplicação dos 5S à secção de bancada que é possível alcançar níveis elevados de organização e limpeza (Classificação inicial de 34 % versus classificação final de 86,3%), assim como reduzir de forma significativa os tempos de mudanças de *setup* nos equipamentos (com reduções estimadas de 4,6% a 17,9%).

Notar que as sugestões efetuadas ao nível dos 5S não foram integralmente realizadas, tendo ficado por implementar as faixas no chão para o produto acabado e as faixas divisórias por moldes, assim, recomenda-se num futuro próximo, que esta metodologia seja aplicada no resto da secção de bancada, pois esta ainda continua a ser a mais crítica da empresa, e posteriormente alargar sem às restantes secções. No que respeita ao SMED, fica a proposta de aplicar esta metodologia na CNC ROLLER, pois é a CNC mais crítica e a única de cinco eixos.

Como conclusão final, resta acentuar a importância da realização de trabalhos como este que se apresenta, pois só com a existência de uma gestão e planeamento estruturado, e da constante procura e implementação de ações de melhoria contínua, é que as empresas hoje em dia conseguem ser competitivas.



## Bibliografia e Referências bibliográficas

- Alam M R., Lee K. S. e Zhang M. Rahman & Y. F.** Process planning optimization for the manufacture of injection moulds using a genetic algorithm [Diário] // International Journal of computer Integrated Manufacturing. - 2003. - pp. 16: 181-191.
- Brito A.** Moldes de Injeção para Termoplásticos [Relatório] / Departamento de Engenharia de Polímeros da Universidade do Minho. - 2000.
- Camacho José Ferro** Exportações Portuguesas [Diário] // O molde. - 2018. - pp. 73-74.
- Cefamol** - Associação Nacional da Indústria de Moldes [Online] // Indústria Portuguesa de Moldes 18. - 2018. - 27 de Dezembro de 2018. - Em:  
<https://www.cefamol.pt/index.php?id=30>.
- Courtois A., Martin C. e Pillet M.** Gestão Da Produção [Livro]. - Lisboa : LIDEL, 1993. - 2.<sup>a</sup> Edição.
- Cunha António M. [et al.]** Manual Do Projectista Para Moldes De Injeção De Plásticos [Livro]. - Marinha Grande : Centimfe, 2003.
- Erosomolde** Erosomolde [Online]. - 2017. - 27 de Dezembro de 2018. - Em:  
<https://www.erosomolde.pt/pt/empresa>.
- Ferreira Irene e Vieira Carlos** Gestão da Produção e Logística. Aula teórica. ESTG. - 2016.
- Ferreira Irene Sofia Carvalho** Caracterização da indústria de moldes na região da Marinha Grande, na óptica da Qualidade [Relatório] / Mestrado em Métodos Quantitativos em Gestão ; Universidade do Porto - Escola de Gestão . - Porto : [s.n.], 2001. - pp. 62-63.
- Fetecau Catalin, Dobrea Daniel Valentin e Postolache Ion** Overmolding Injection Molding Simulation of Tensile Test Specimen [Diário] // International Journal of Manufacturing Technologies. - 2010. - Vol. 2. - pp. 45-50.
- Ghiglione e Rodolphe** O inquérito : teoria e prática / Rodolphe Ghiglione e Benjamim Matalon [Livro]. - Oeiras : Celta, 2001. - 4.<sup>a</sup> Edição.
- Grandesoft** Organimold [Online]. - 8 de Dezembro de 2018. -  
<http://www.grandesoft.pt/organimold.htm>.
- Gu P. e Norrie D.H.** Intelligent Manufacturing Planning [Livro]. - London : CHAOMAN & HALL, 1995.
- James P. Womack Daniel T. Jones, Daniel Roos** The machine that changed the world [Livro]. - New York : Macmillan-Publishing Company, 1990.

**Kluz John** Moldmaking & Die Cast Dies for Metalworking Trainees [Livro]. - Washington : NTMA, 1981.

**Maciel Olga, Nunes Adelia e Claudino Sérgio** Recurso ao inquérito por questionário na avaliação do papel das Tecnologias de Informação Geográfica no ensino de Geografia [Diário] // CEGOT - Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território. - 2014. - Vol. 6. - pp. 153-177.

**Moreira Marco Manuel Miranda** Projeto de Molde para a Injeção de Peça Plástica Complexa para a Indústria Automóvel [Relatório] / Mestrado em Engenharia Mecânica ; Instituto Superior de Engenharia do Porto. - Porto : [s.n.], 2015. - pp. 17-21.

**Olhager Jan e Ostlund Bjorn** An integrated push-pull manufacturing strategy [Diário] // European Journal of Operational . - North Holland : [s.n.], 1990. - Vol. 45. - pp. 135-142.

**Pereira Pedro Francisco Venâncio** Dimensionamento Estrutural de Moldes de Injeção [Relatório] / Mestrada Engenharia Mecânica - Produção Industrial ; Escola Superior Tecnologia e Gestão. - Leiria : [s.n.], 2017. - p. 6.

**Pina Jorge Diogo** Desenvolvimento de Soluções Lean Manufacturing Aplicadas num sistema produtivo de moldes [Relatório] / Mestrado Engenharia Mecânica ; Universidade Técnica de Lisboa. - Lisboa : [s.n.], 2016. - p. 2.

**Pinto Francisco** Balanced Scorecard [Livro]. - Lisboa : Edições Sílabo, 2007. - 1ª Edição.

**Sarkar Debashis** 5S for service organizations and offices : a lean look at improvements [Livro]. - Milwaukee, Wisconsin : ASQ Quality Press, 2006.

**Sarkar Debashis** Lean for service organization and offices [Livro]. - Milwaukee Wisconsin : ASQ Quality Press, 2007.

**Tavares Márcio Fernando Nascimento** Moldes de injeção com desenroscamento automático: casos de estudo [Relatório] / Mestrado Engenharia Mecânica-Produção Industrial ; Escola Superior Tecnologia e Gestão. - Leiria : [s.n.], 2016. - pp. 5-6.

**Tompkins James A. [et al.]** Facilities Planning [Livro]. - United States of America : John Wiley & Sons, INC., 2003. - 3.ª Edição.

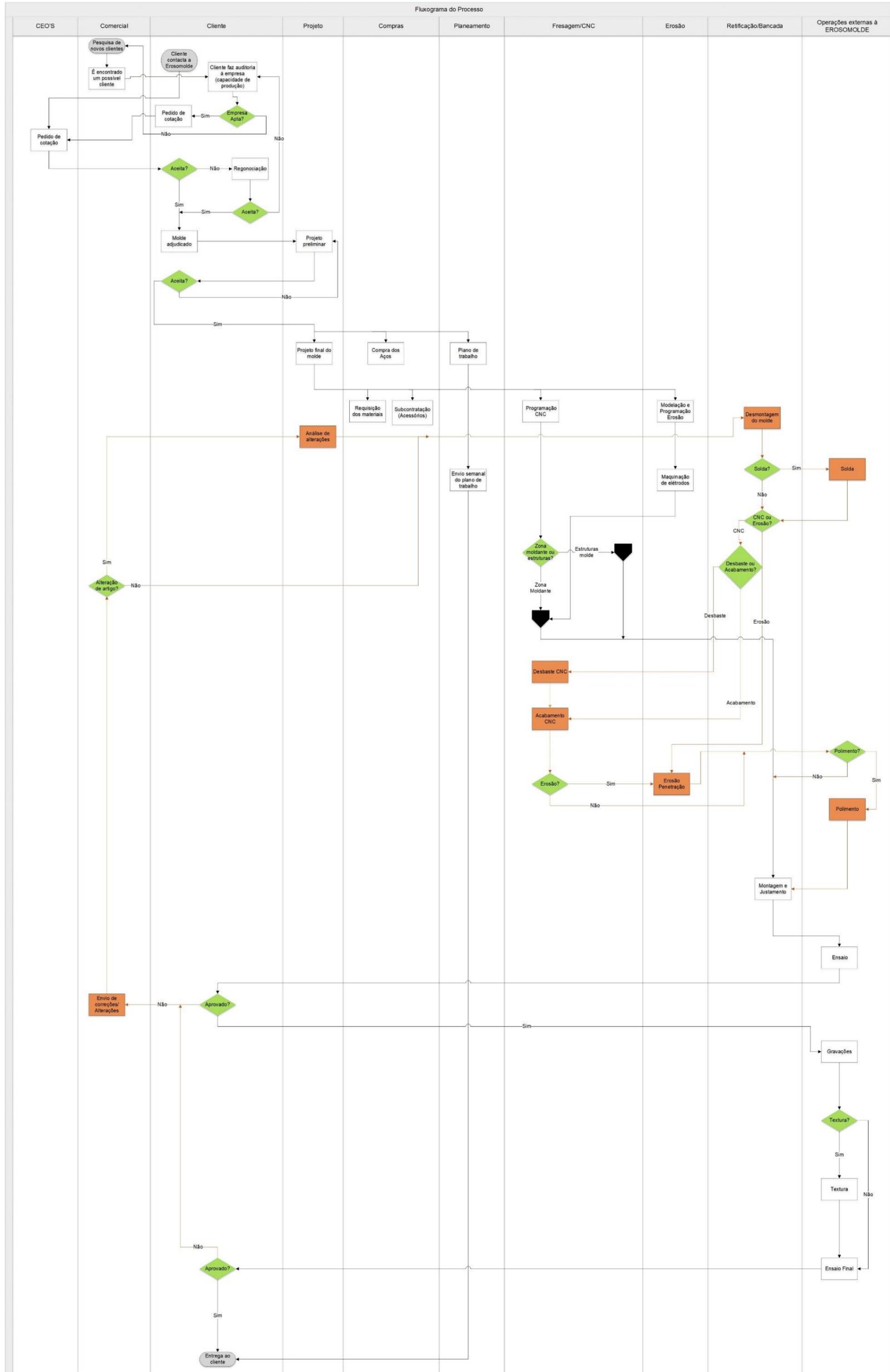
**Vieira Filipa Dionísio e Romero Fernando** Uma tipologia de análise da inovação no Setor dos Moldes em Portugal [Diário] // Comportamento Organizacional e gestão. - Braga : [s.n.], 2005. - Vol. 11. - pp. 85-94.

**Womack Jim** Lean Enterprise Institute [Online]. - 2006. - 28 de Dezembro de 2018. - Em: <https://www.lean.org/womack/DisplayObject.cfm?o=743>.



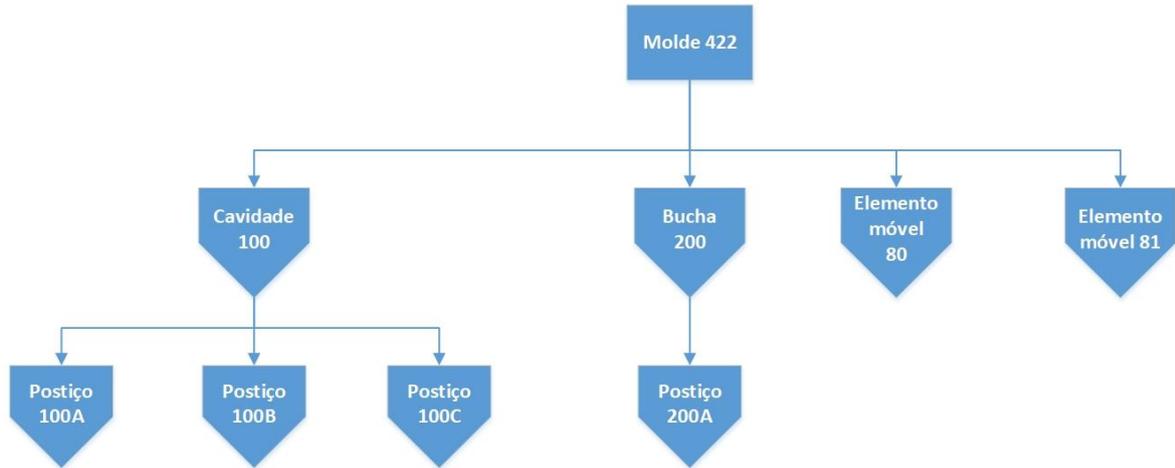
## **Anexos**

Anexo A – Fluxograma do Processo

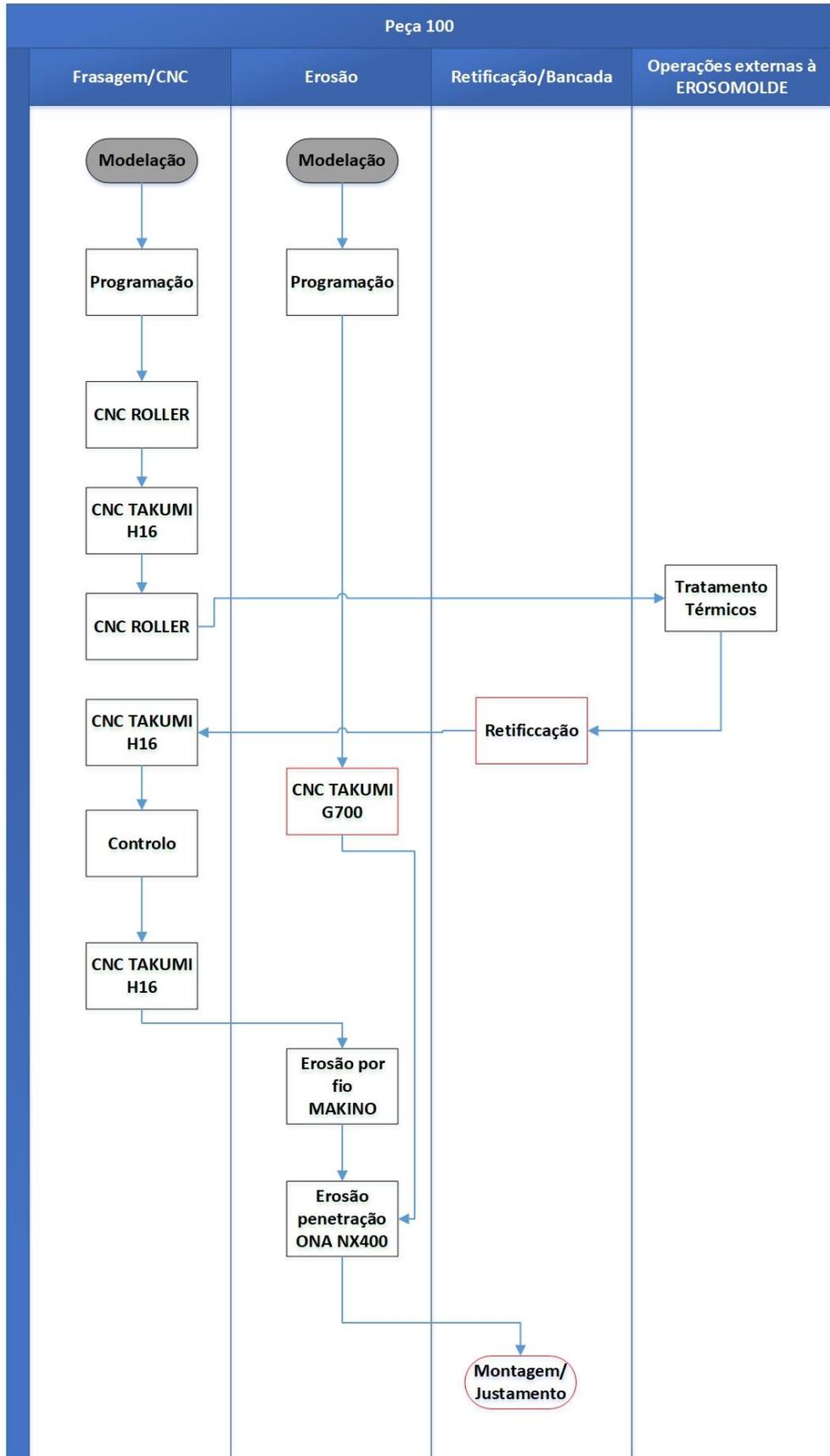


**Anexo B** – Fluxogramas Moldes

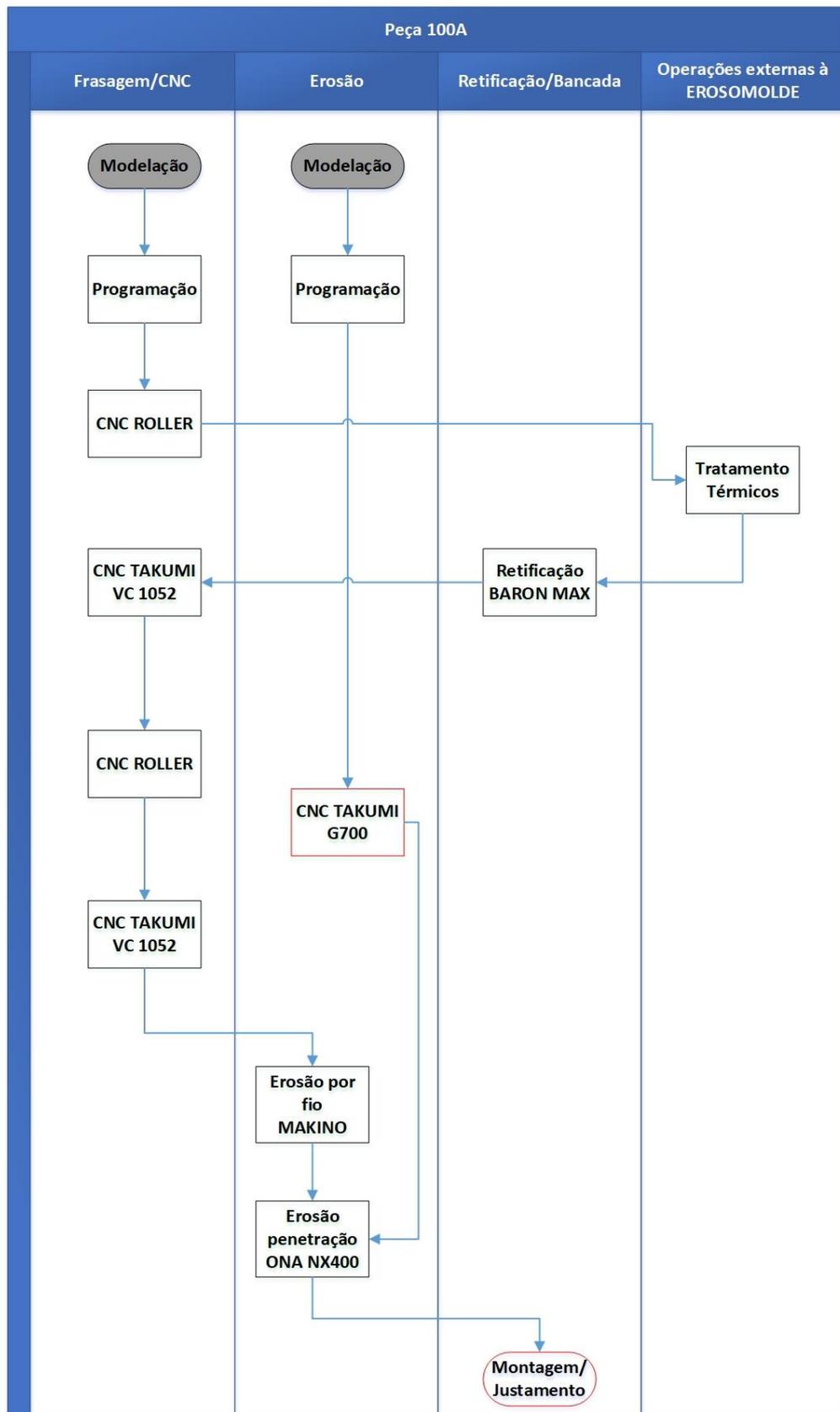
**B.1** – Molde 422



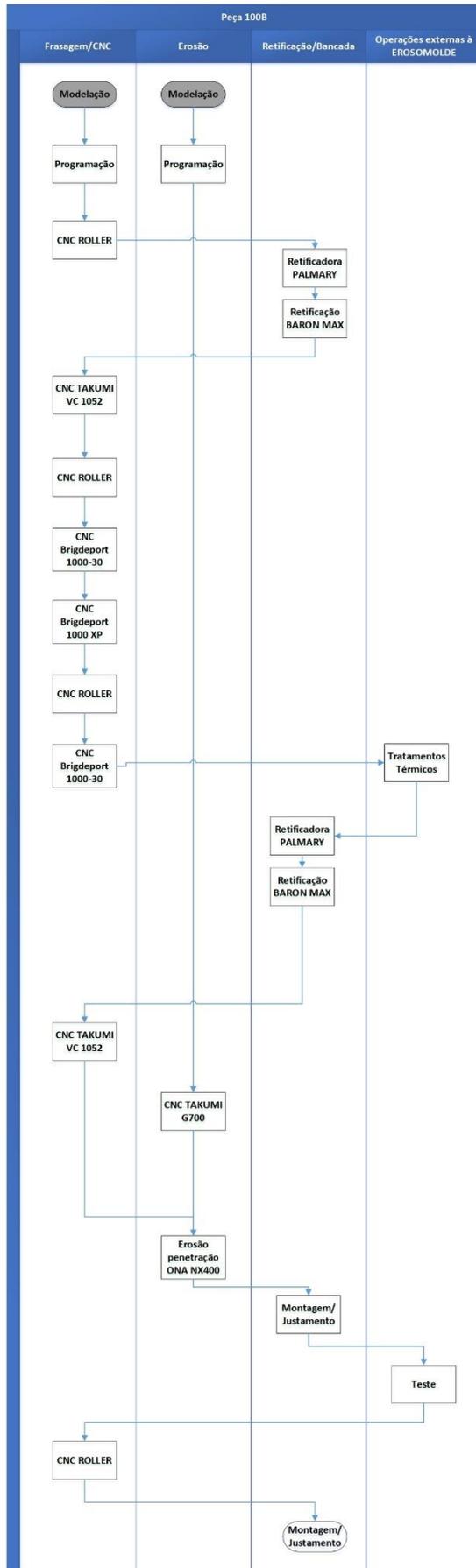
Cavidade  
100

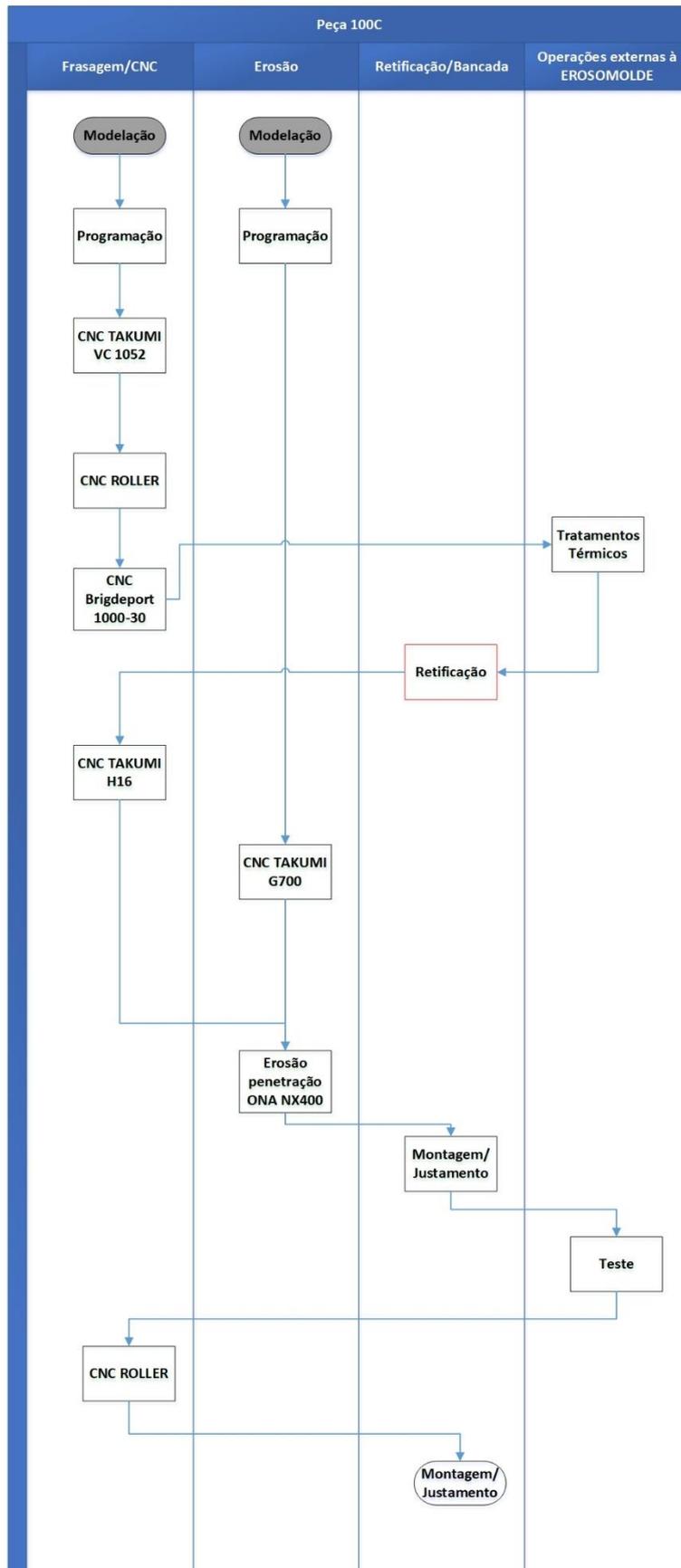


Postiço  
100A

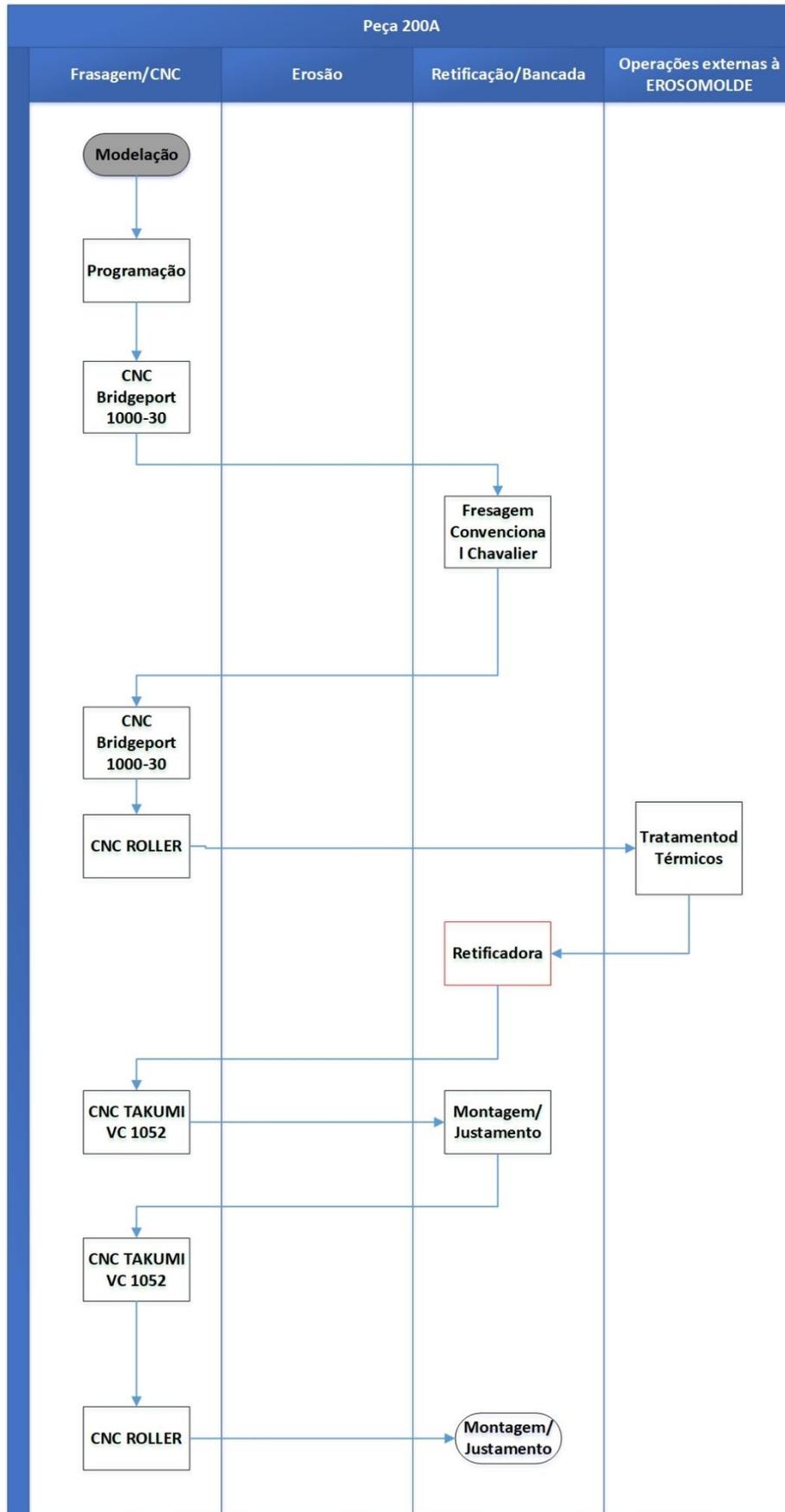


Posição 100B

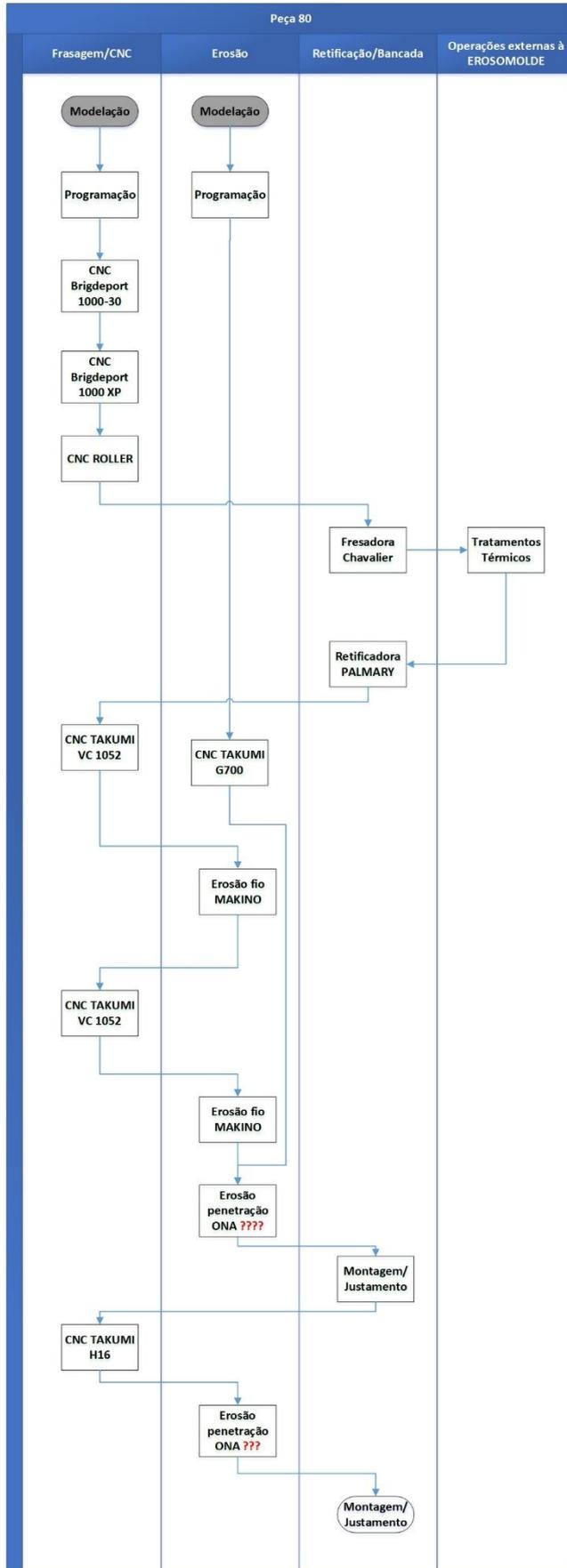


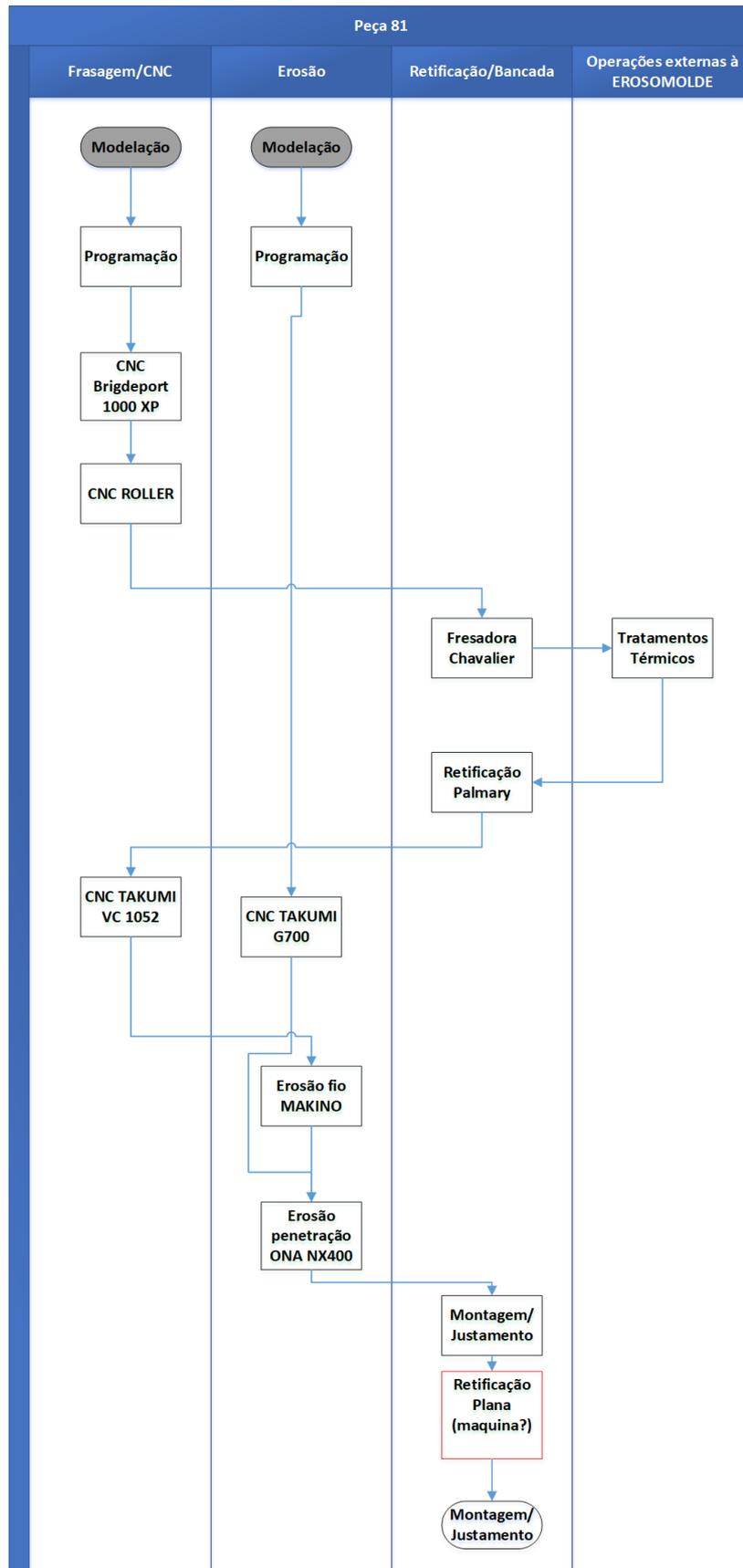




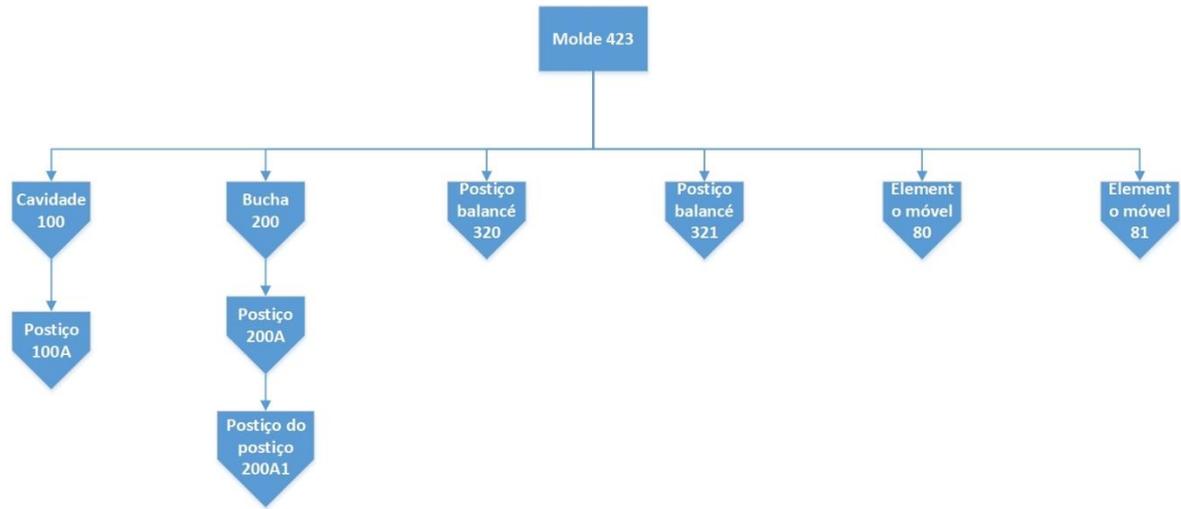


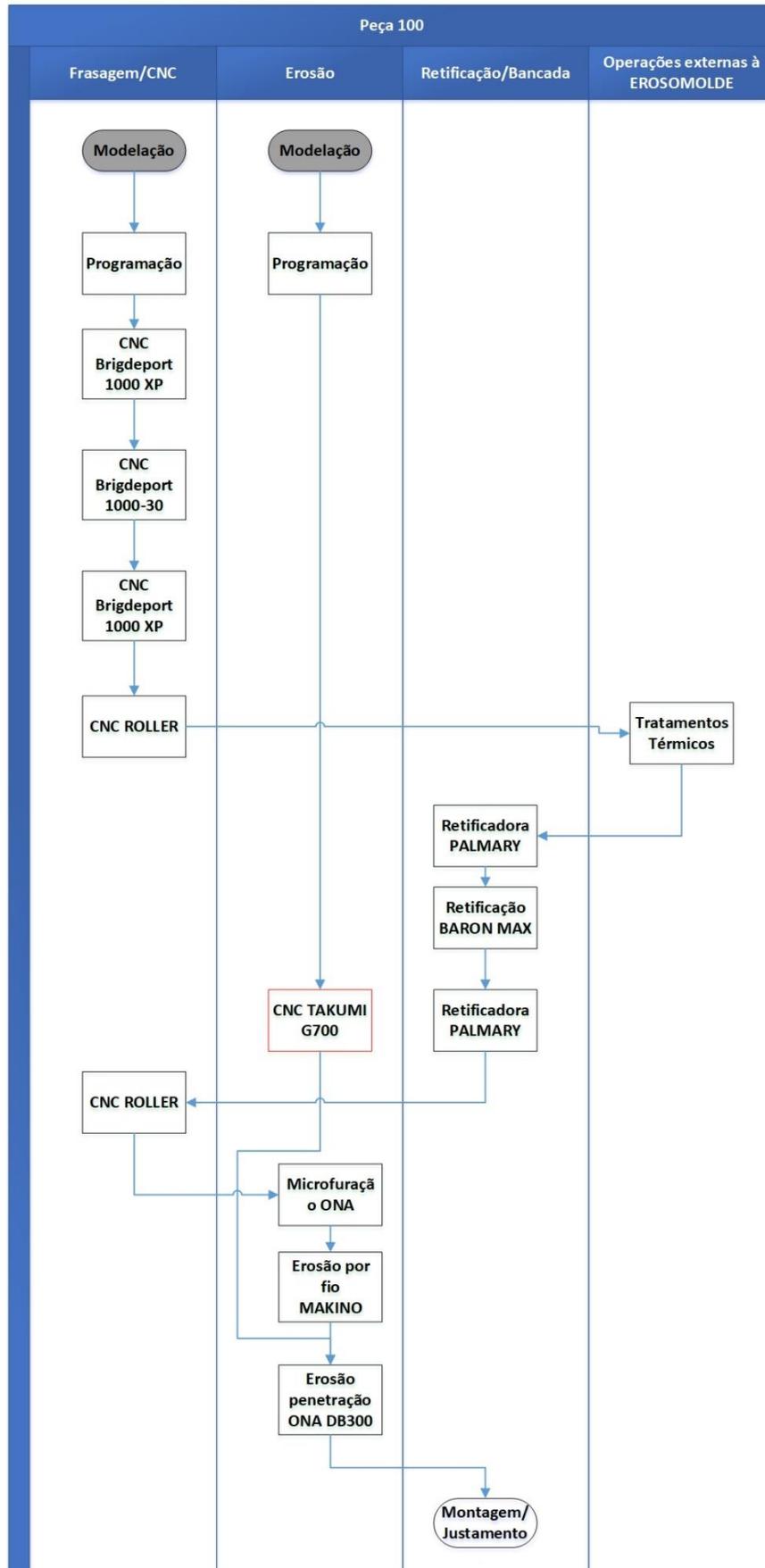
Elemento móvel 80



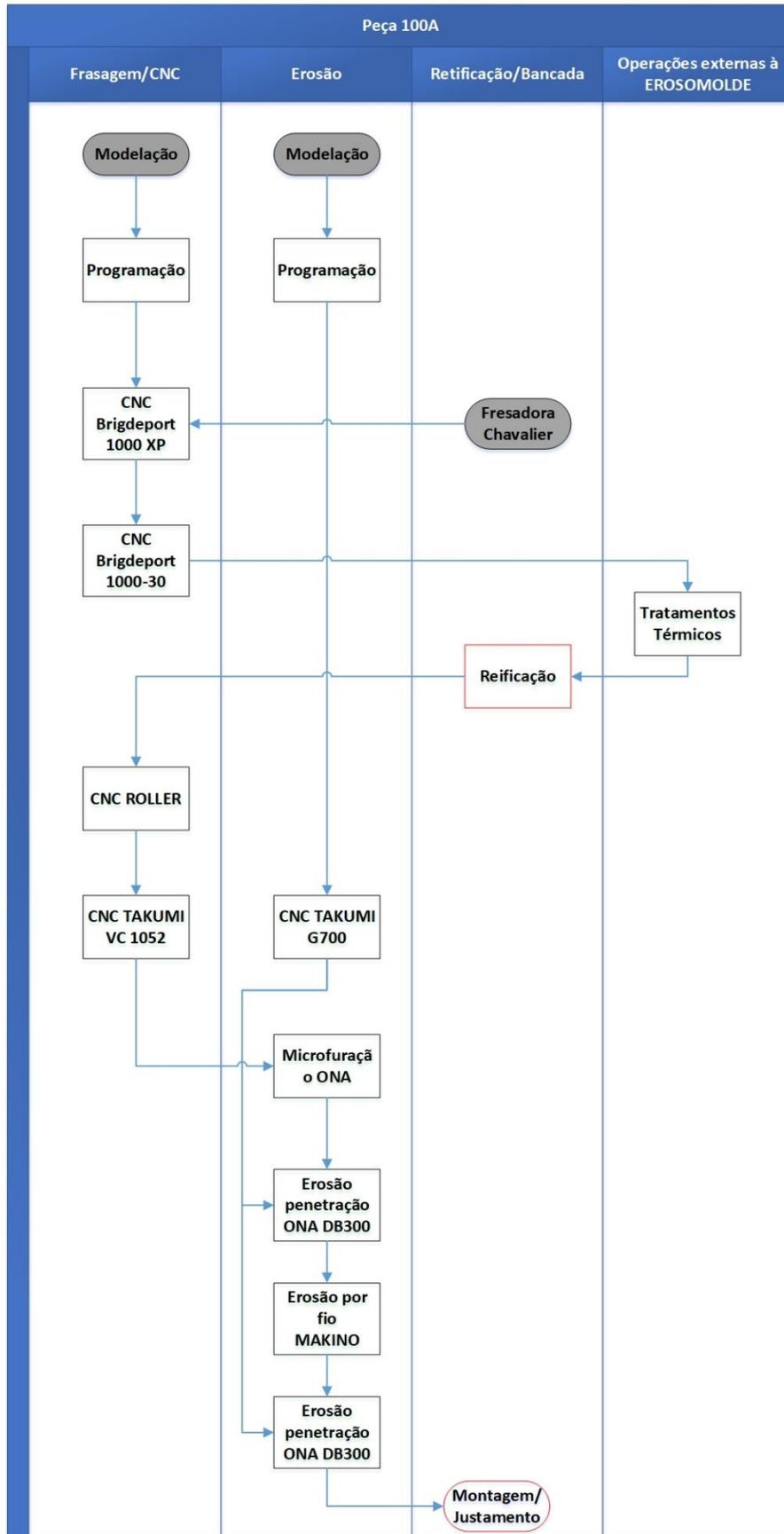


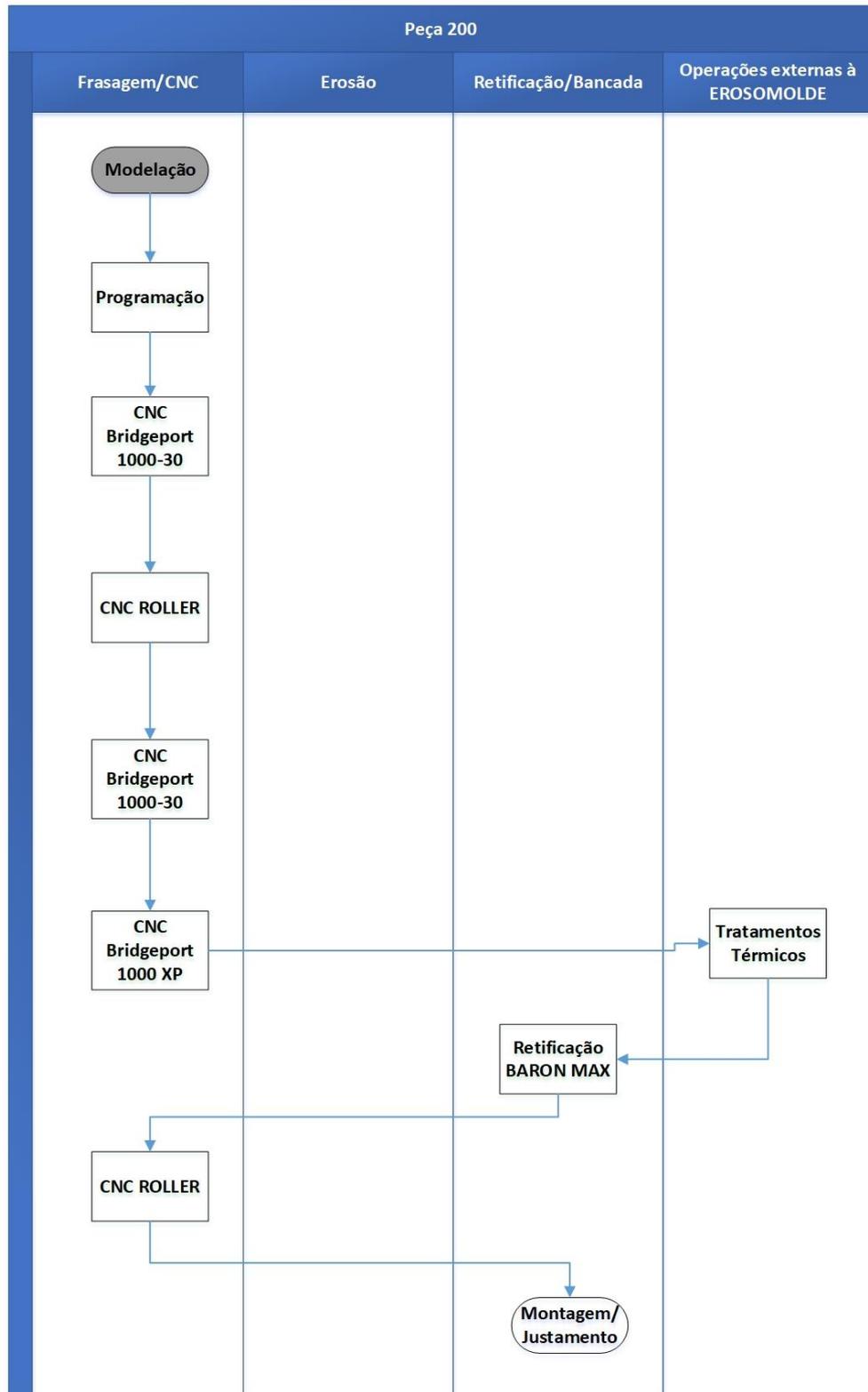
## B.2 – Molde 423



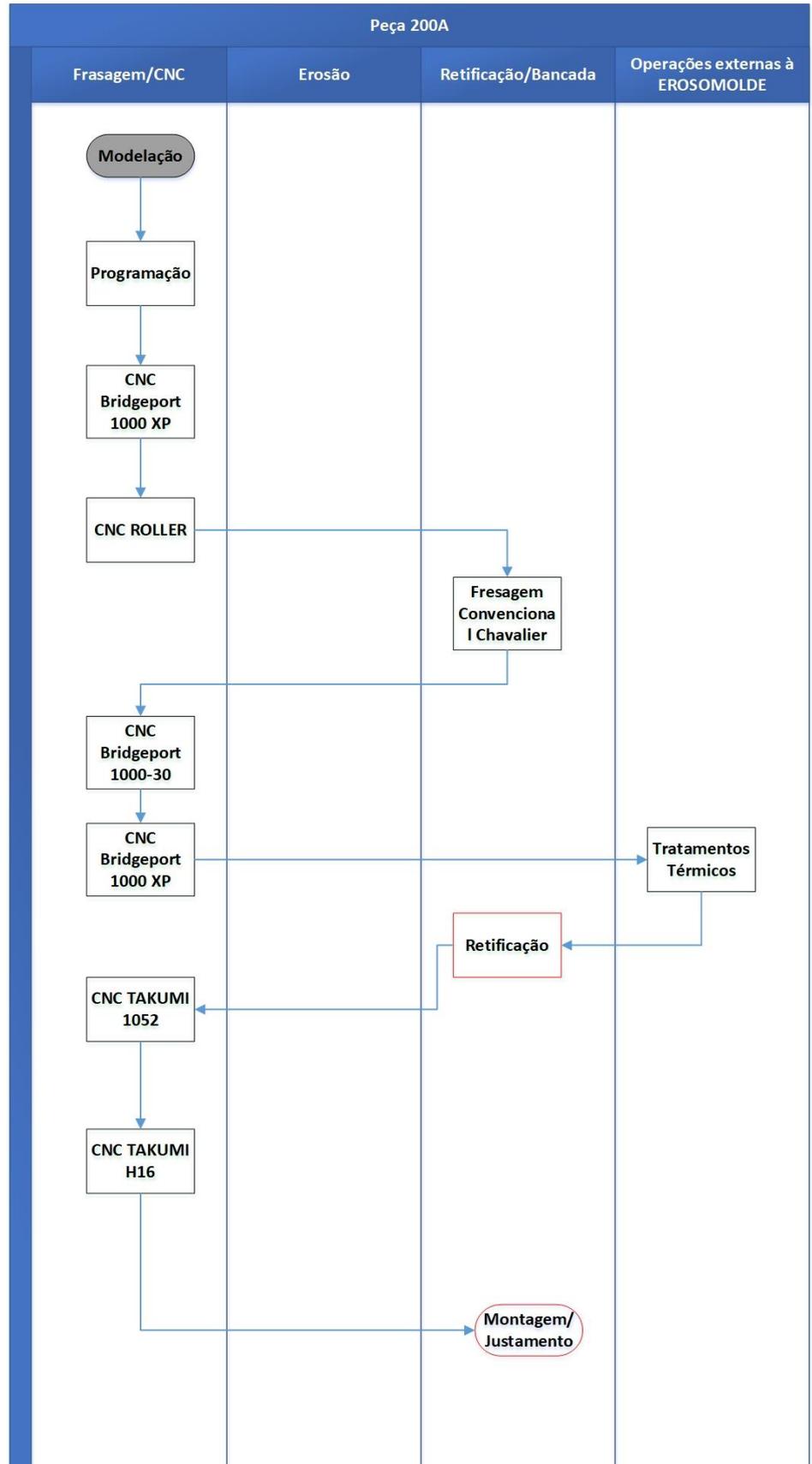


Postiço  
100A

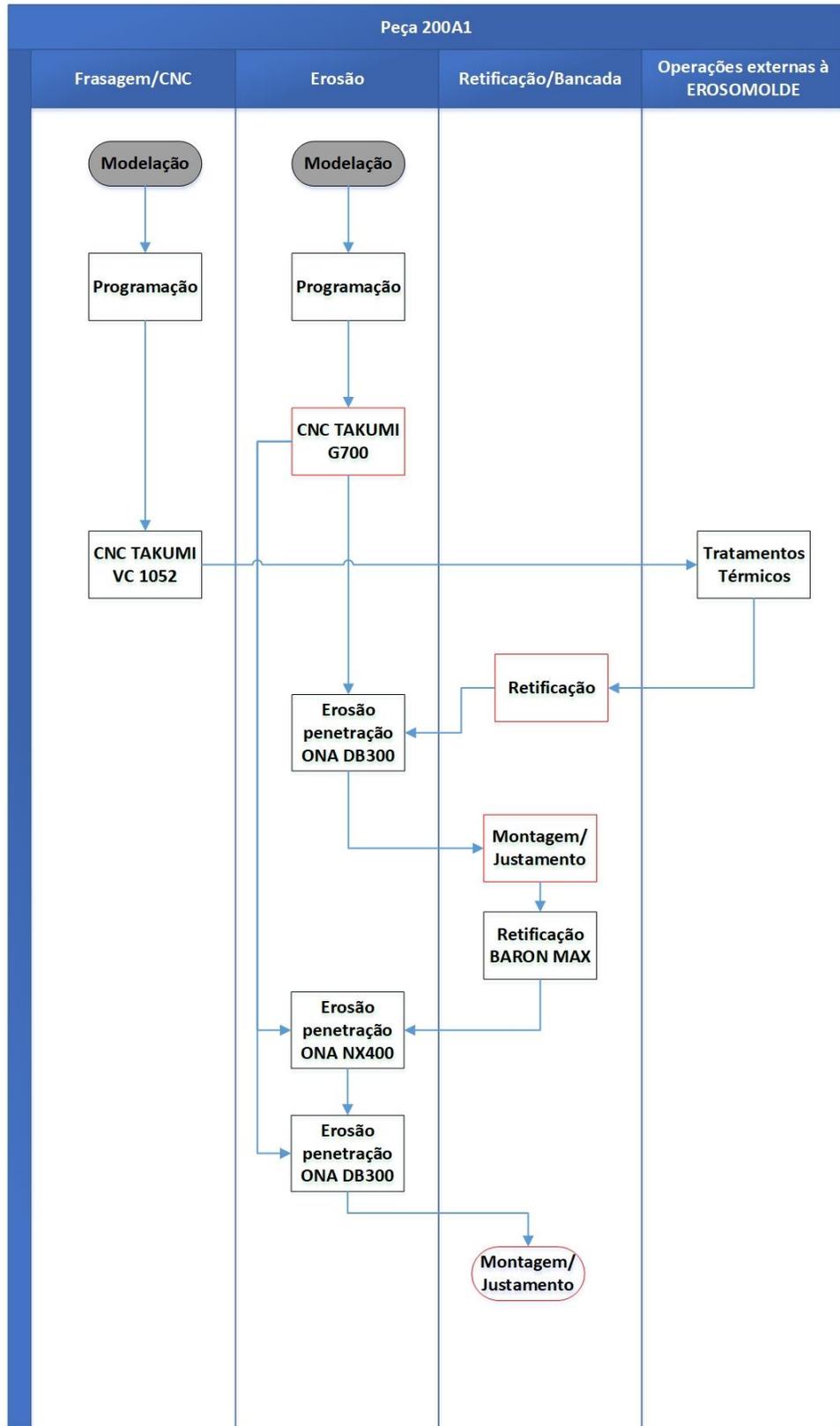




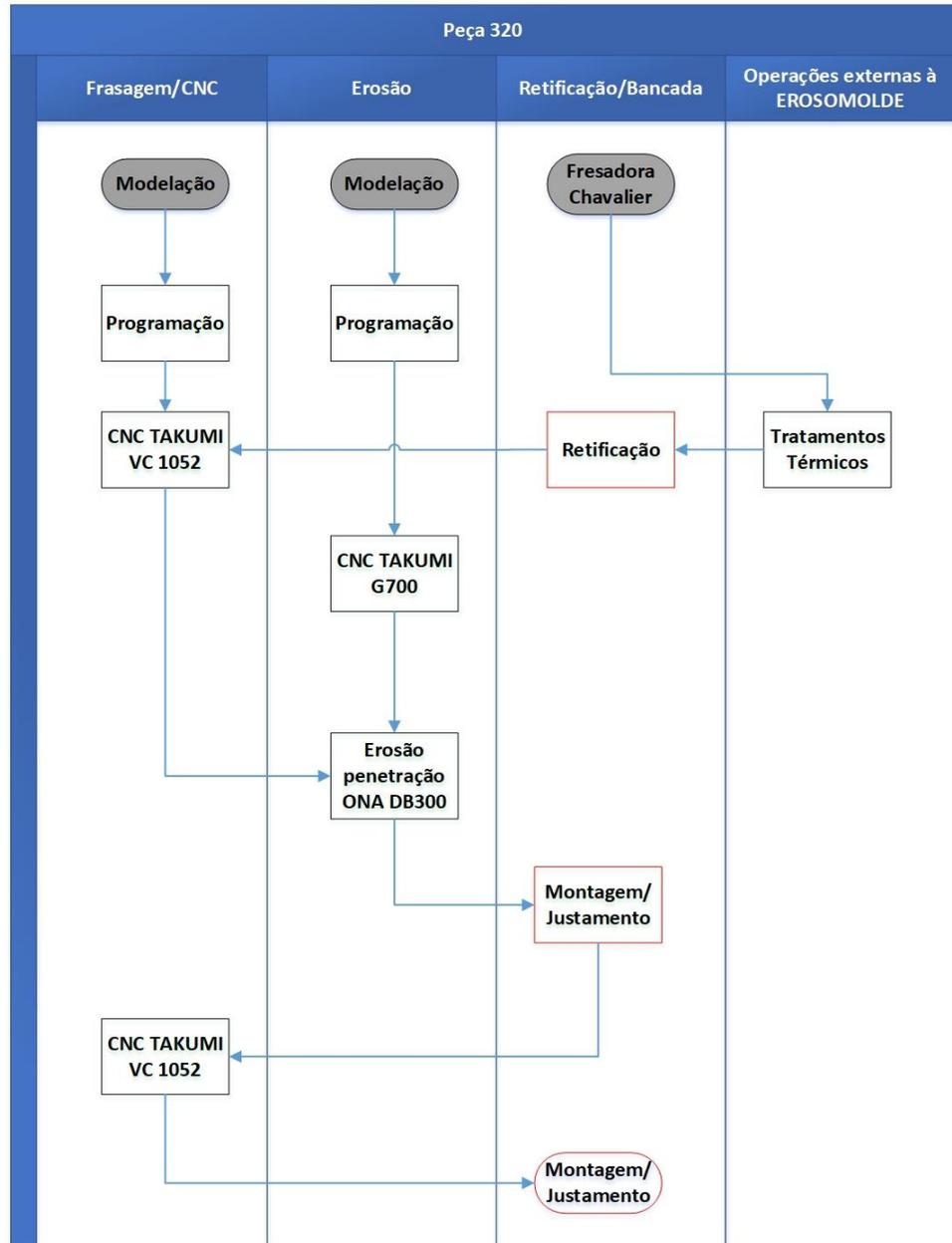
Postiço  
200A

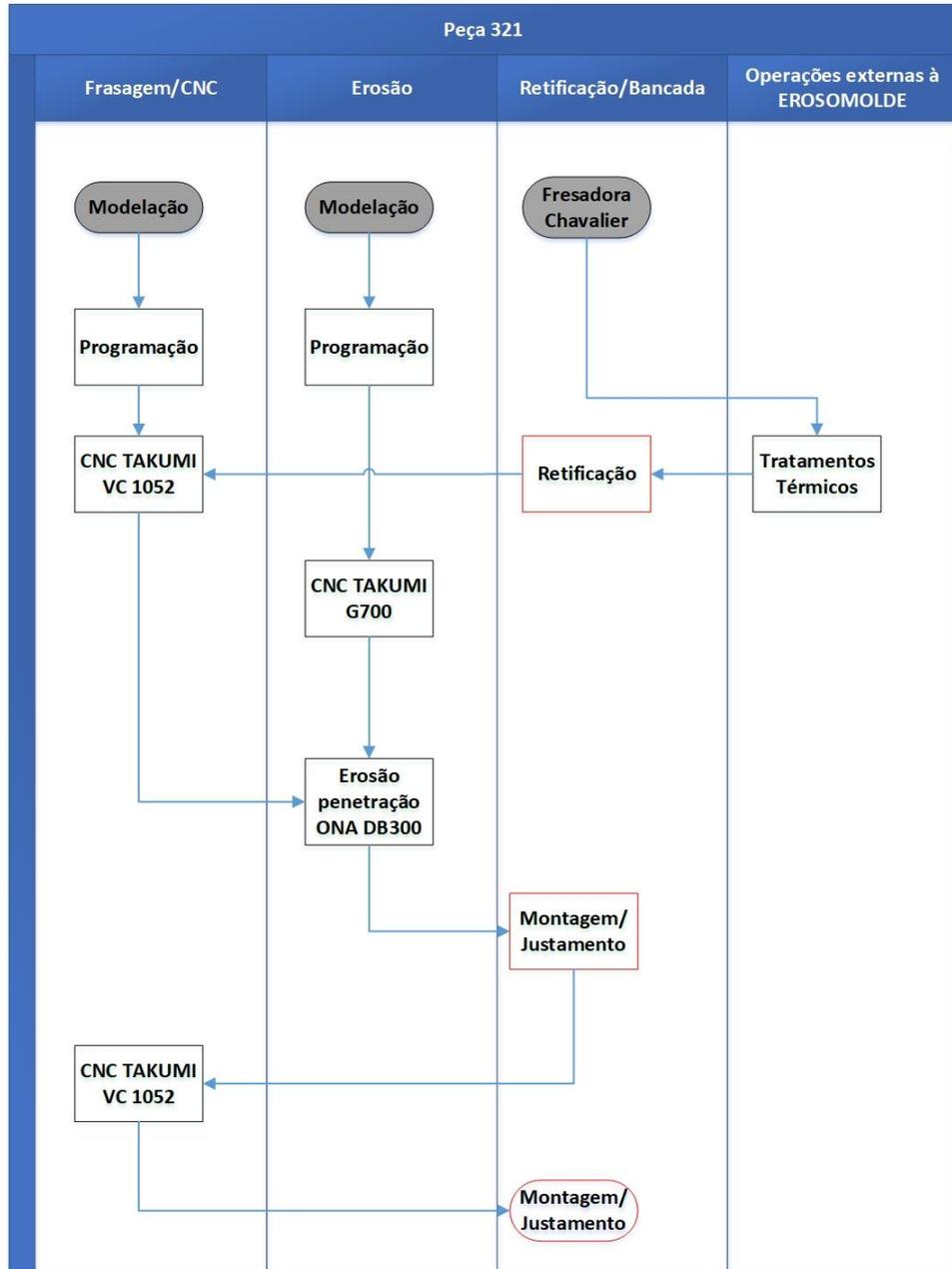


Postiço do  
postição  
200A1

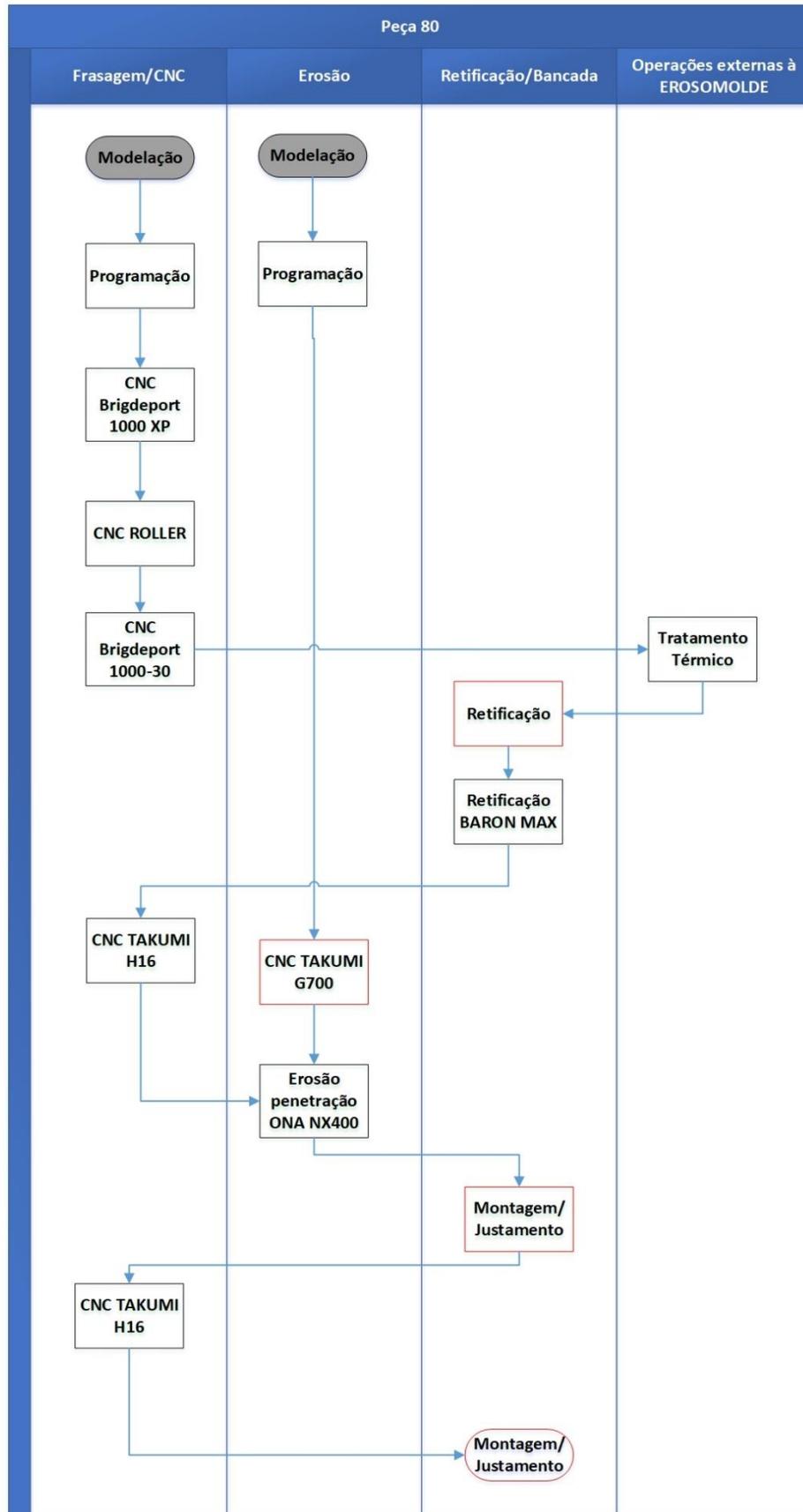


Postiço  
balancé 320

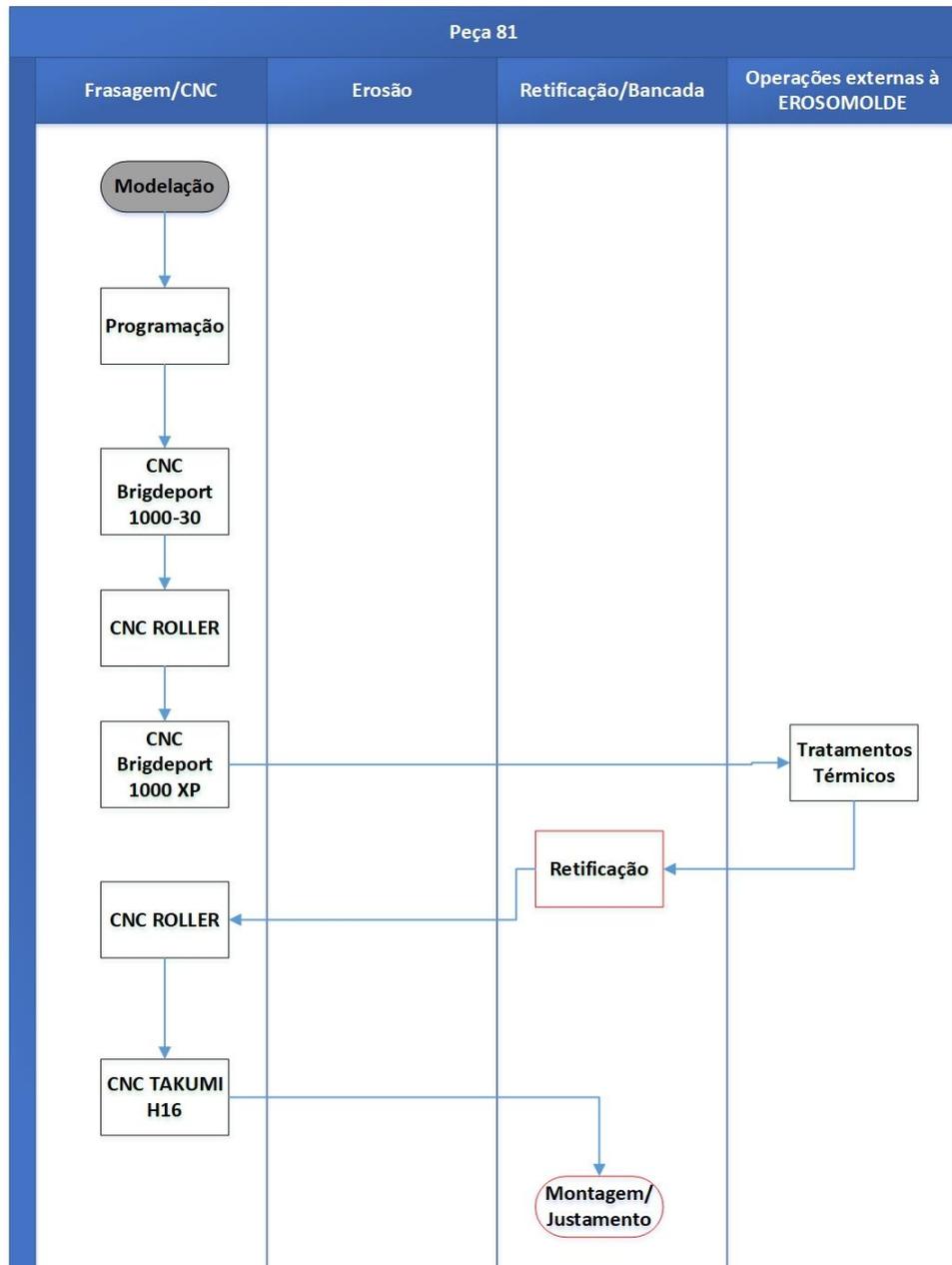




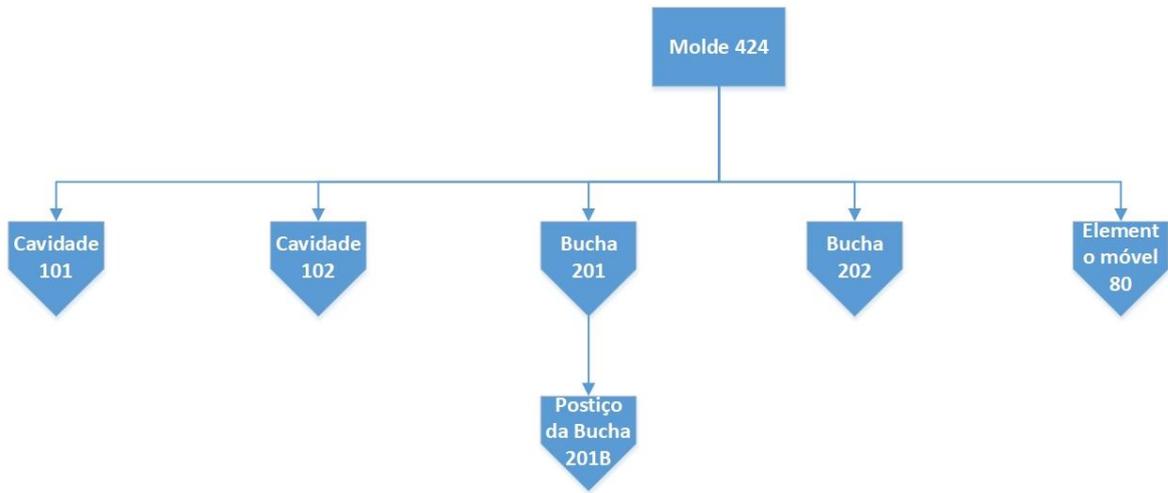
Elemento móvel 80



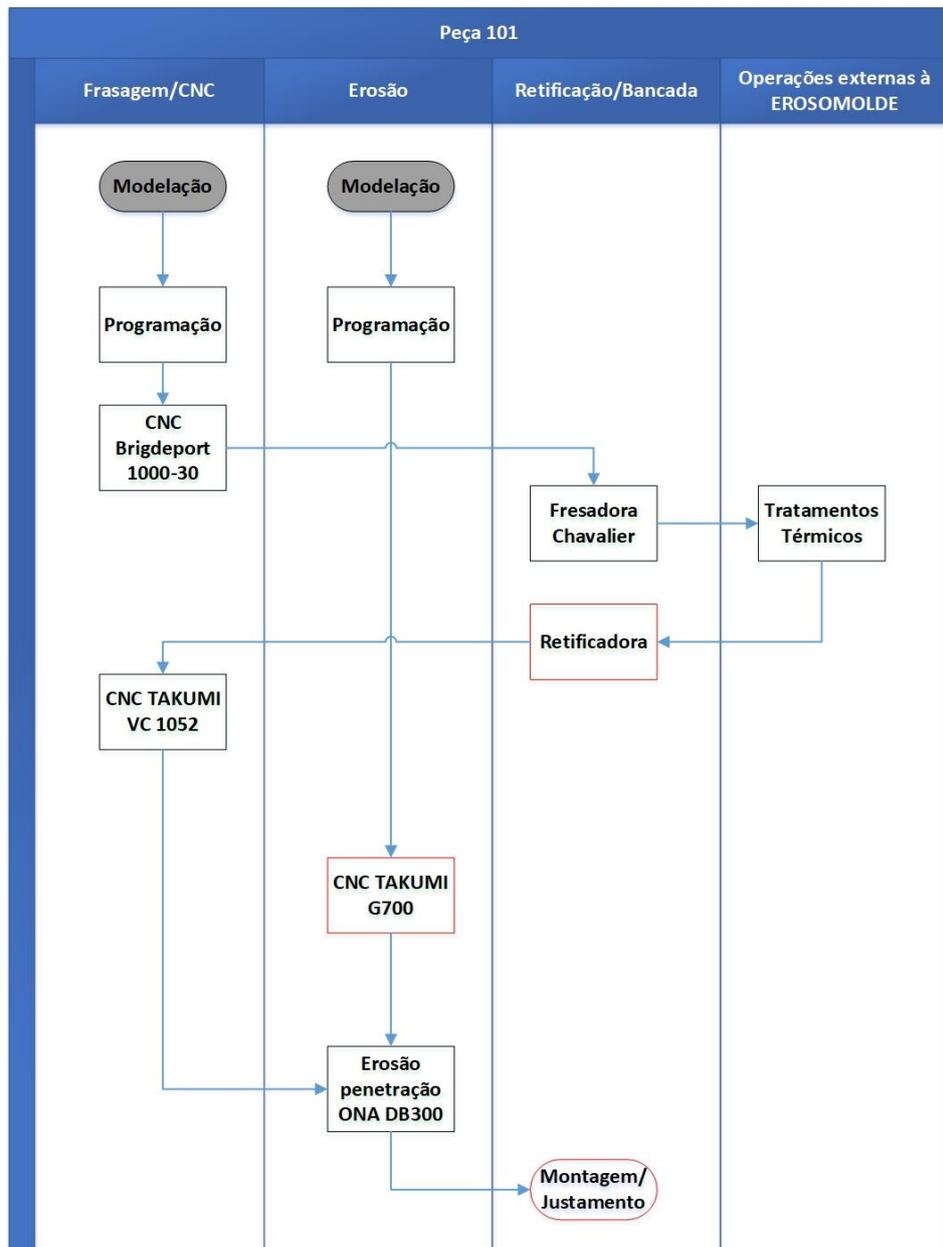
Elemento móvel 81

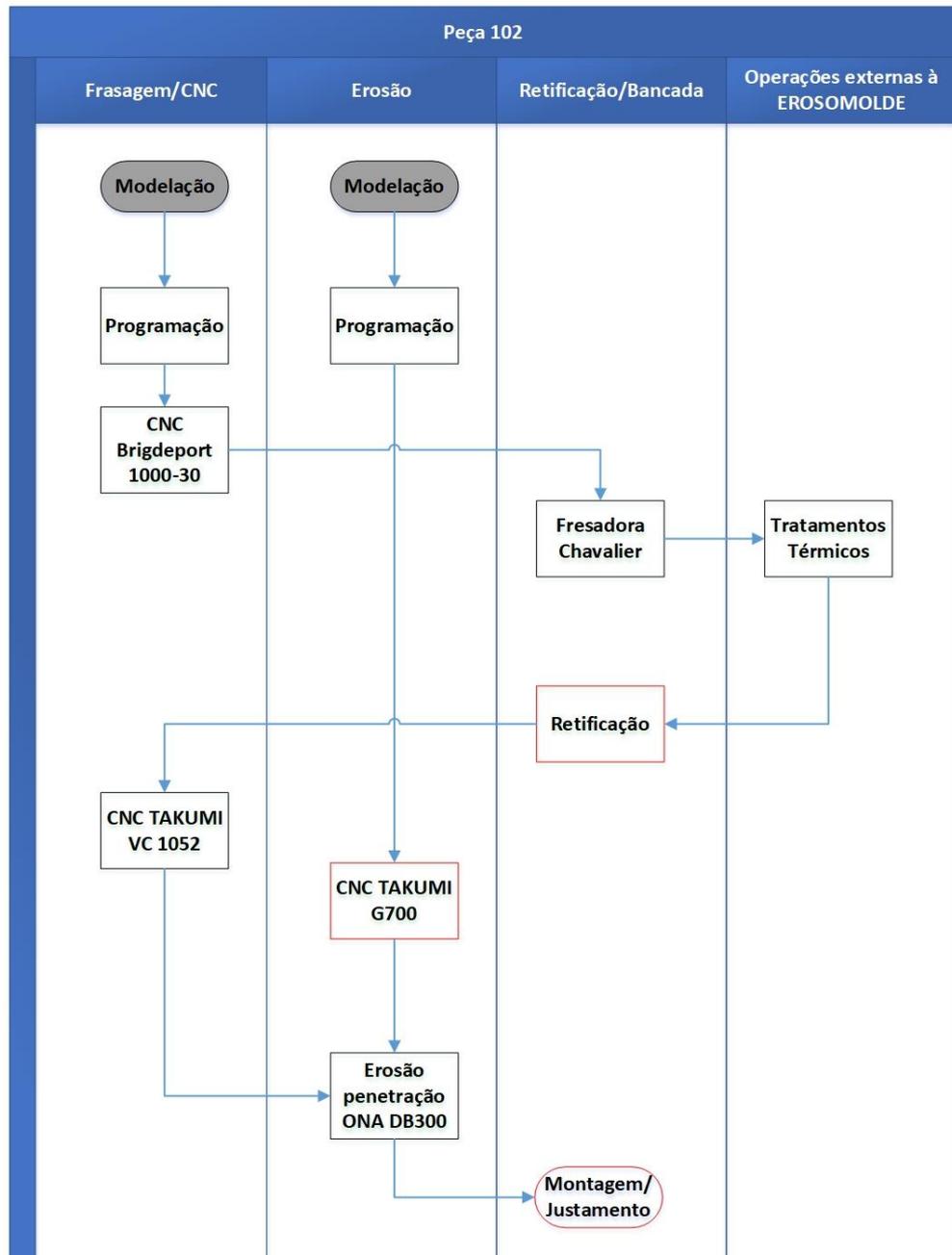


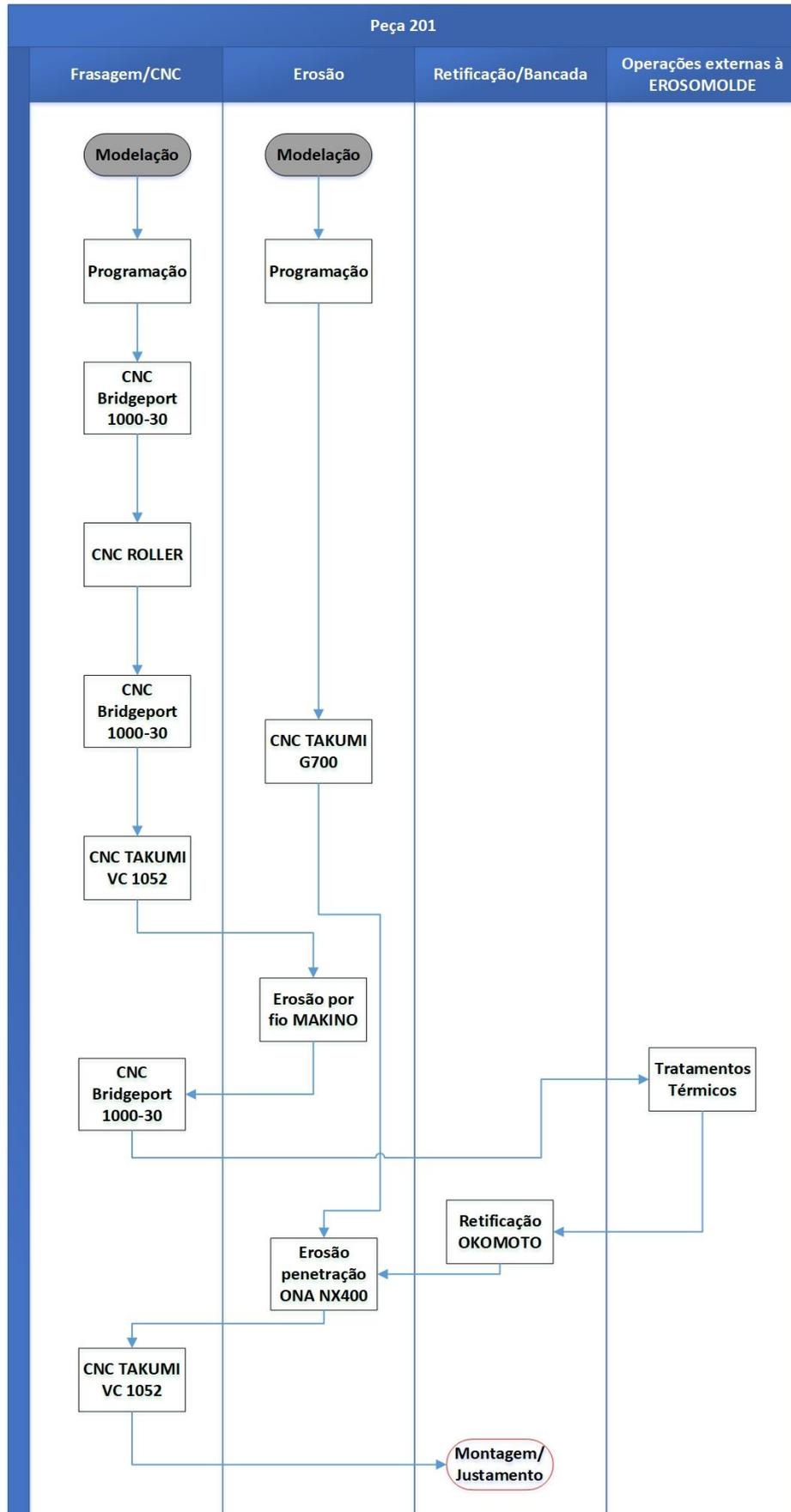
### B.3 – Molde 424

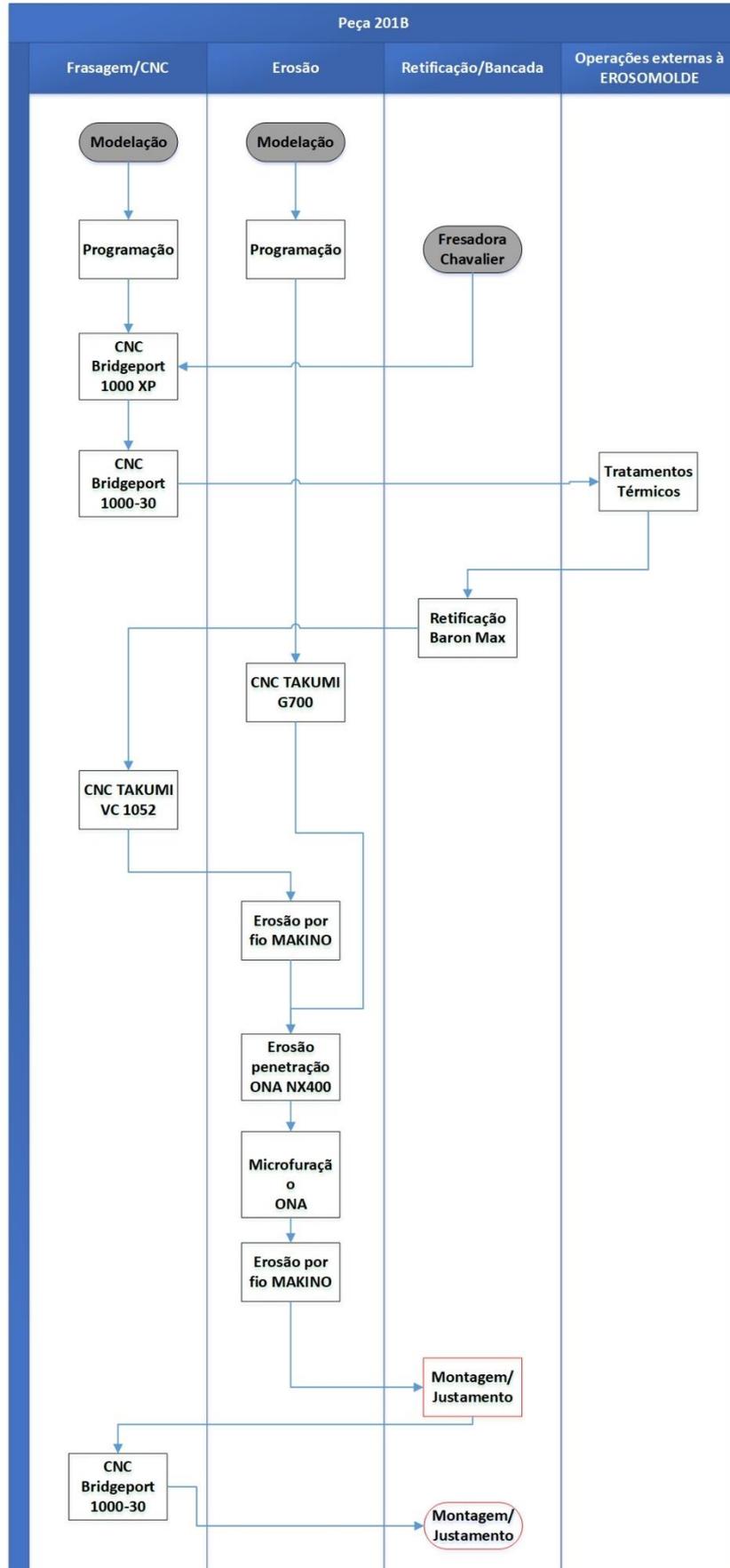


Cavidade  
101



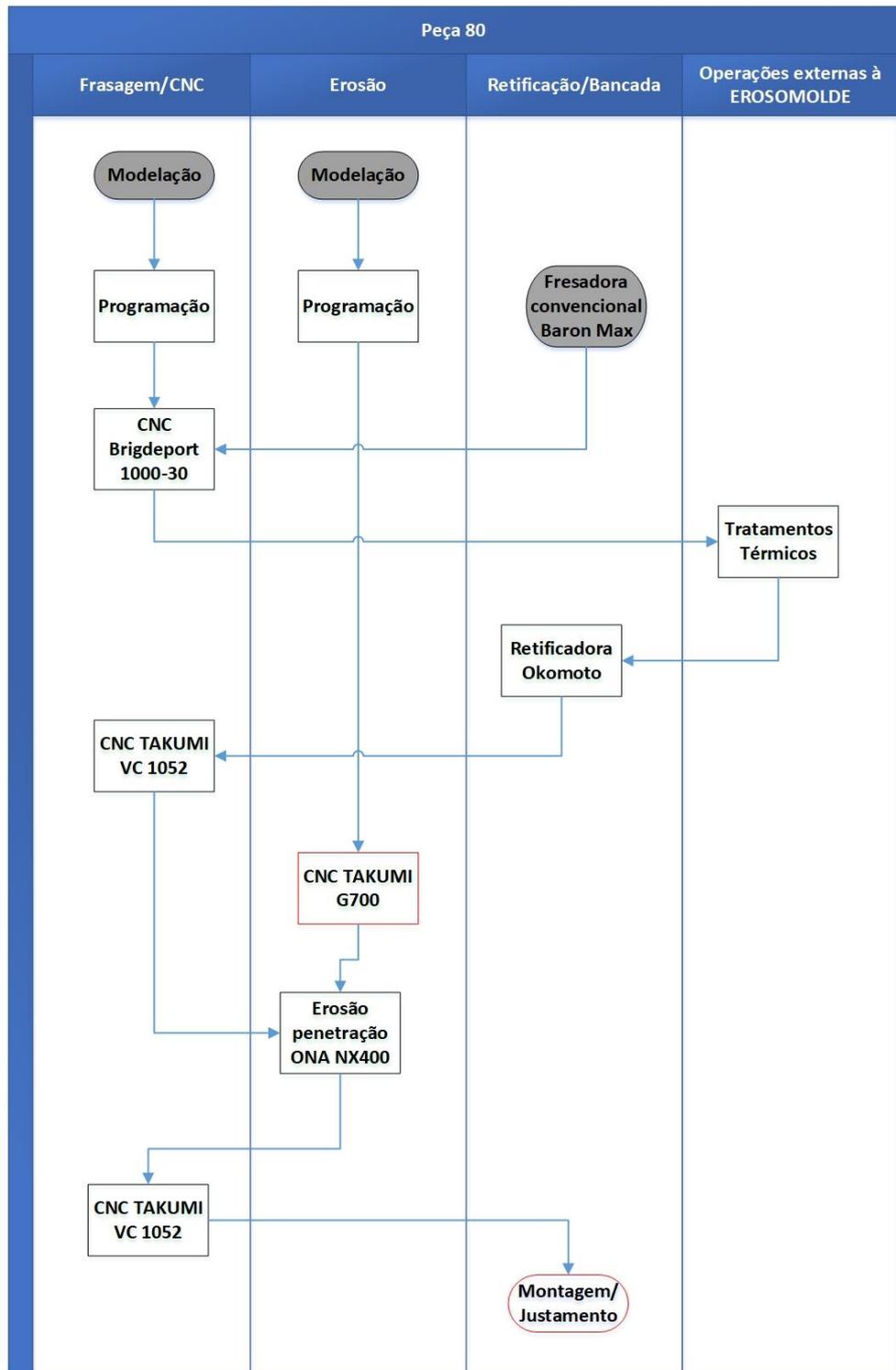




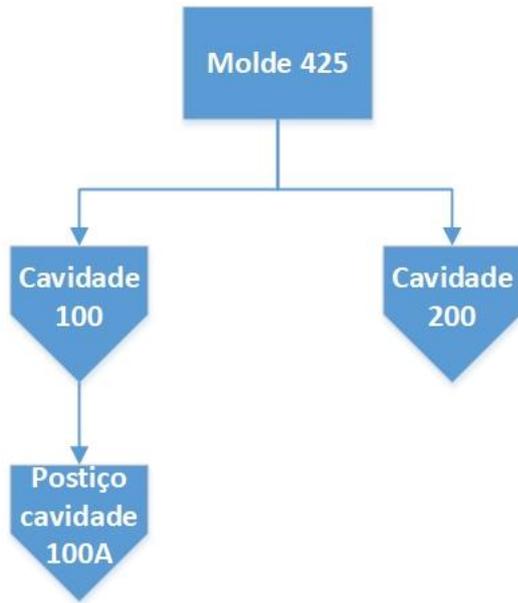


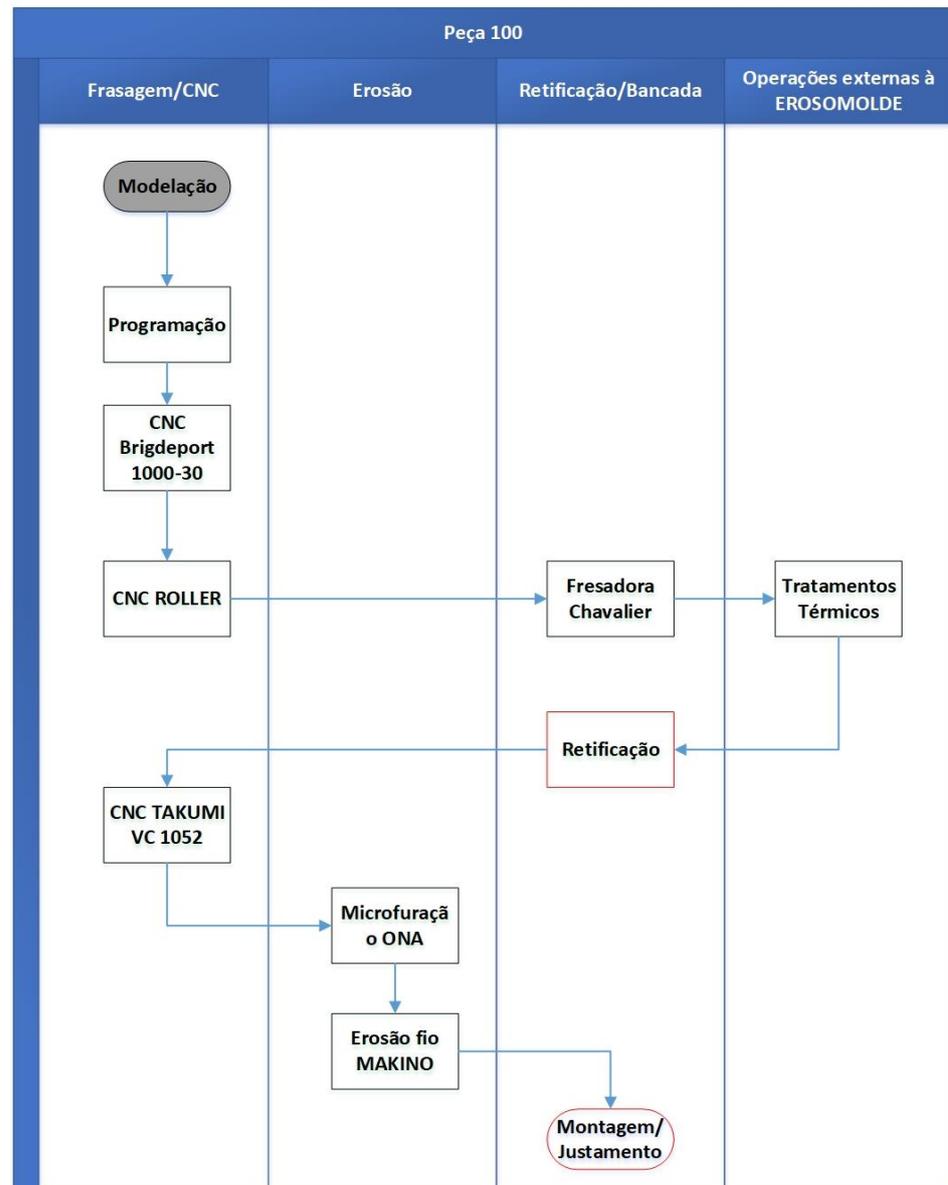


Elemento móvel 80

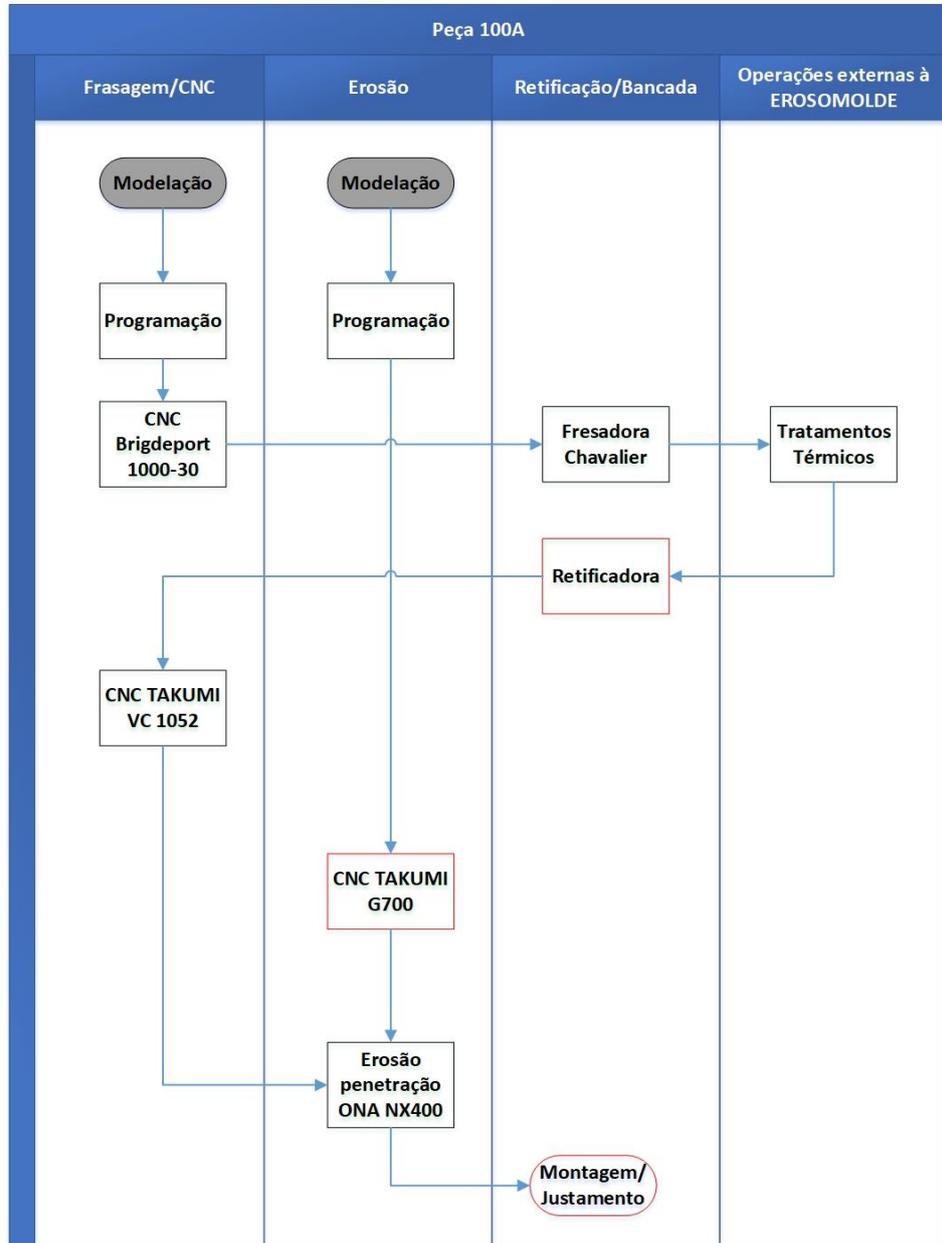


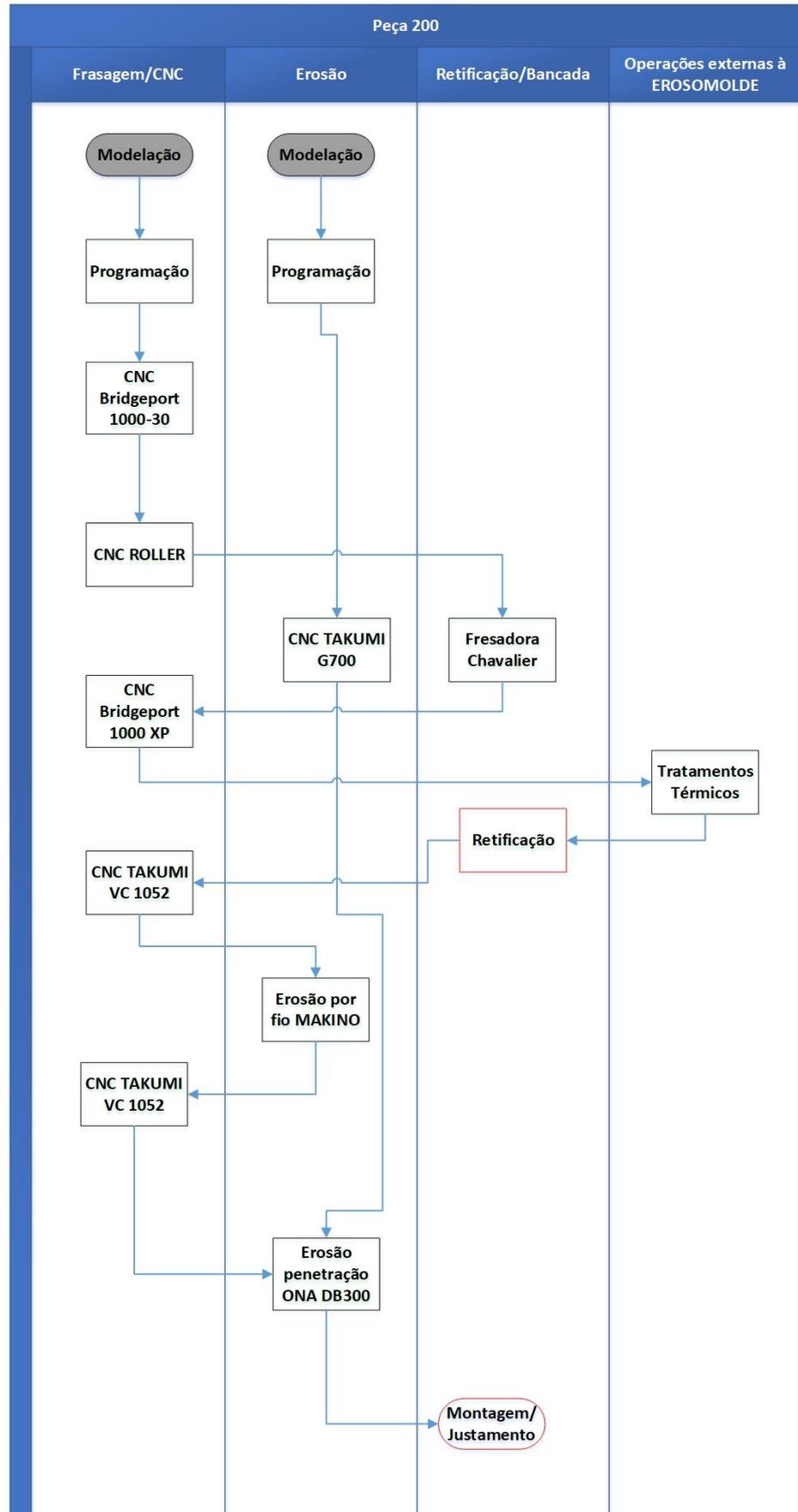
**B.4 – Molde 425**



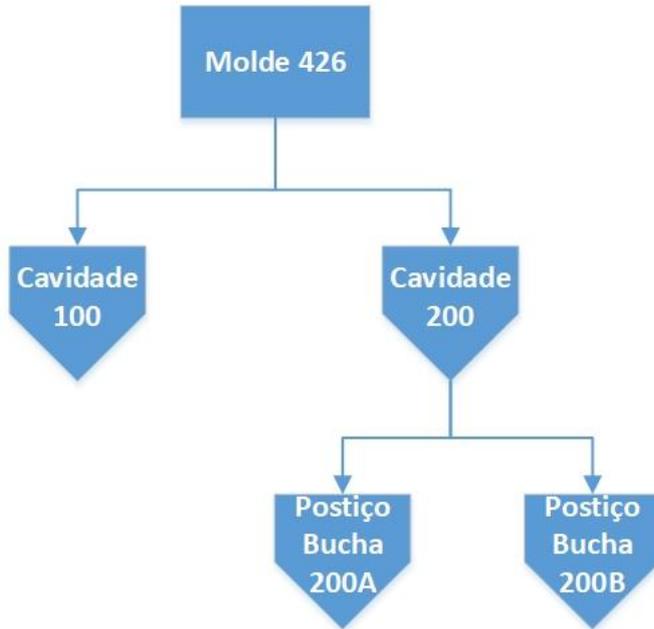
Cavidade  
100

Postiço  
Cavidade  
100A

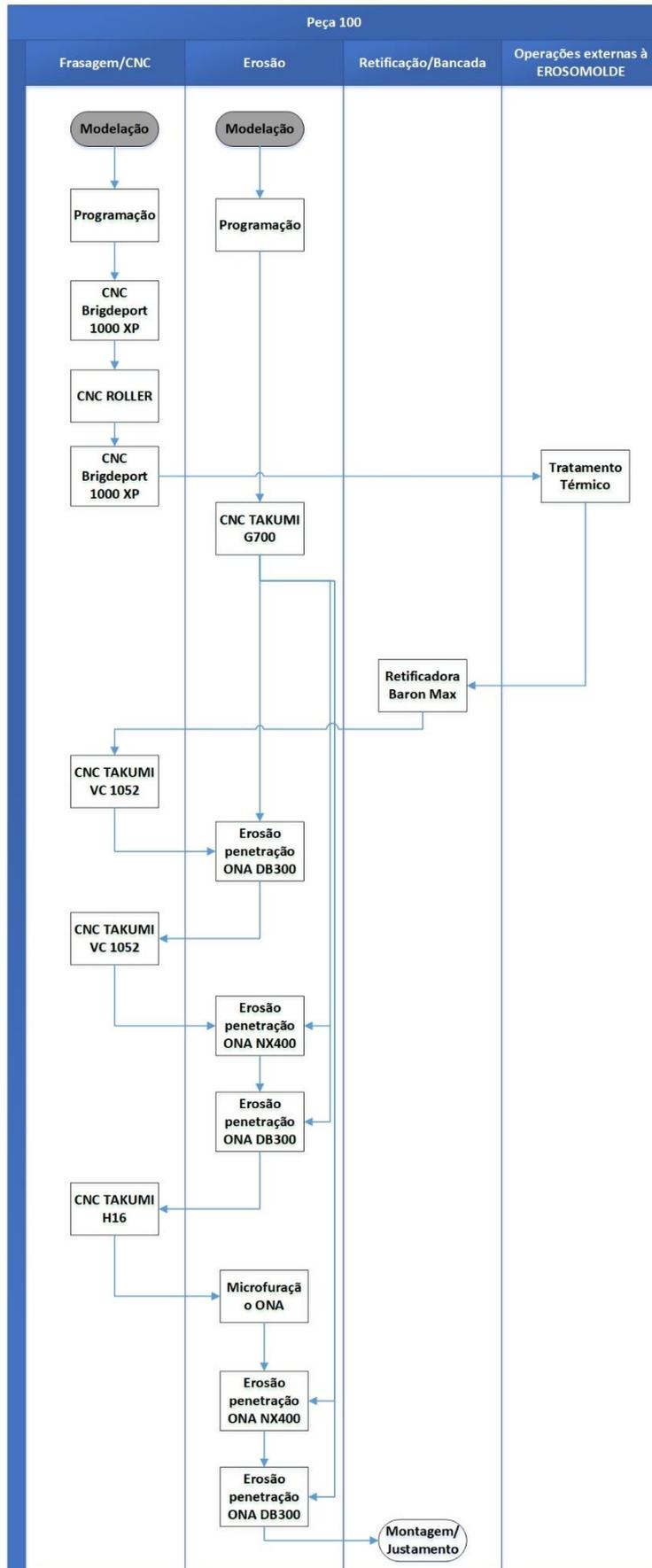


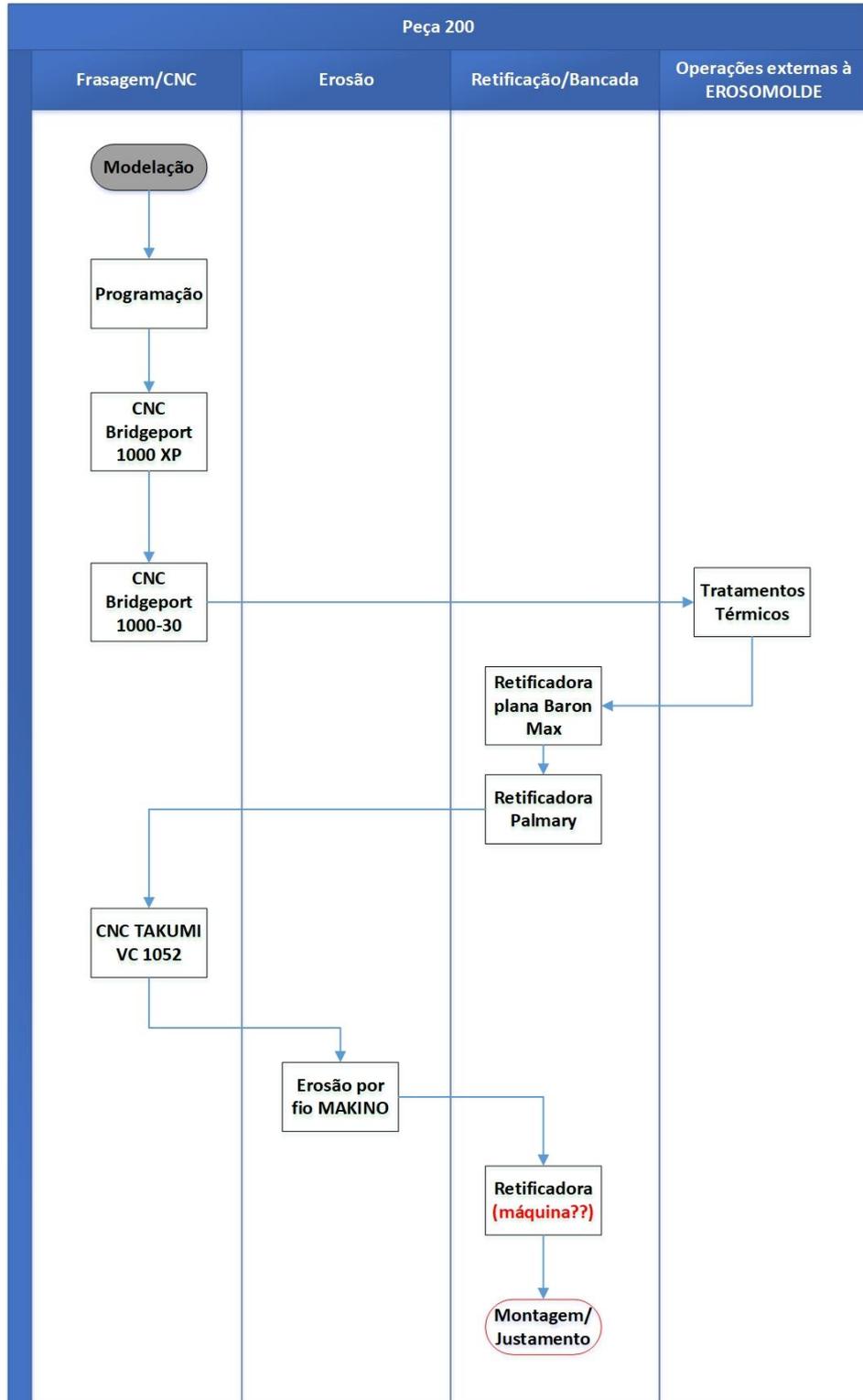


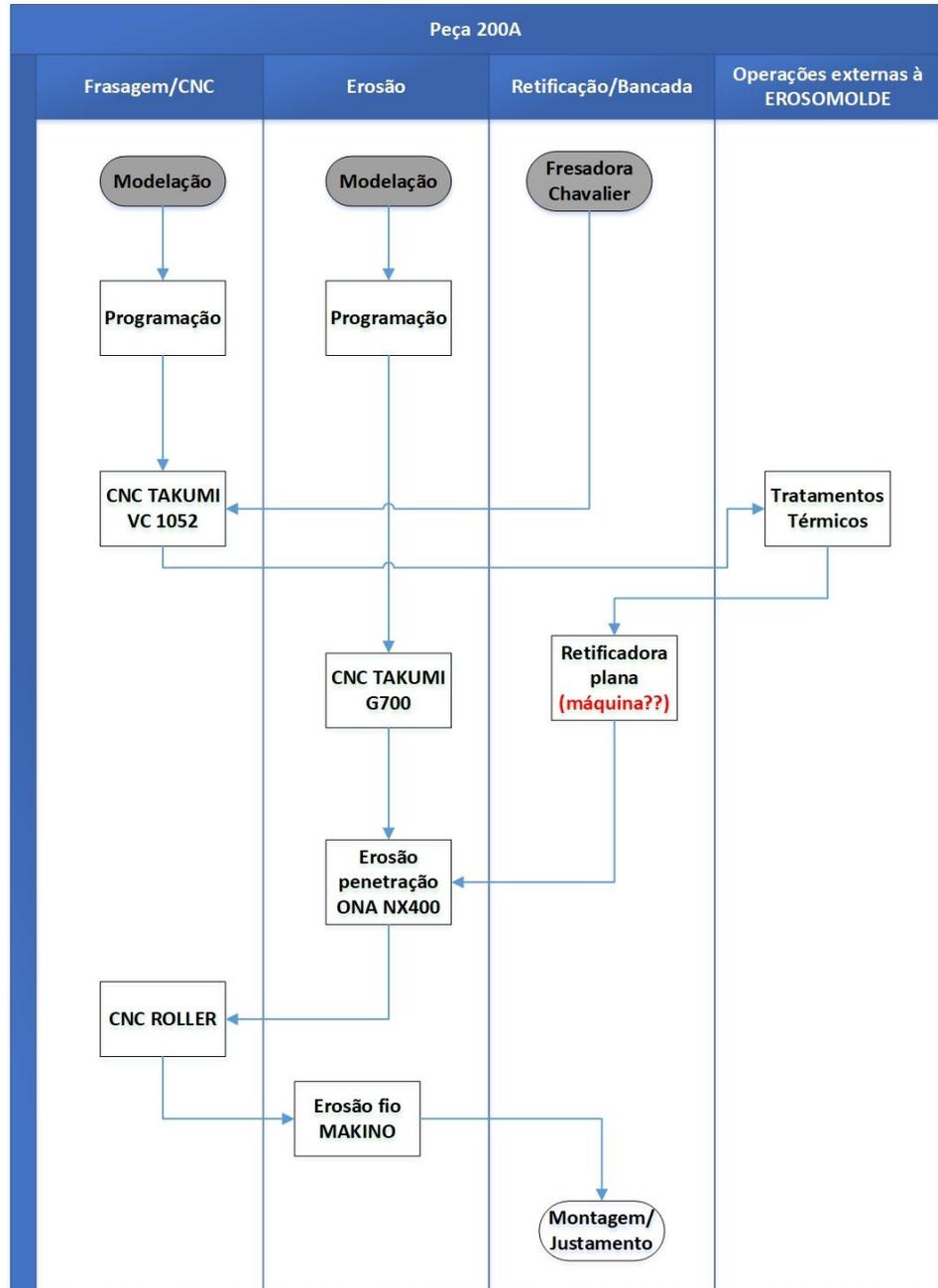
**B.5 – Molde 426**

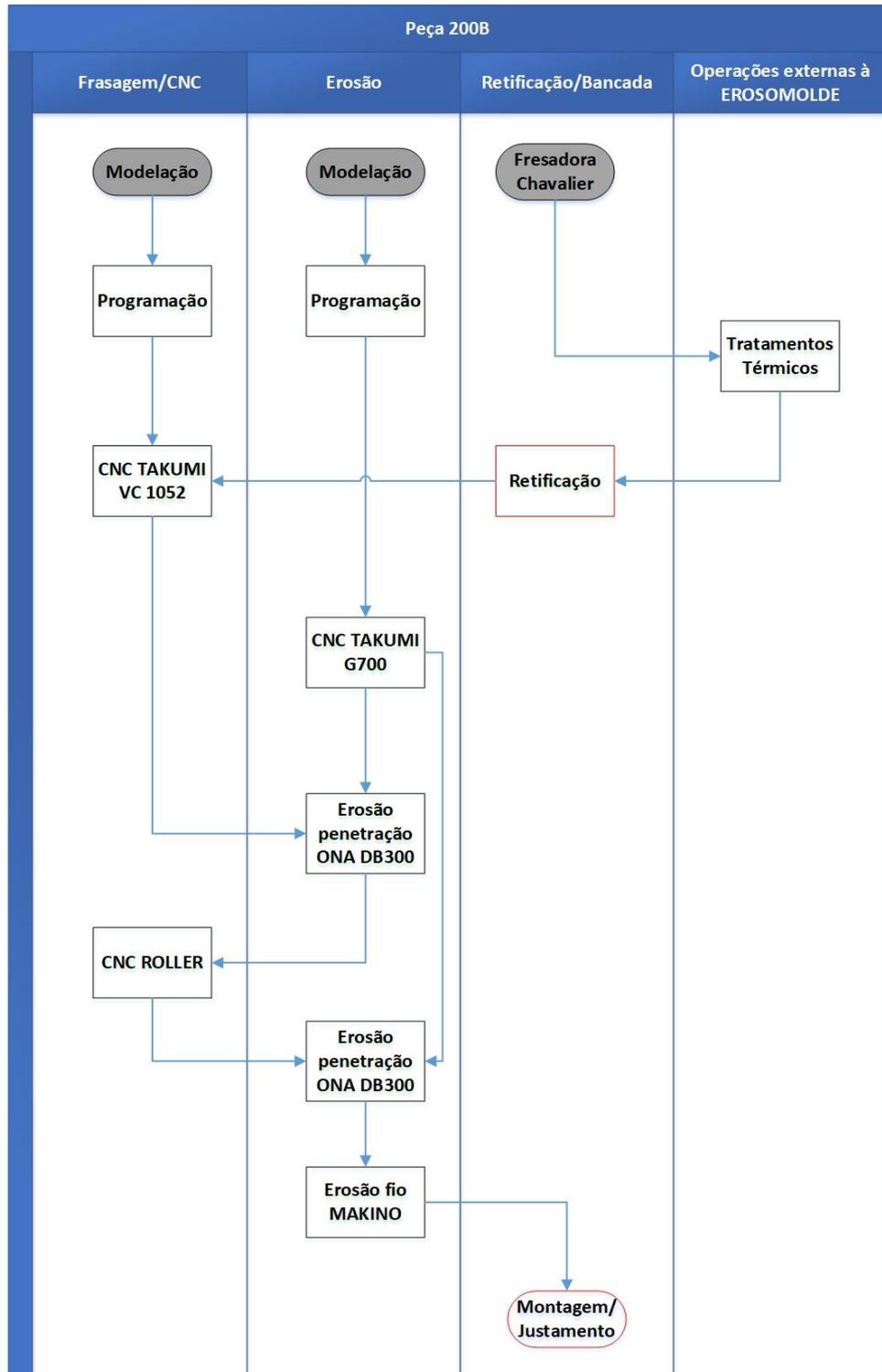


Cavidade  
100



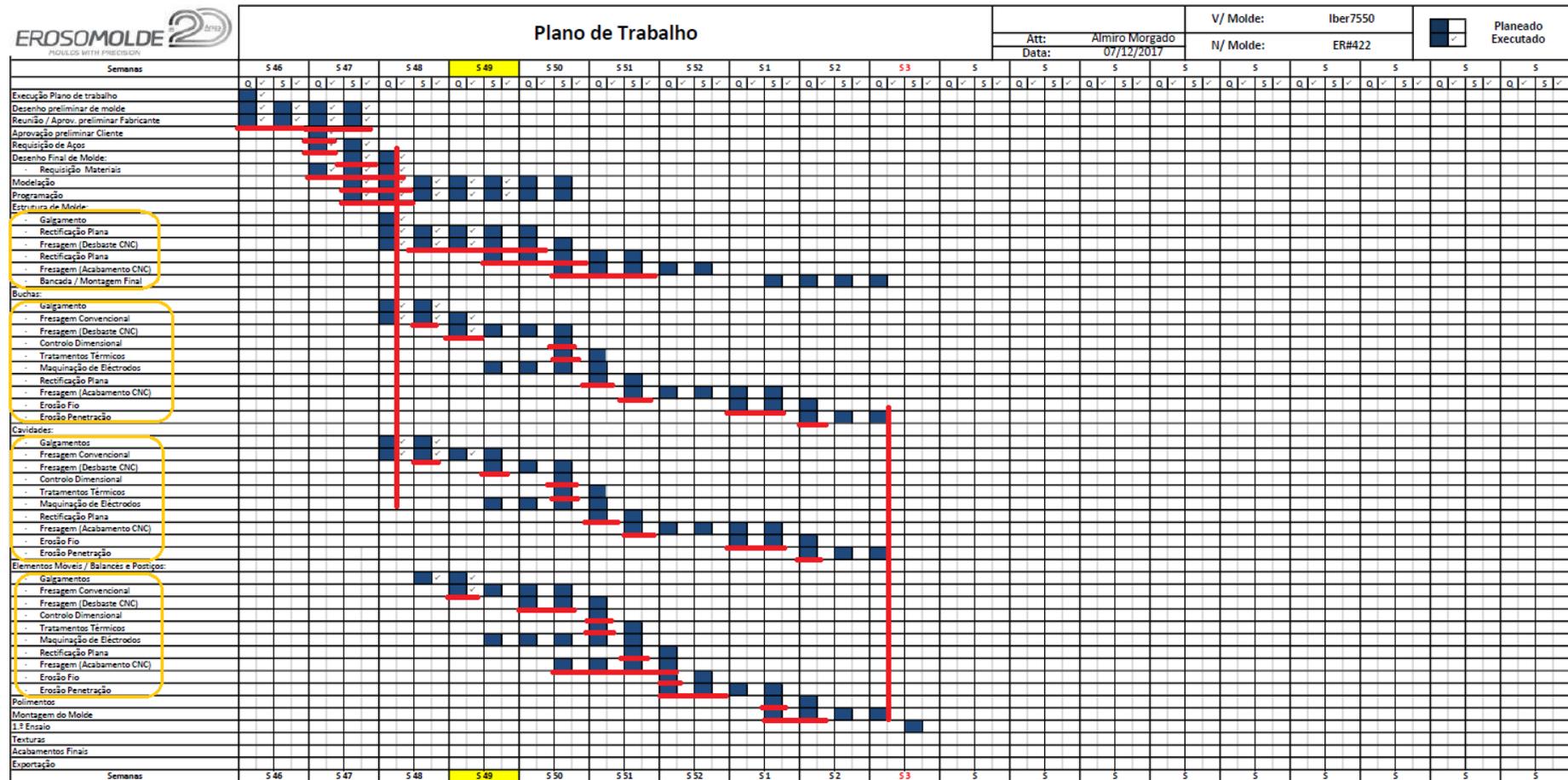




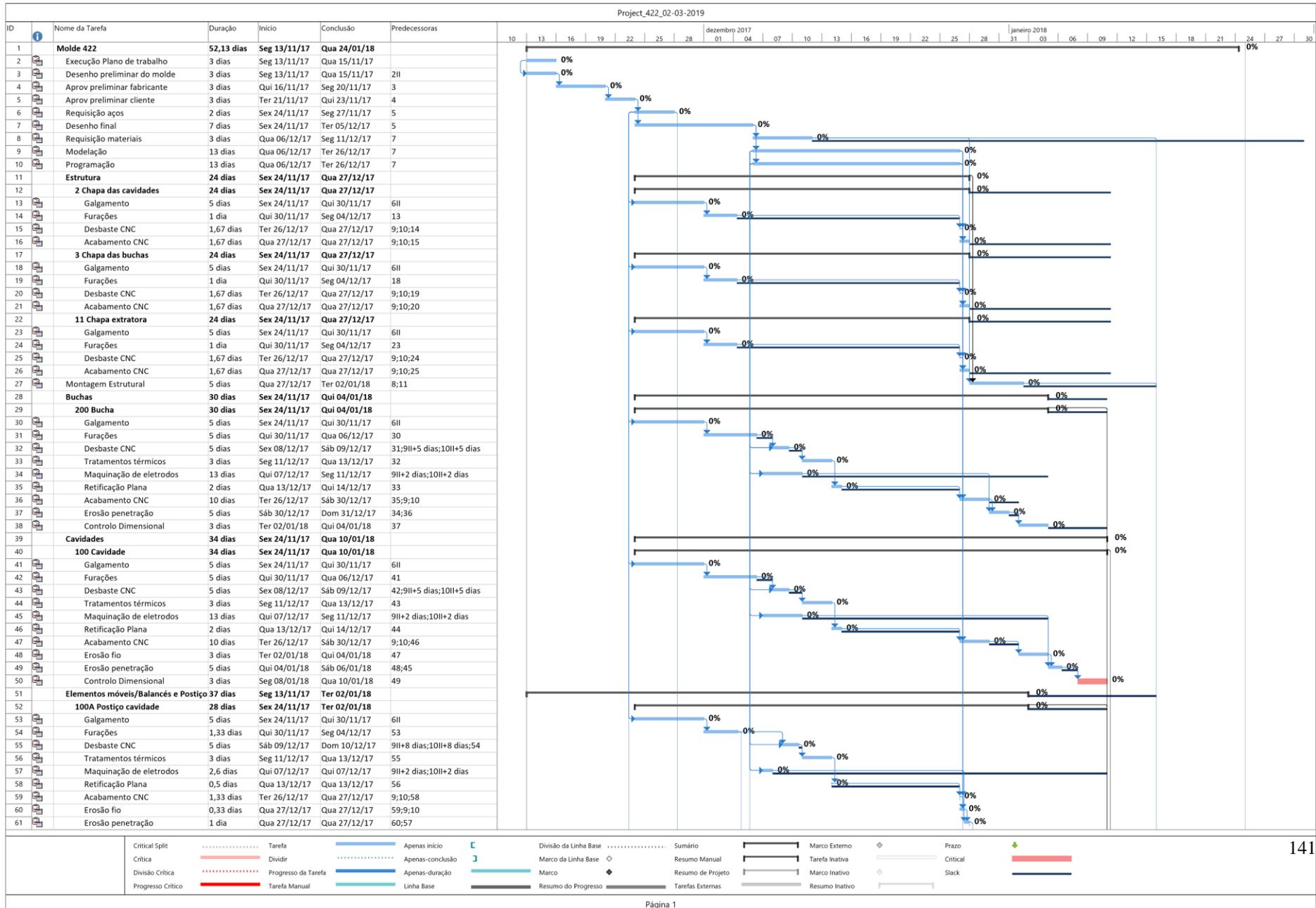


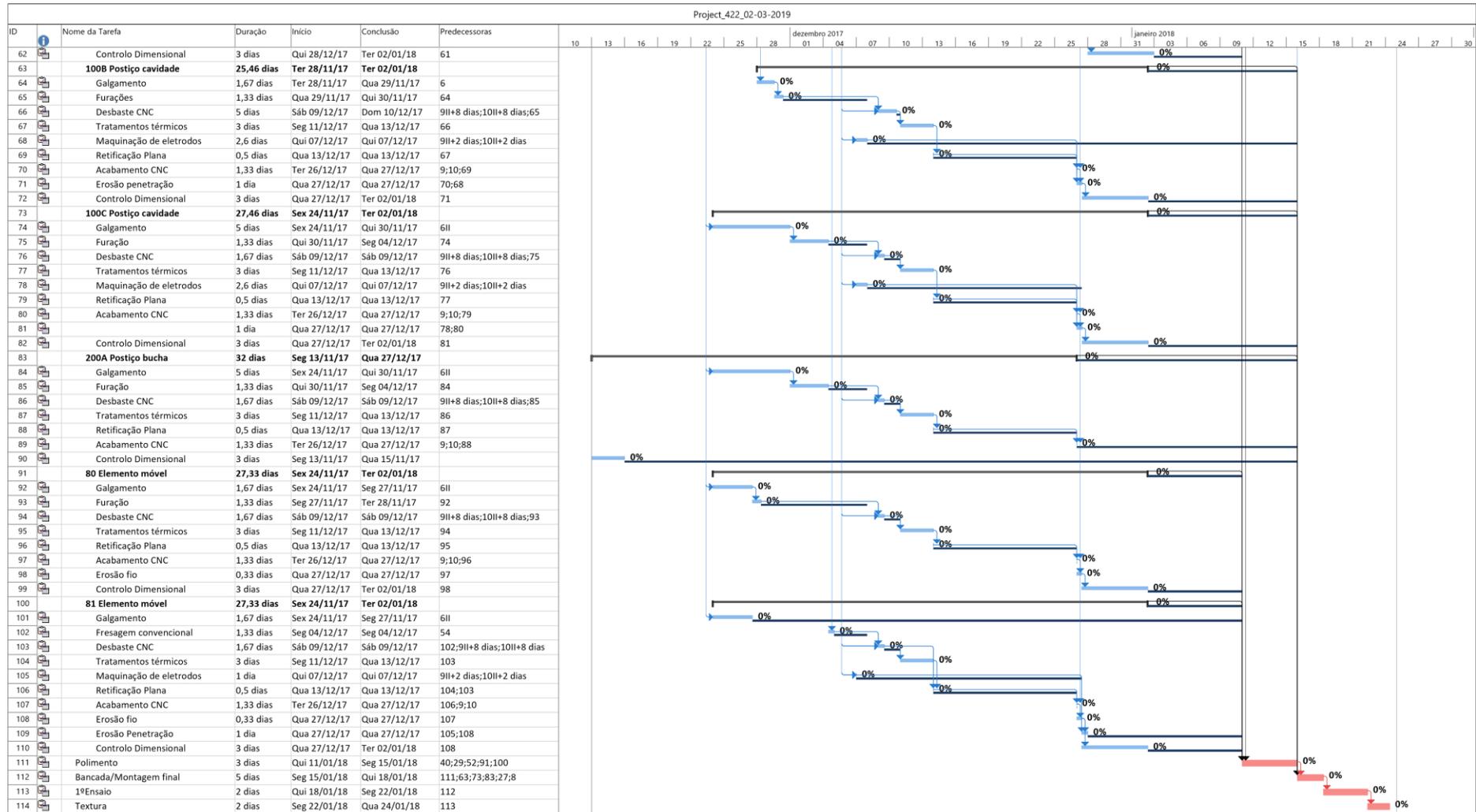
Anexo C – Planos de trabalho de moldes já produzidos

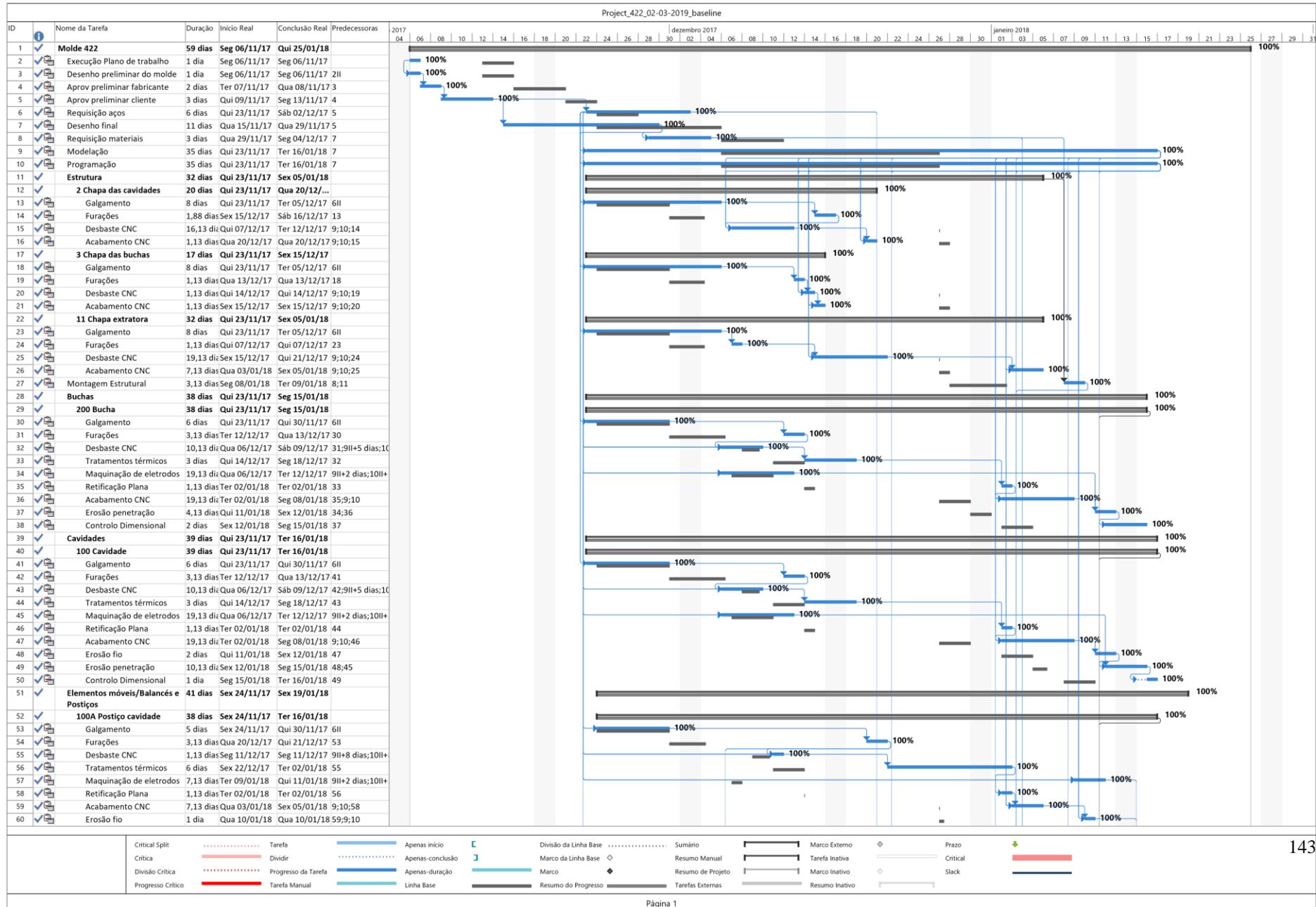
C.1 – Plano de trabalho molde 422

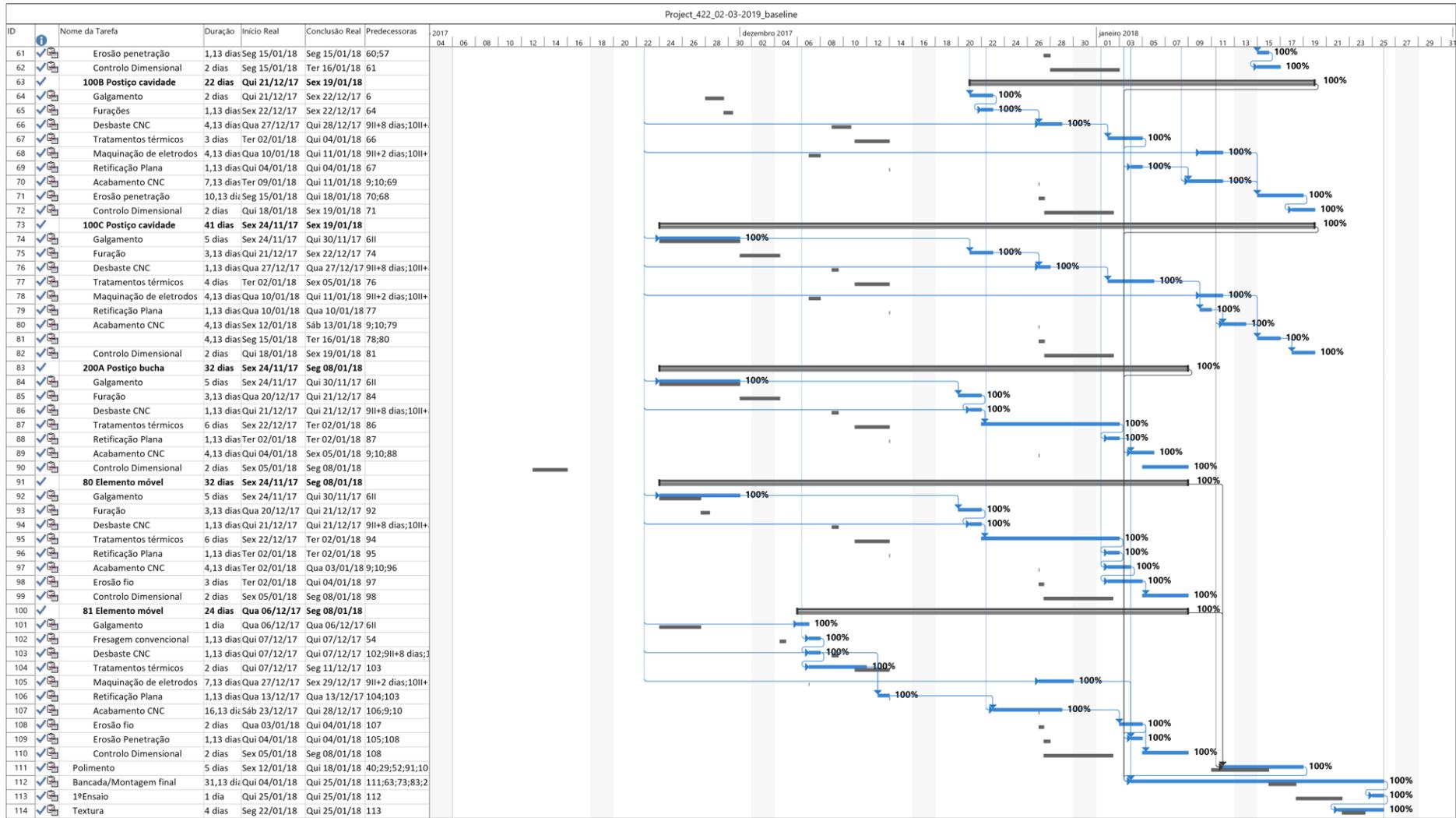


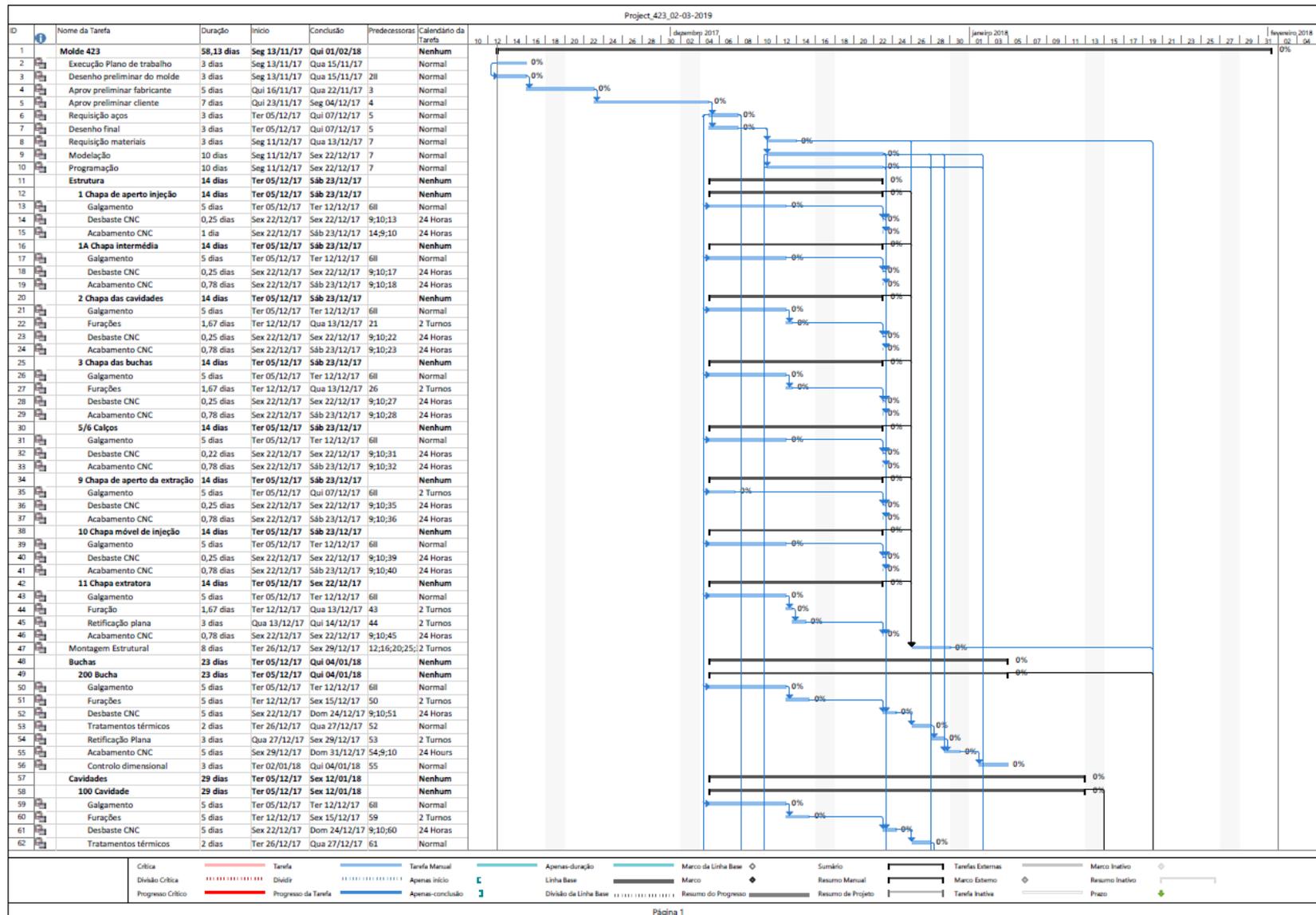


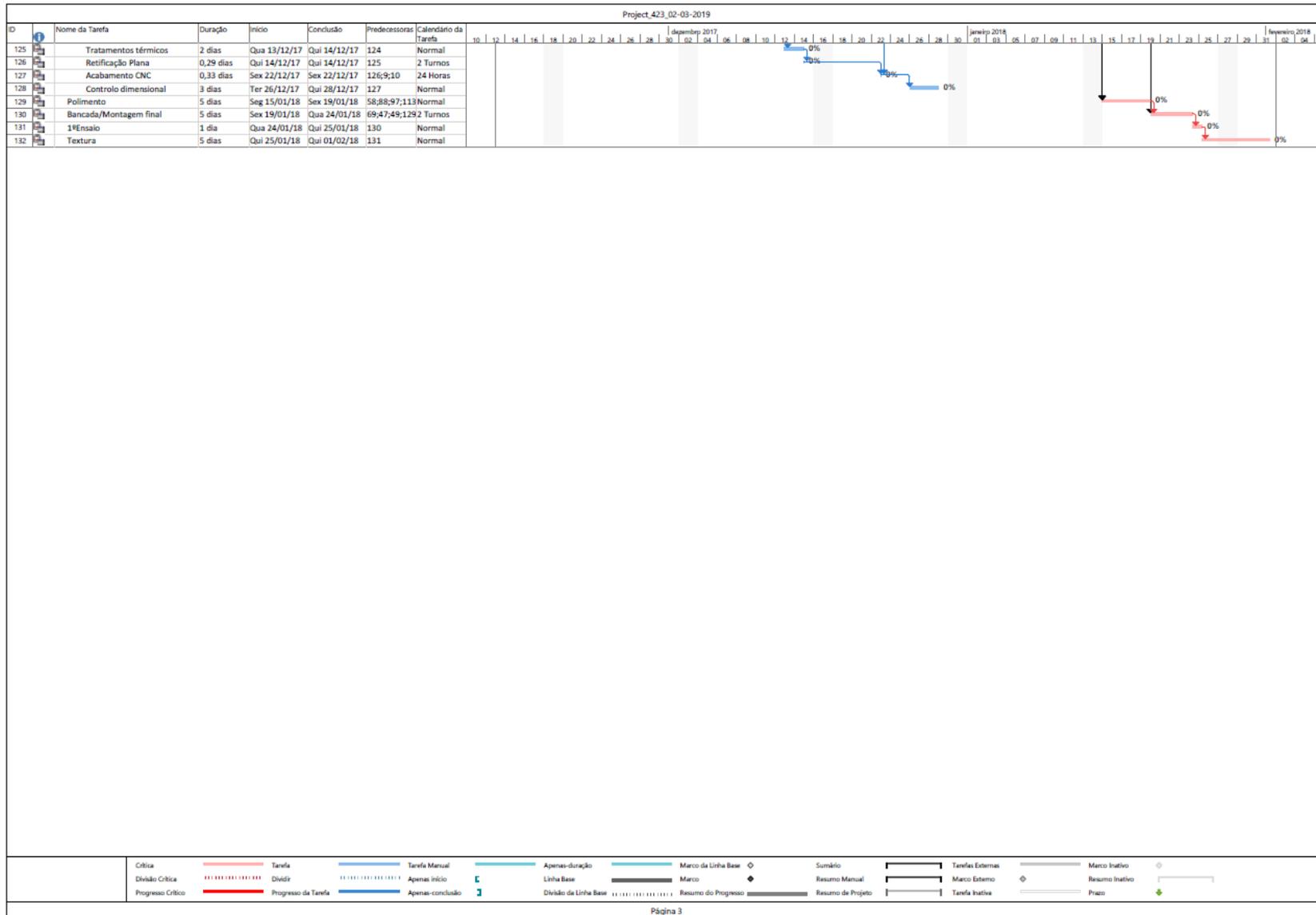


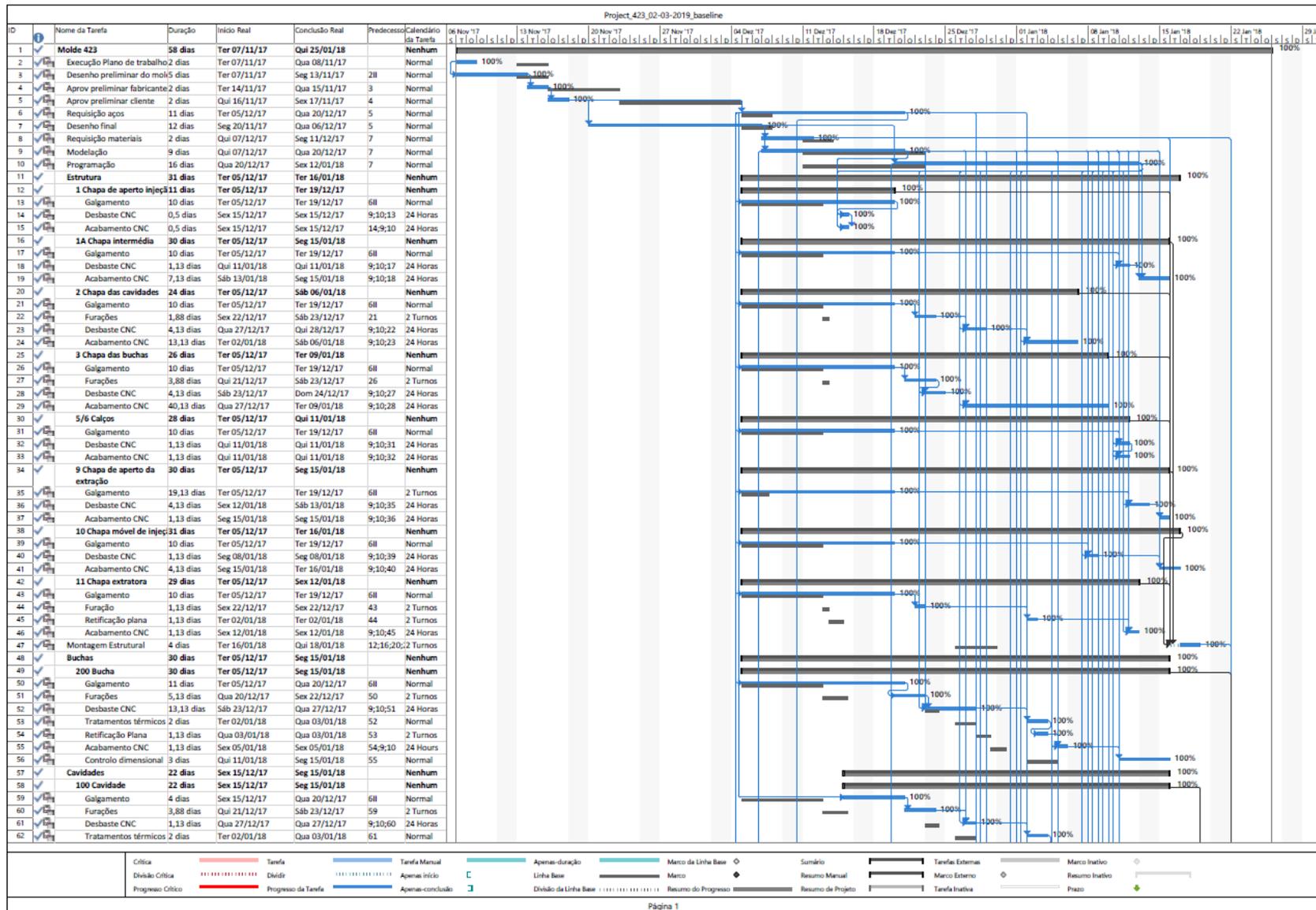


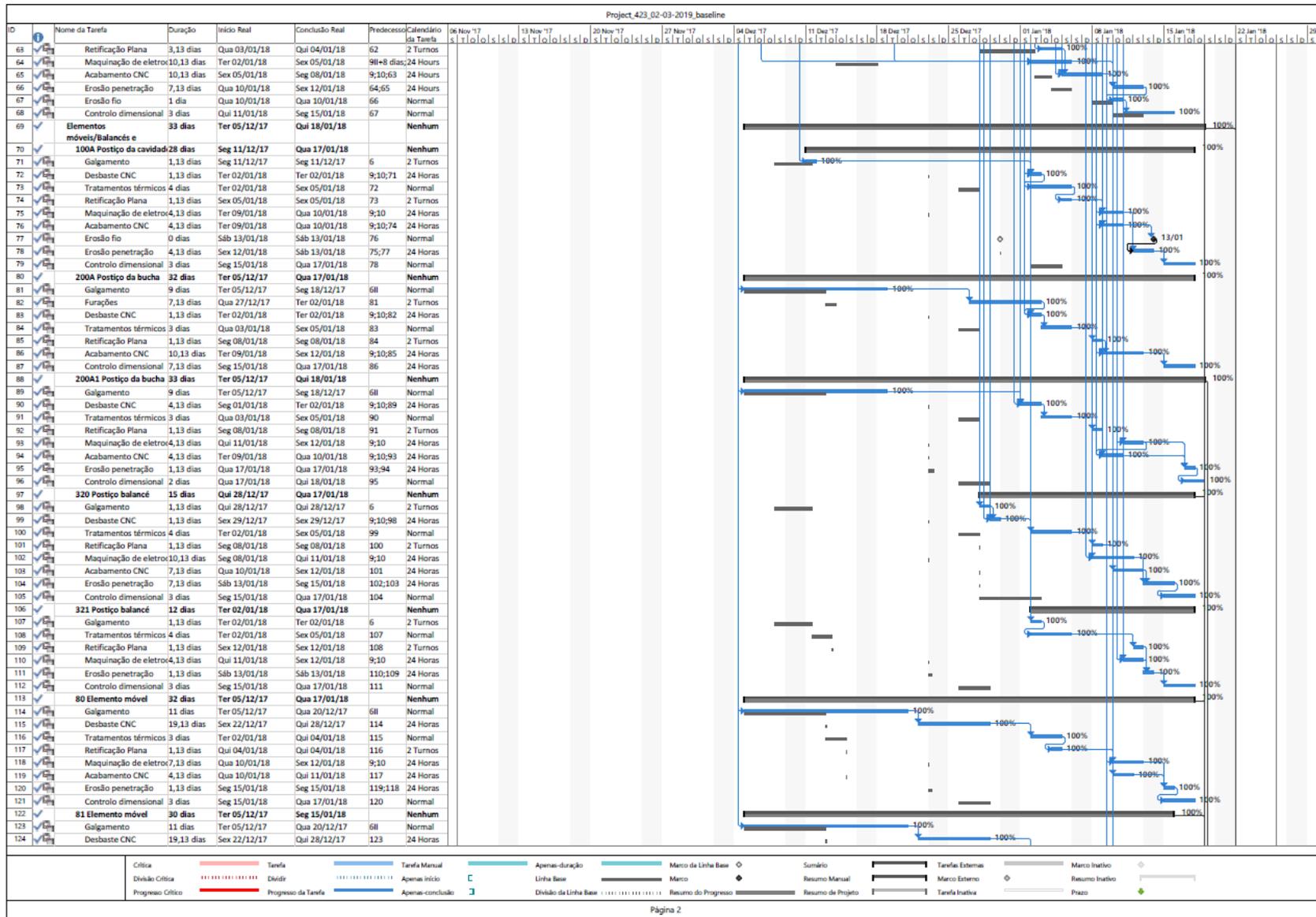


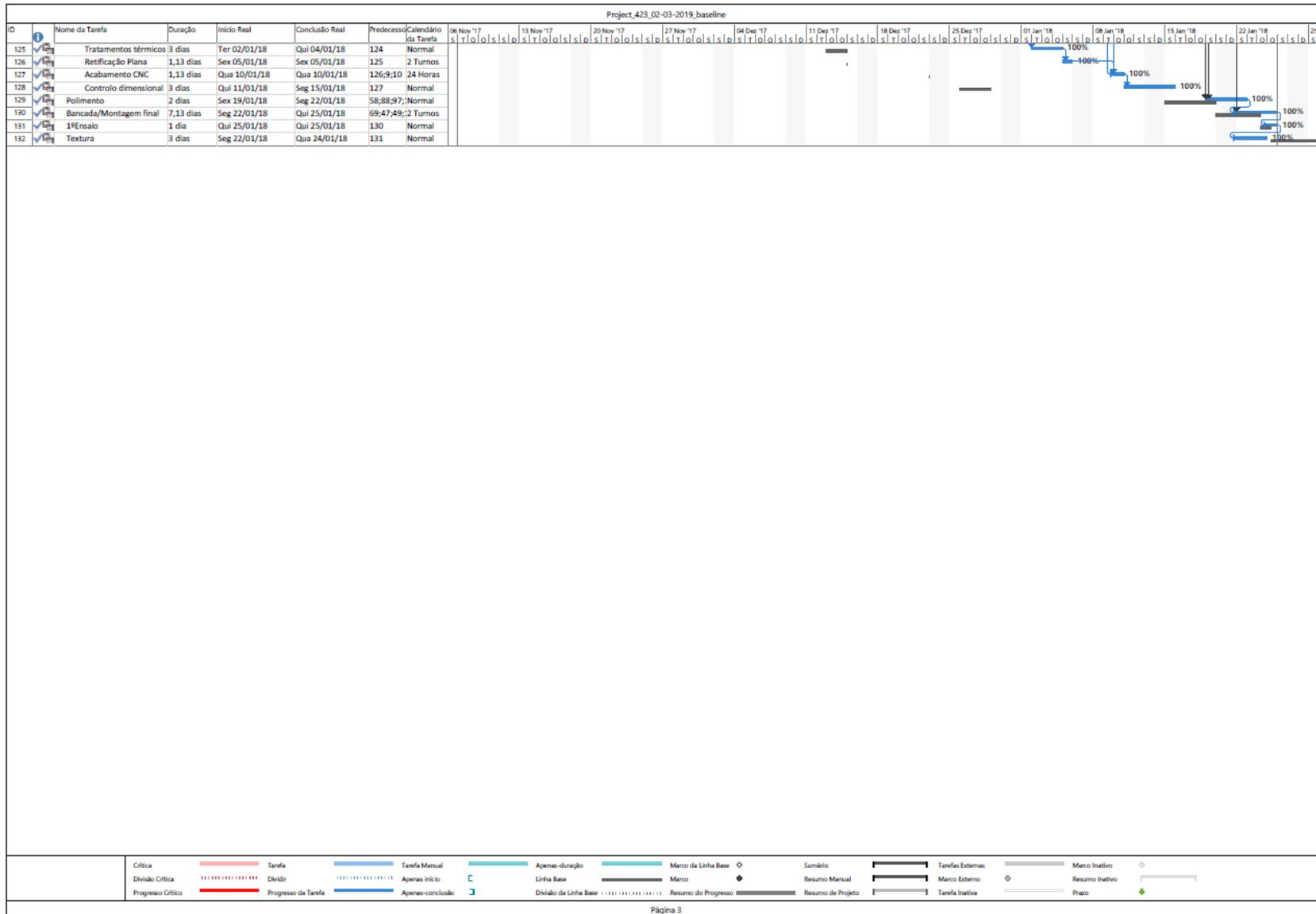














E.2 - Plano de trabalho molde 442

		Plano de Trabalho																												V/ Molde:		<input checked="" type="checkbox"/> Planeado <input type="checkbox"/> Executado						
																														Att:			N/ Molde:					
		Data: 19/02/2019																												ER#442								
Semanas		S 7		S 8		S 9		S 10		S 11		S 12		S 13		S 14		S 15		S 16		S 17		S		S		S		S		S		S				
		Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S			
Execução Plano de trabalho																																						
Desenho preliminar de molde																																						
Reunião / Aproov. preliminar Fabricante																																						
Aprovação preliminar Cliente																																						
Requisição de Aço																																						
Desenho Final de Molde:																																						
- Requisição Materiais																																						
Modelação																																						
Programação																																						
Estrutura de Molde:																																						
- Galgamento																																						
- Furações																																						
- Fresagem (Desbaste CNC)																																						
- Retificação Plana																																						
- Fresagem (Acabamento CNC)																																						
- Bancada / Montagem Final																																						
Buchas:																																						
- Galgamento																																						
- Furações																																						
- Fresagem (Desbaste CNC)																																						
- Tratamentos Térmicos																																						
- Maquinação de Electrodo																																						
- Rectificação Plana																																						
- Fresagem (Acabamento CNC)																																						
- Erosão Fio																																						
- Erosão Penetração																																						
- Controlo Dimensional																																						
Cavidades:																																						
- Galgamento																																						
- Furações																																						
- Fresagem (Desbaste CNC)																																						
- Tratamentos Térmicos																																						
- Maquinação de Electrodo																																						
- Rectificação Plana																																						
- Fresagem (Acabamento CNC)																																						
- Erosão Fio																																						
- Erosão Penetração																																						
- Controlo Dimensional																																						
Elementos Móveis / Balancés e Postiços:																																						
- Galgamento																																						
- Furações																																						
- Fresagem (Desbaste CNC)																																						
- Tratamentos Térmicos																																						
- Maquinação de Electrodo																																						
- Rectificação Plana																																						
- Fresagem (Acabamento CNC)																																						
- Erosão Fio																																						
- Erosão Penetração																																						
- Controlo Dimensional																																						
Polimentos																																						
Montagem do Molde																																						
I.V Ensaio																																						
Texturas																																						
Acabamentos Finais																																						
Exportação																																						
Semanas																																						



## F.2 – Relatório 1ª reunião

**EROSOMOLDE**<sup>®</sup> **Relatório de Reunião de Planeamento**  
MOULDS WITH PRECISION

Data: 06-03-2019	Hora Início: 09:15	Duração: 30 min
------------------	--------------------	-----------------

Presenças: Rui ; Nelson; Miguel e Nélia

Moldes em Curso
<p>✚ 432</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- O molde já chegou da textura, está de momento a ser montado e ajustado para ir ao teste na sexta feira (08-03-2019).</li> </ul>
<p>✚ 433</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- As peças 100, 100A, 100B e 80, foram para a textura a 04-03-2019 ainda não existe previsão de regresso à EROSOMOLDE.</li> </ul>
<p>✚ 435</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- O molde foi ao teste, de momento, está à espera de aprovação do cliente ou que este proponha alterações do mesmo. Caso esteja ok, as peças 101, 102, 80 e 81 seguem para a textura;</li> <li>- É preciso maquinar os “postos de injeção”, jitos;</li> <li>- Alterar os extratores, ponderar colocar casquilhos de apoio, verificar a situação primeiro.</li> </ul>
<p>✚ 439</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Está a ser montado e ajustado, vai ao teste a 18-03-2019;</li> <li>- É preciso máquinas os “postos de injeção”, jitos;</li> <li>-Verificar se é necessário aumentar as guias.</li> </ul>
<p>✚ 440</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Encontra-se na bancada para ser montado e ajustado, ainda não tem data prevista de ida ao teste;</li> <li>-Verificar se é necessário aumentar as guias;</li> <li>-Verificar elementos móveis, existe uma guia que se está a partir;</li> <li>-Colocar casquilhos nos extratores para não fletirem;</li> <li>-Falta a maquinação lateral dos pés;</li> <li>-Maquinar chapa 3;</li> <li>-Projetar uma tampa de apoio para a chapa 3;</li> <li>-Soldar elementos móveis 80 e 81;</li> <li>-Verificar a linha do elemento submarino, peça 101 e 102.</li> </ul>

## Relatório de Reunião de Planeamento

- ✦ **441**
  - À espera da aprovação do molde preliminar pelo cliente.
  
- ✦ **442**
  - Falta concluir o projeto final, está pendente do sistema de injeção;
  - O aço, já galgado, das cavidades e das buchas chegou no passado dia (01-03-2019);
  - As chapas da estrutura subcontratadas têm chegada prevista hoje (06-03-2019);
  - As chapas 1A, 7 e 8 são todas maquinadas na EROSOMOLDE à exceção do galgamento.

## F.3 – Relatório 2ª Reunião



## Relatório de Reunião de Planeamento

Data: 12-03-2019	Hora Início: 09:15	Duração: 45 min
------------------	--------------------	-----------------

Presenças: Rui, Nelson, Miguel, Hugo e Nélia

Moldes em Curso
<p>✚ 432</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Já foi à experiência com textura química, no dia 08-03-2019;</li> <li>- Existem arrastos na textura química, poderá ter que ir novamente à textura;</li> <li>- Peça pequena, tem uma fuga, ver se é necessário ir à CNC; ( Bancada e CNC)</li> <li>- Peça grande, tem rebarba; (Bancada)</li> <li>- Falta elaborar o manual técnico. (Sr. Rui)</li> </ul>
<p>✚ 433</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- As peças 100, 100A, 100B e 80, foram para a textura a 04-03-2019 ainda não existe previsão de regresso à EROSOMOLDE;</li> <li>-Falta colocar chapas dos sistemas de injeção;</li> <li>-Falta chapas da set.</li> </ul>
<p>✚ 435</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- O molde foi ao teste, de momento, está à espera de aprovação do cliente ou que este proponha alterações do mesmo. Caso esteja ok, as peças 101, 102, 80 e 81 seguem para a textura;</li> <li>- Desmontar e maquinar os “postos de injeção”, gitos; (Bancada e CNC)</li> <li>- Desmontar extração 1, existe um extrator partido. (Bancada e CNC)</li> </ul>
<p>✚ 439</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Está a ser montado e ajustado, vai ao teste a 18-03-2019; (Bancada)</li> <li>- Desmontar e maquinar os “postos de injeção”, gitos; (Bancada e CNC)</li> <li>-Aumentar as guias; (CNC)</li> <li>-Faltam as barras de transporte da M72. (CNC)</li> </ul>
<p>✚ 440</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Encontra-se na bancada para ser montado e ajustado, ainda não tem data prevista de ida ao teste; (Bancada)</li> <li>-Colocar chapas de deslize; (CNC)</li> <li>-Colocar correições nos elementos móveis; (CNC e Bancada)</li> <li>-Elementos móveis 80 e 81, estão de momento a ser soldados;</li> <li>-Chapa 2, falta maquinar as laterais dos pés; (CNC)</li> </ul>

**Relatório de Reunião de Planeamento**

-Chapa 3, ainda não chegou, após estar na EROSOMOLDE, maquinar a zona das guias e maquinar o casquilho; (CNC)  
-Verificar a linha do elemento submarino, peça 101 e 102 (à espera da aprovação do cliente);  
-201A e 202A, maquinar os limitadores “trincos”. (CNC)

**✚ 441**

- Já foram recebidas algumas alterações ao preliminar pelo cliente, negociação entre a EROSOMOLDE e cliente. (Projeto)

**✚ 442**

-Falta concluir o projeto final, está pendente do sistema de injeção; (Projeto)  
- Já se encontram na EROSOMOLDE todas as chapas;

**✚ Obra 19017**

-Falta ir a teste, pendente pelo cliente;

**✚ Obra 19027**

-Prazo 22-03-2019;  
-Reparação de rebarba; (Bancada)

**✚ Obra 19028**

-Prazo 22-03-2019;  
-Tapar OVERFLOW;  
-Maquinar elétrodos e erodir; (Erosão)

**✚ Obra 19029**

-Maquinação de 8 peças, acabamento; (CNC)

## F.4 – Relatório 3ª Reunião



## Relatório de Reunião de Planeamento

Data: 18-03-2019	Hora Início: 09:20	Duração: 25 min
------------------	--------------------	-----------------

Presenças: Rui, Nelson, Miguel, Hugo e Nélia

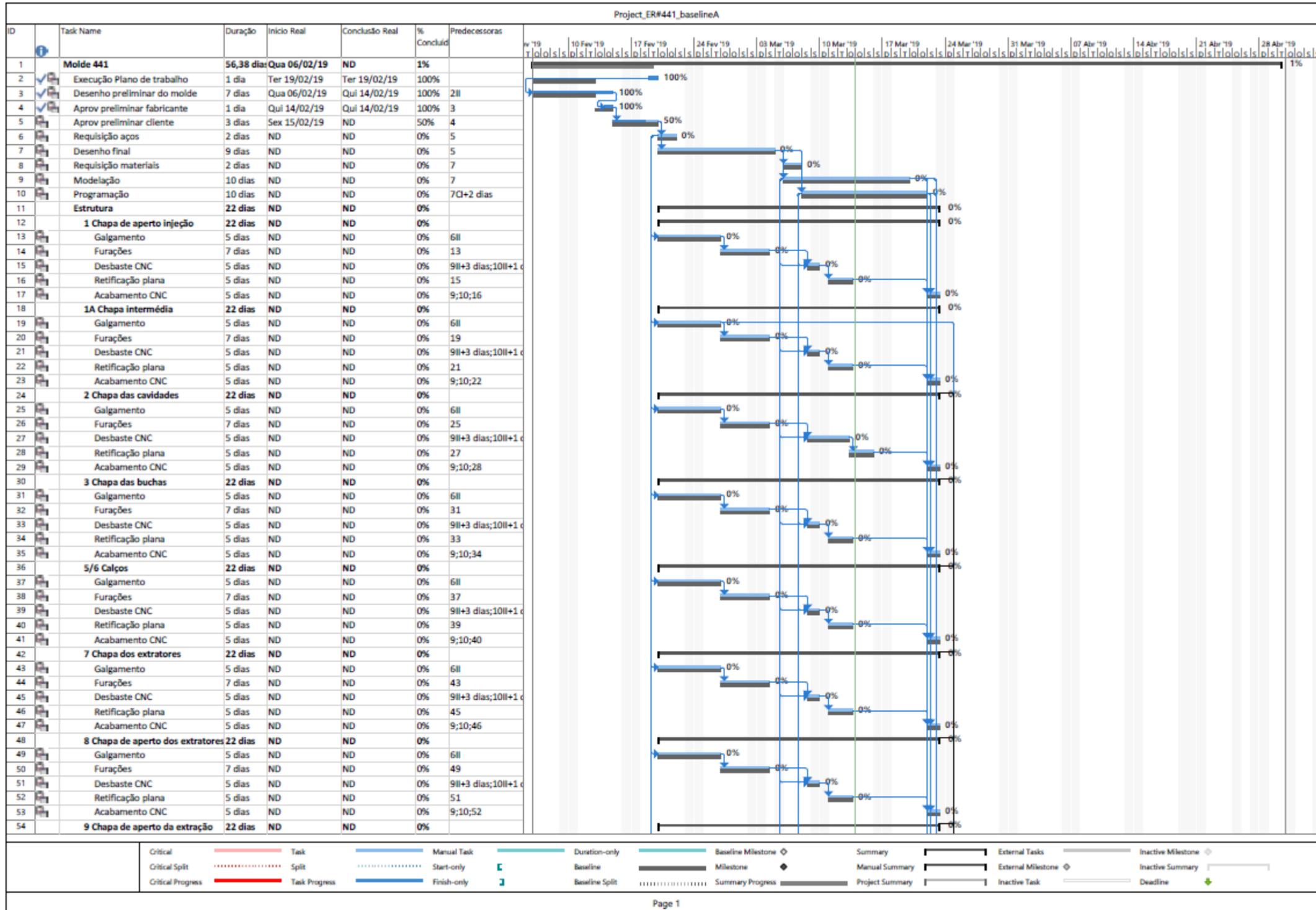
Moldes em Curso
<p>✦ 432</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Existem arrastos na textura química, poderá ter que ir novamente à textura;</li> <li>- Peça pequena, tem uma fuga, ver se é necessário ir à CNC; ( Bancada e CNC)</li> <li>- Peça grande, tem rebarba; (Bancada)</li> </ul>
<p>✦ 433</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- As peças 100, 100A, 100B e 80, foram para a textura a 04-03-2019 ainda não existe previsão de regresso à EROSOMOLDE;</li> <li>-Falta colocar chapas dos sistemas de injeção;</li> <li>-Falta chapas da set.</li> </ul>
<p>✦ 439</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Encontra-se no teste;</li> <li>-Aumentar as guias prismáticas; (CNC)</li> <li>-Faltam as barras de transporte da M72. (CNC)</li> </ul>
<p>✦ 440</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Encontra-se na bancada para ser montado e ajustado, ainda não tem data prevista de ida ao teste; (Bancada)</li> <li>-Colocar correições nos elementos móveis; (CNC e Bancada)</li> <li>-Verificar a linha do elemento submarino, peça 101 e 102 (à espera da aprovação do cliente);</li> <li>-Soldar casquilho de extração numa das buchas;</li> <li>-O molde irá ser enviado para fazer as gravações entre hoje (18-03 e 19-03).</li> </ul>
<p>✦ 441</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Já foram recebidas algumas alterações ao preliminar pelo cliente, negociação entre a EROSOMOLDE e cliente. (Projeto)</li> </ul>
<p>✦ 442</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Está em produção. Prazo 22-04-2019.</li> </ul>

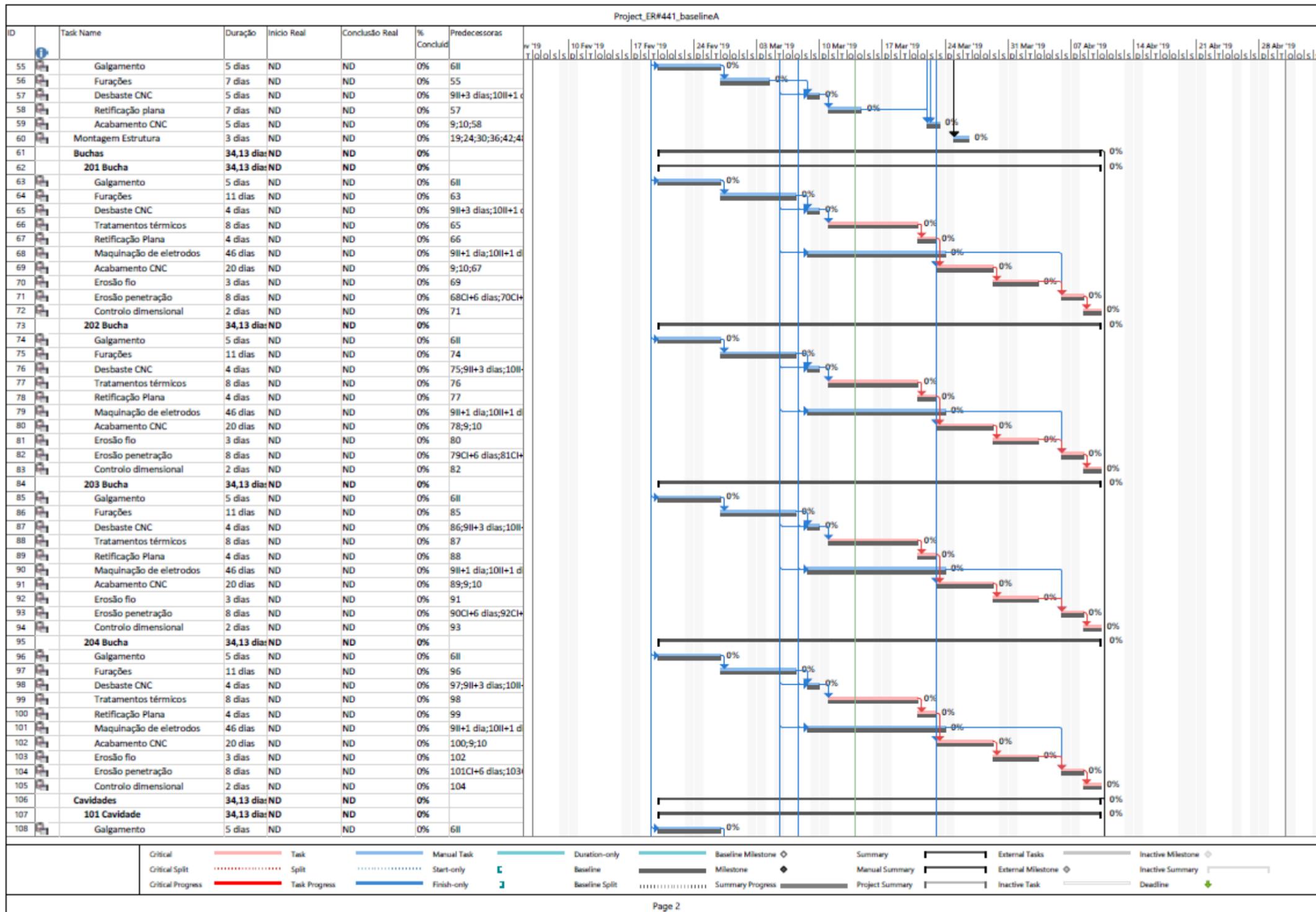
**Relatório de Reunião de Planeamento**

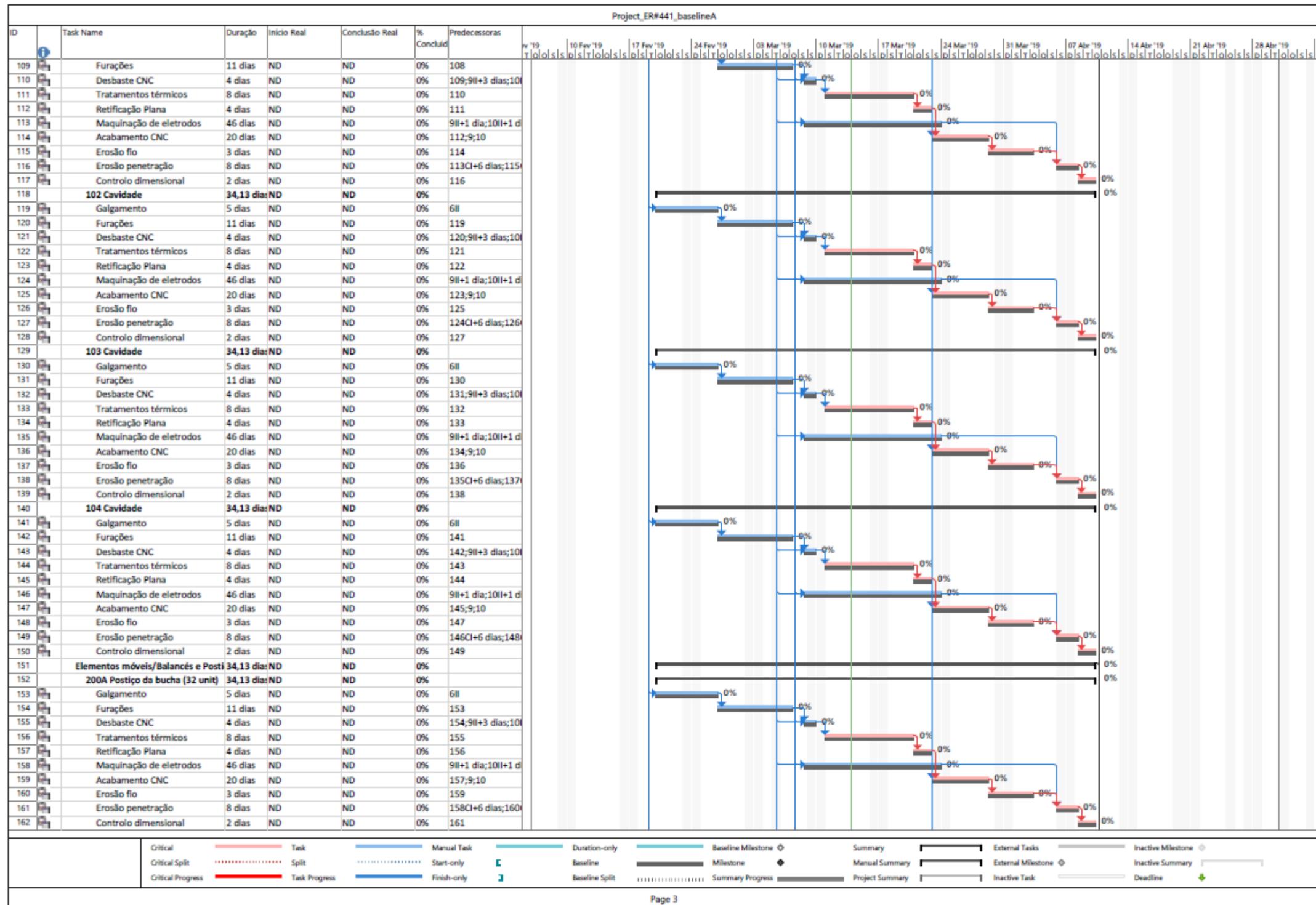
- ✦ **Obra 19017**
  - Falta ir a teste, pendente pelo cliente;
  
- ✦ **Obra 19027**
  - Ainda não chegou à EROSOMOLDE;
  - Prazo avança para 29-03-2019;
  - Reparação de rebarba; (Bancada)
  
- ✦ **Obra 19028**
  - Ainda não chegou à EROSOMOLDE;
  - Prazo avança para 29-03-2019;
  - Tapar OVERFLOW;
  - Maquinar eléctrodos e erodir; (Erosão)
  
- ✦ **Obra 19029**
  - Maquinação de 8 peças, acabamento; (CNC)
  
- ✦ **Obra 19031**
  - Tapar overflow e matchings;
  - Prazo 22-03-2019.
  
- ✦ **Obra 19032**
  - Derivou do molde 435;
  - Prazo 15-04-2019;
  - Cavidades 101 e 102, necessitam de maquinação CNC; (CNC)
  - Cavidades 201 e 202, necessitam de maquinação CNC; (CNC)
  - Balancés 326 e 327, falta decidir se precisam de erosão ou de maquinação CNC;
  - Postiços da bucha 201A e 202A, precisão de maquinação CNC, erosão fio e de penetração; (CNC e Erosão)
  - Altear extrator Ø12 para Ø8. (Bancada)

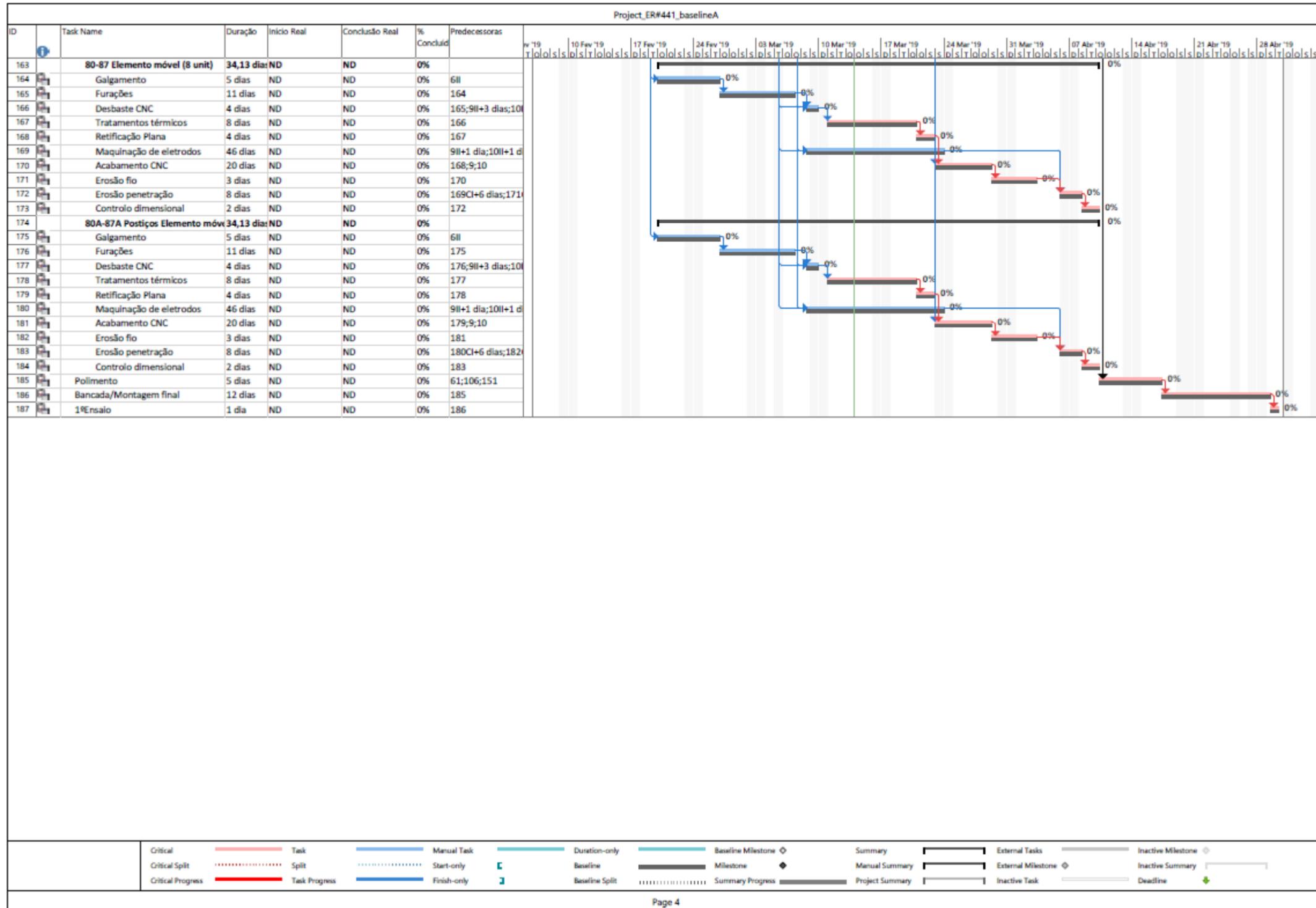
Anexo G – Acompanhamento dos moldes 441 e 442

G.1 – Ficheiro Microsoft project molde 441 após 1ª reunião

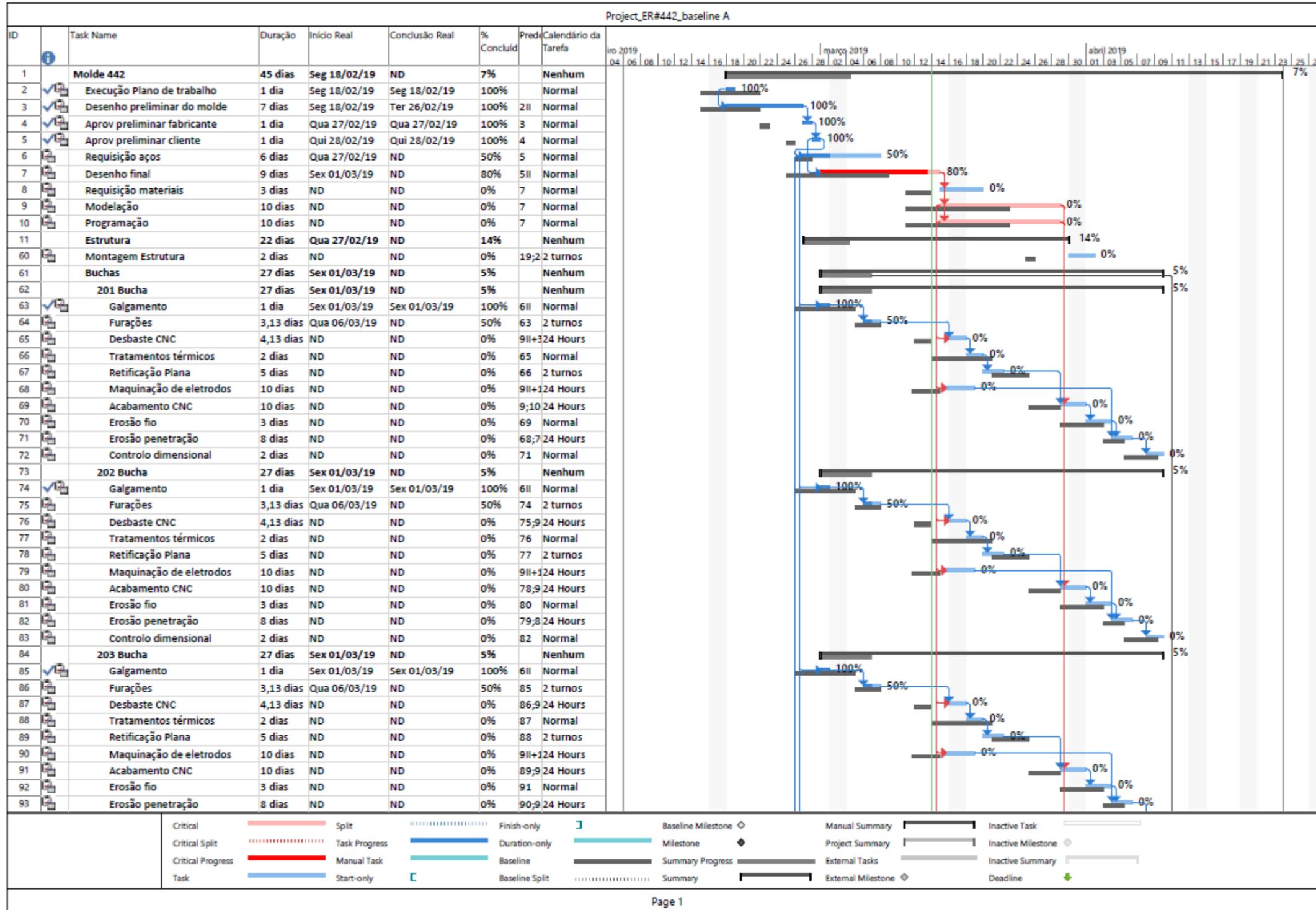


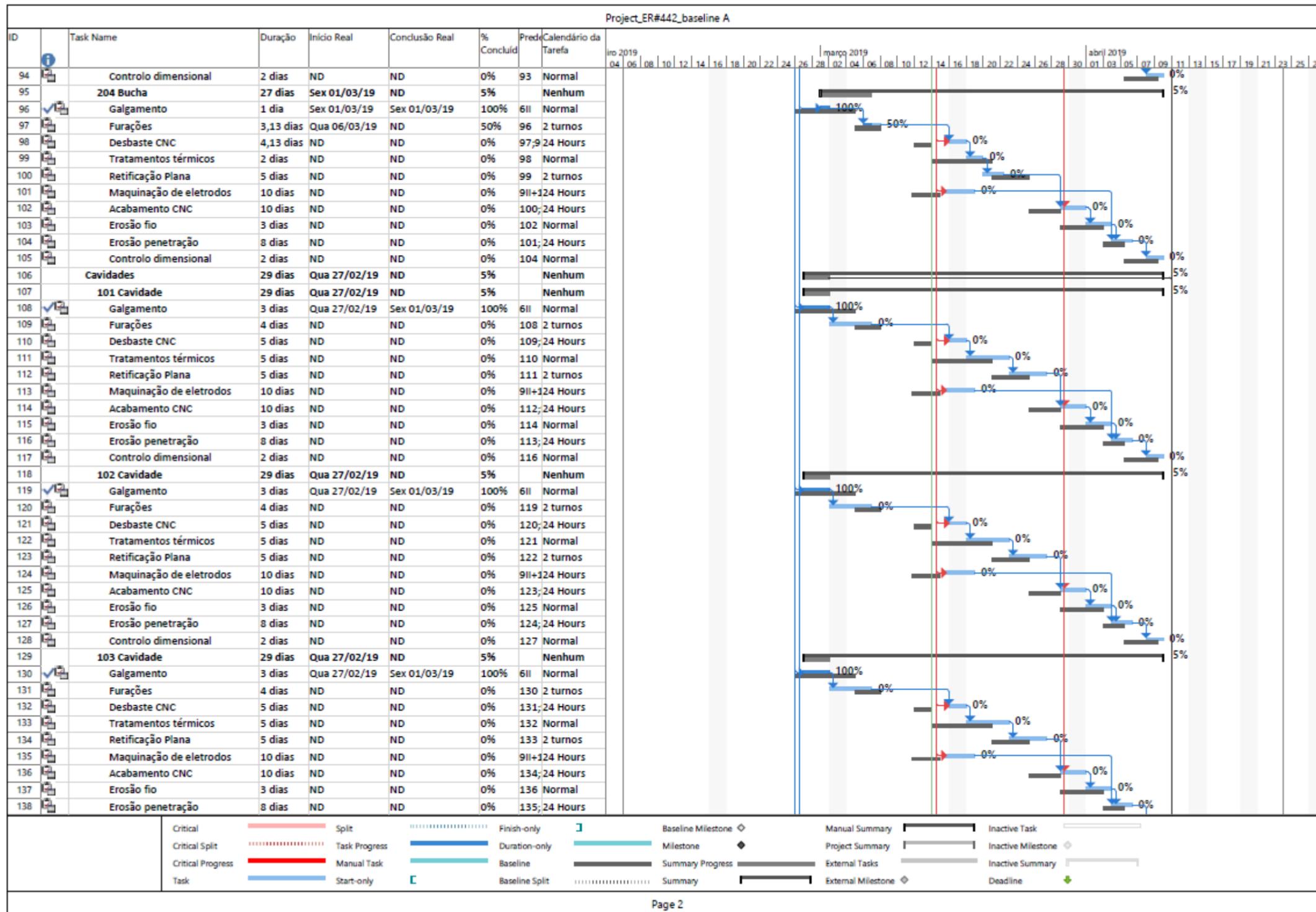


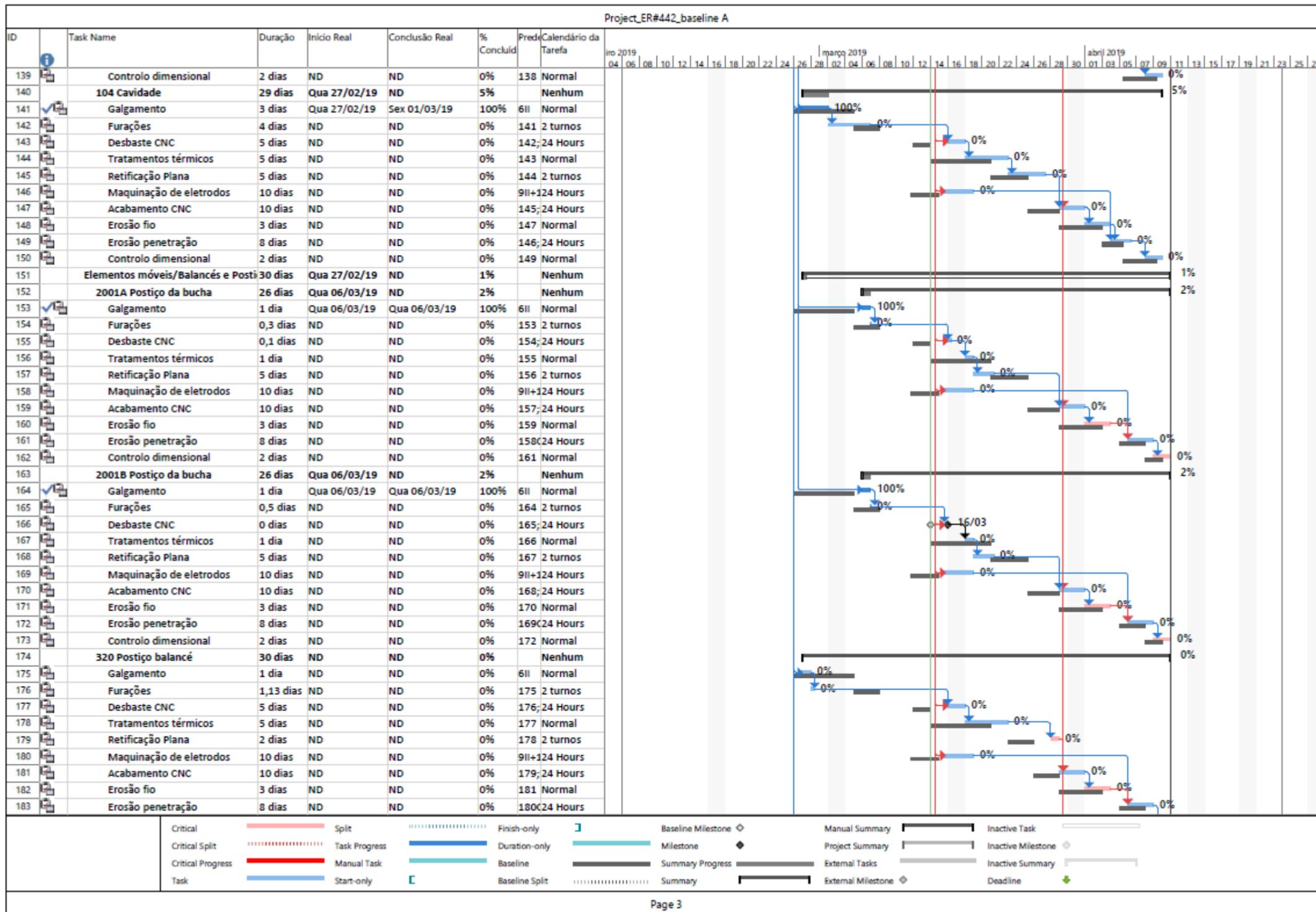


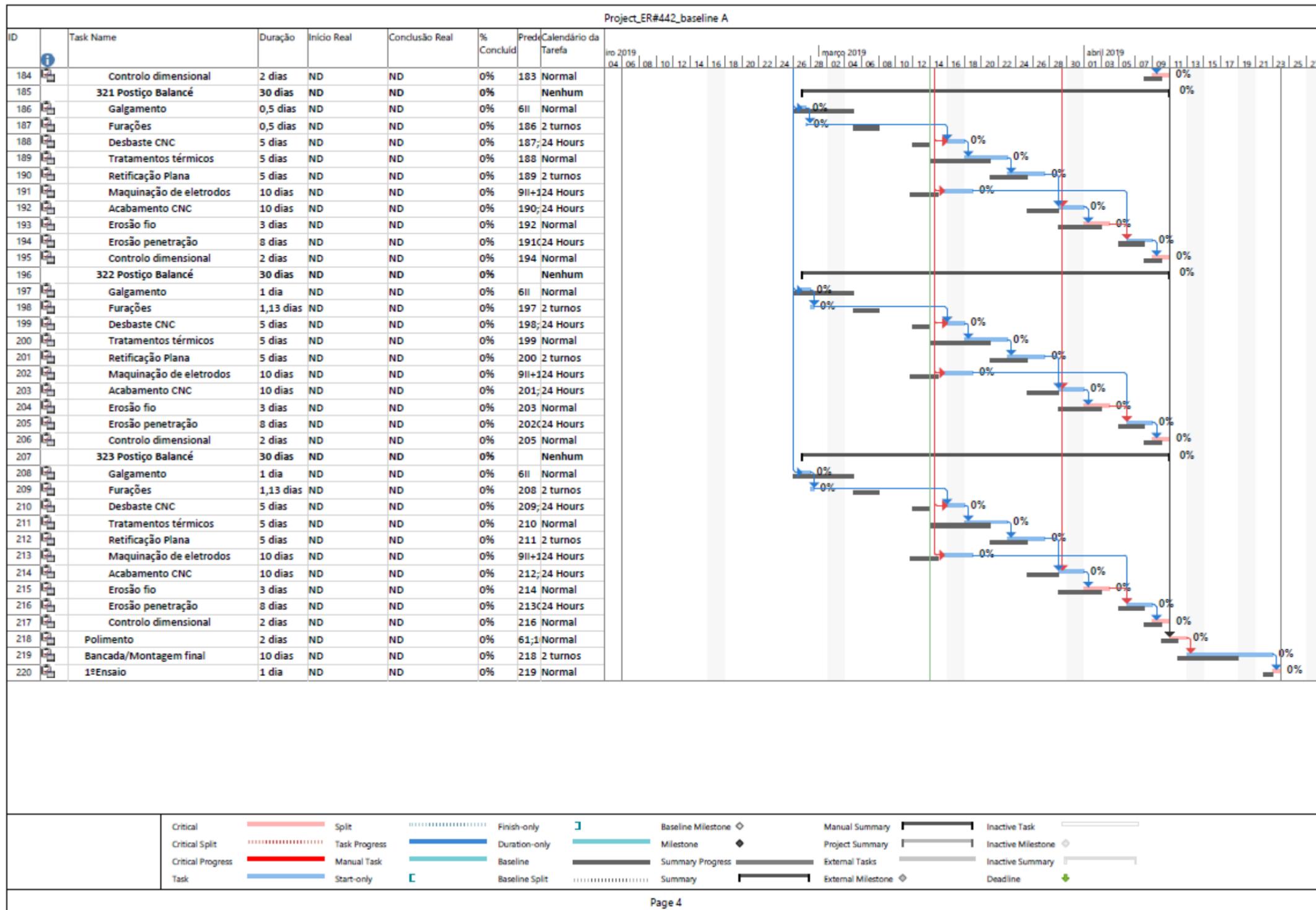


G.2 – Ficheiro Microsoft project molde 442, após 1ª reunião.

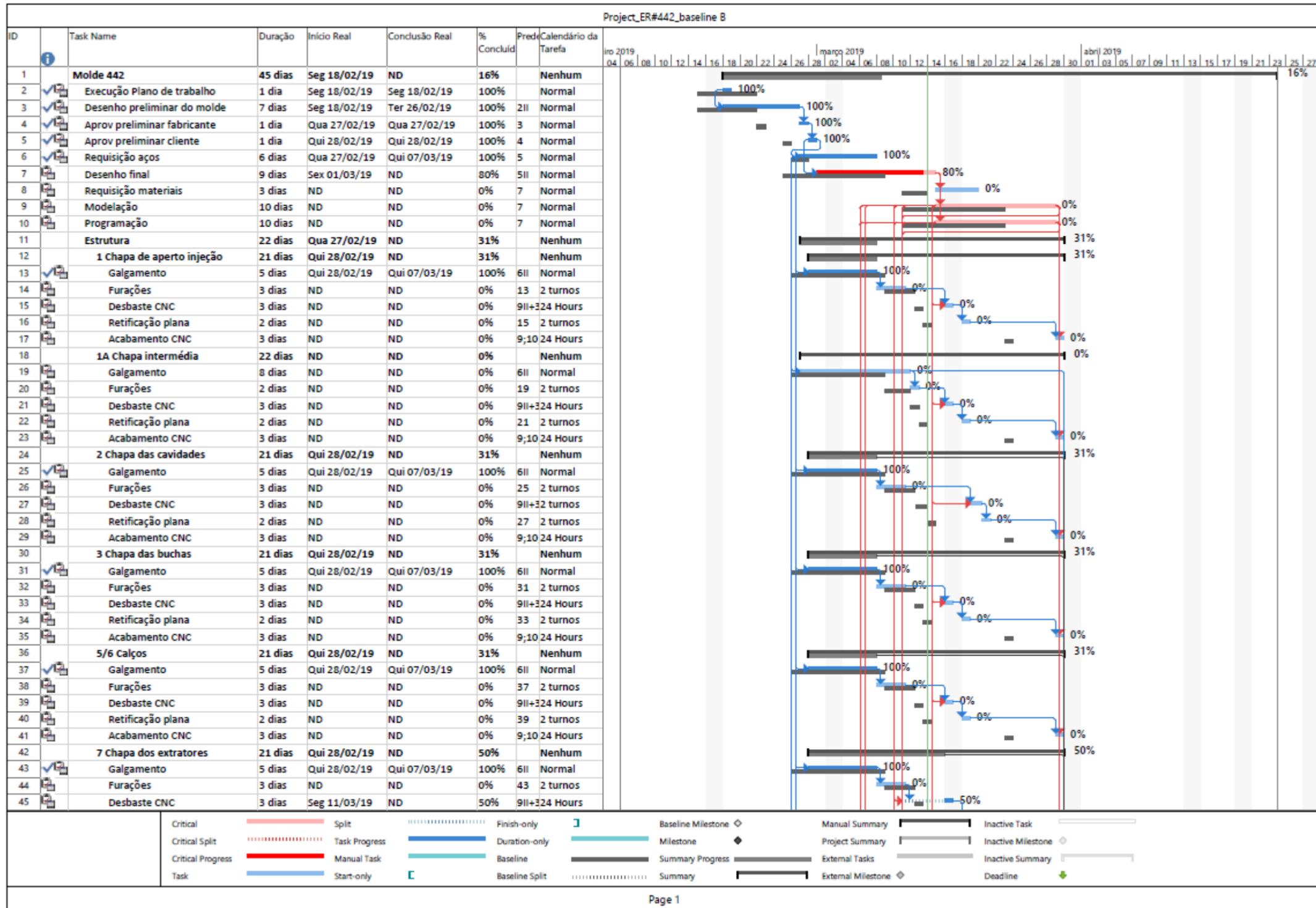


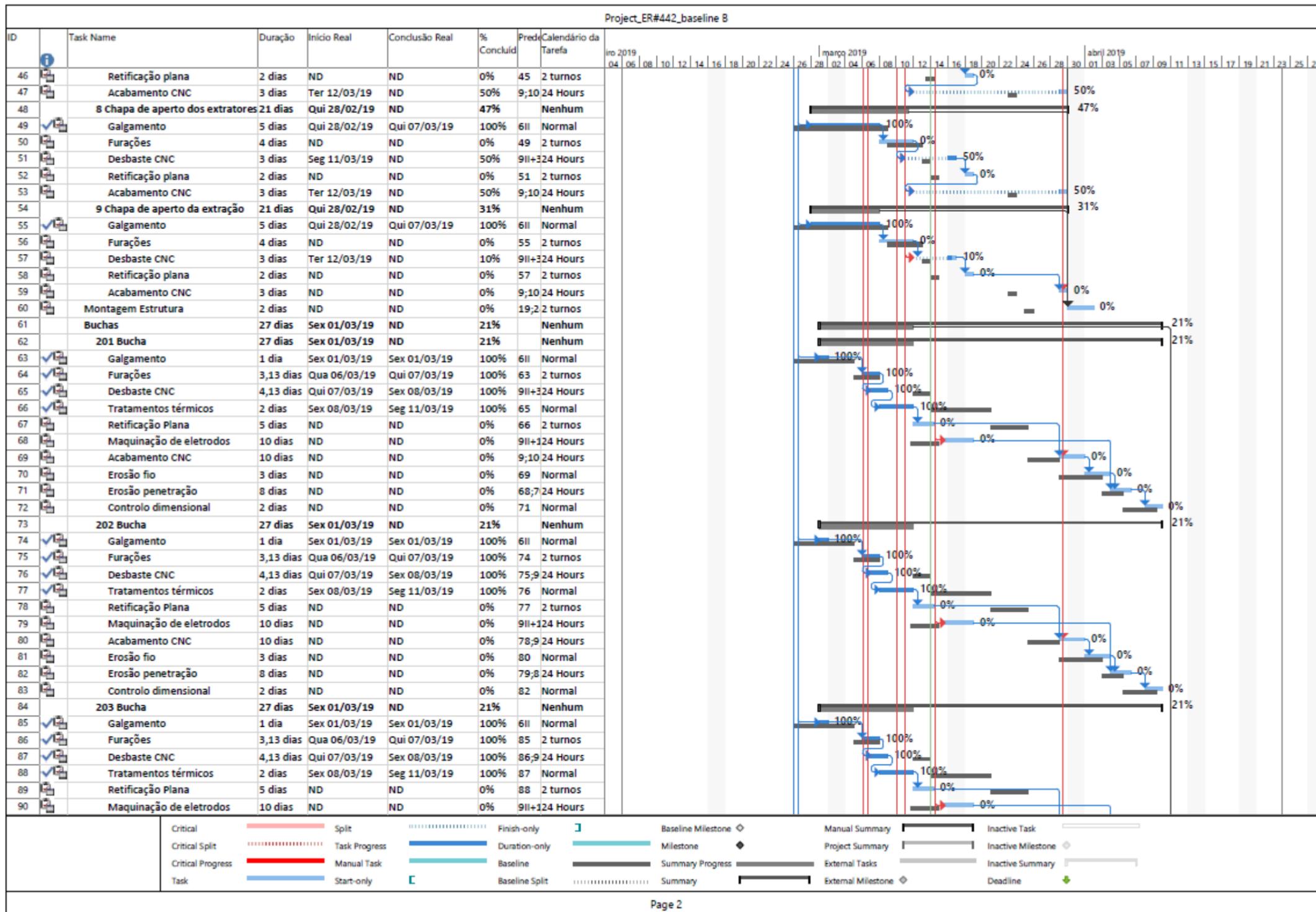


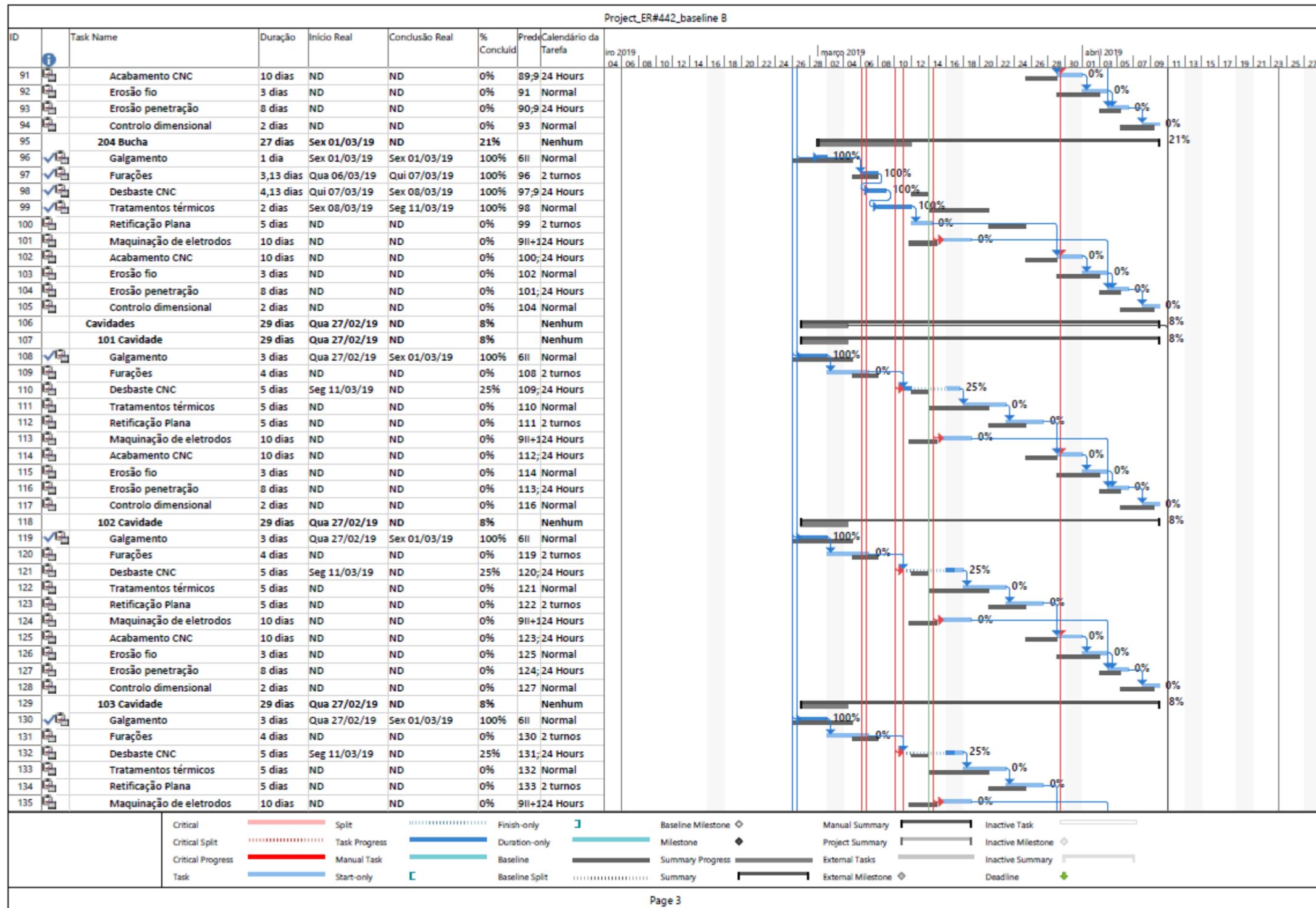


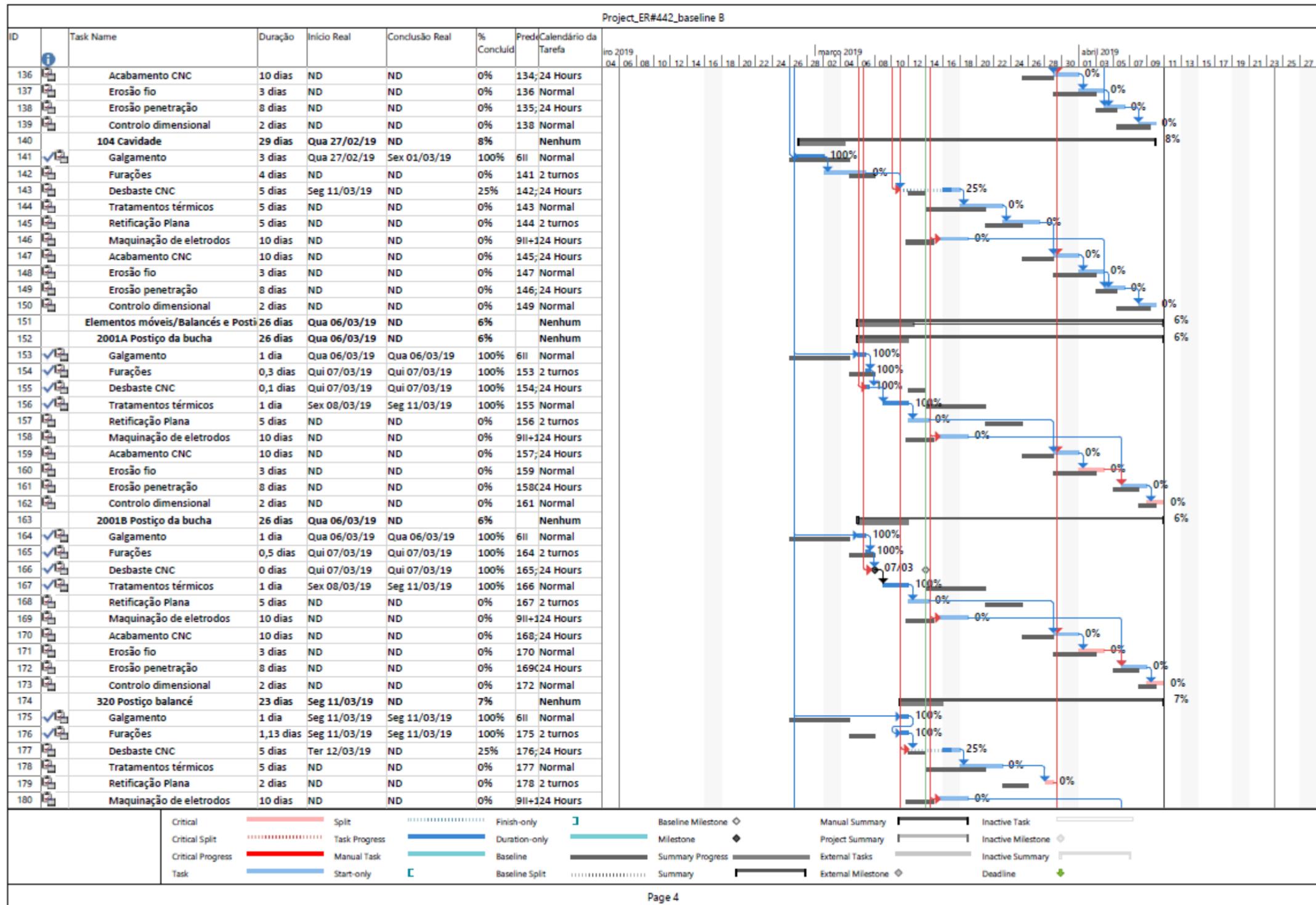


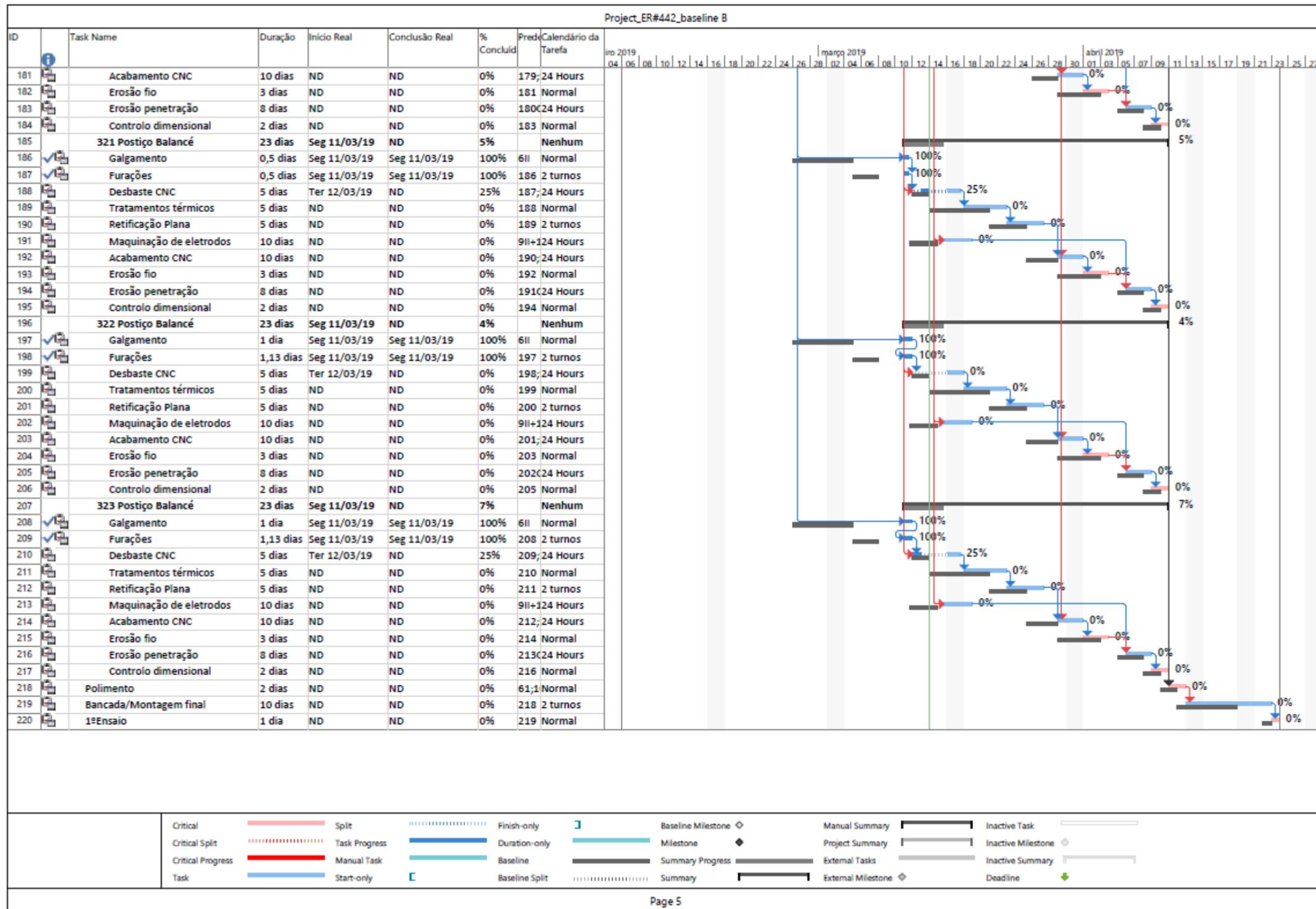
G.3 - Ficheiro *Microsoft project* molde 442, após 2ª reunião.



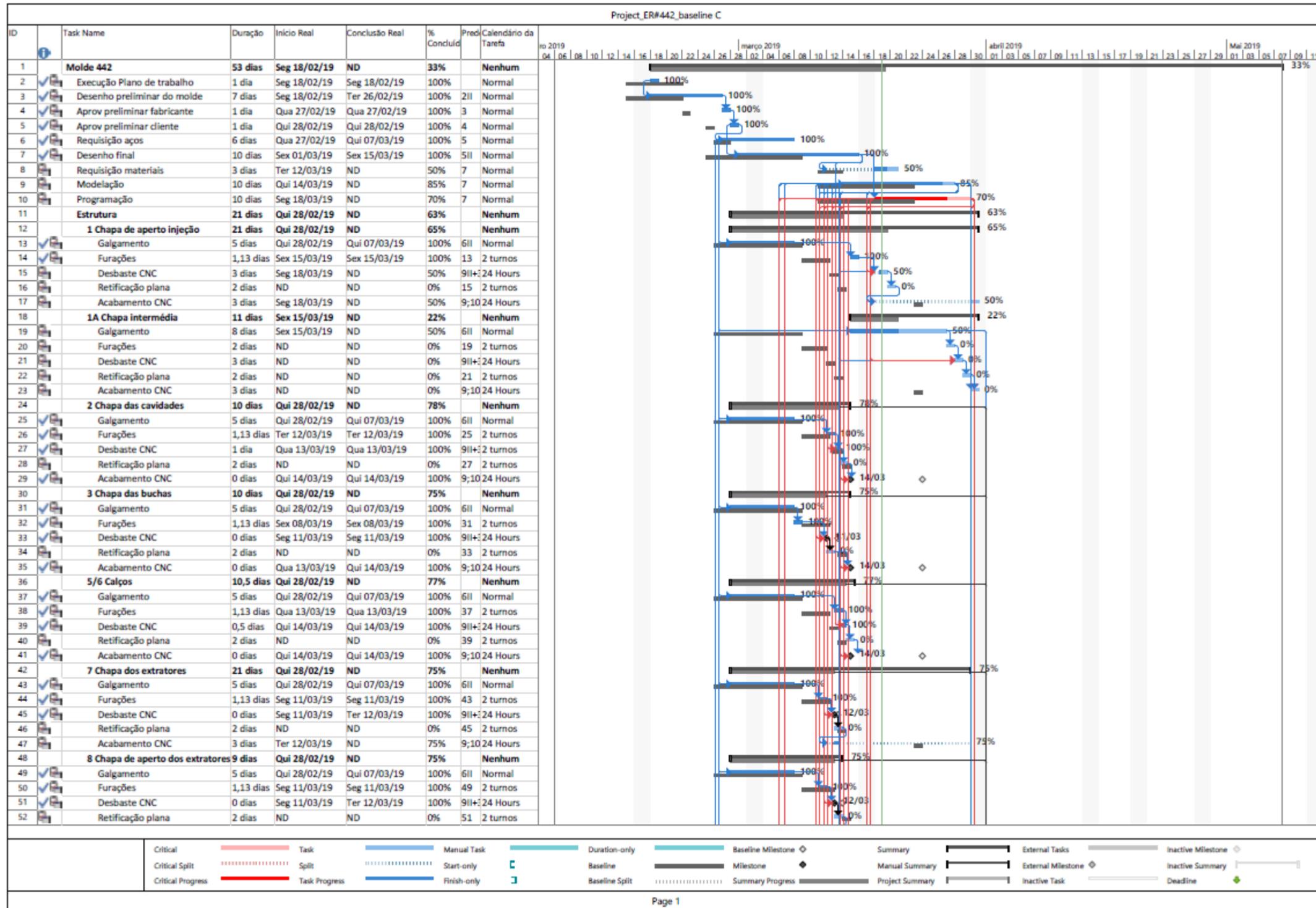


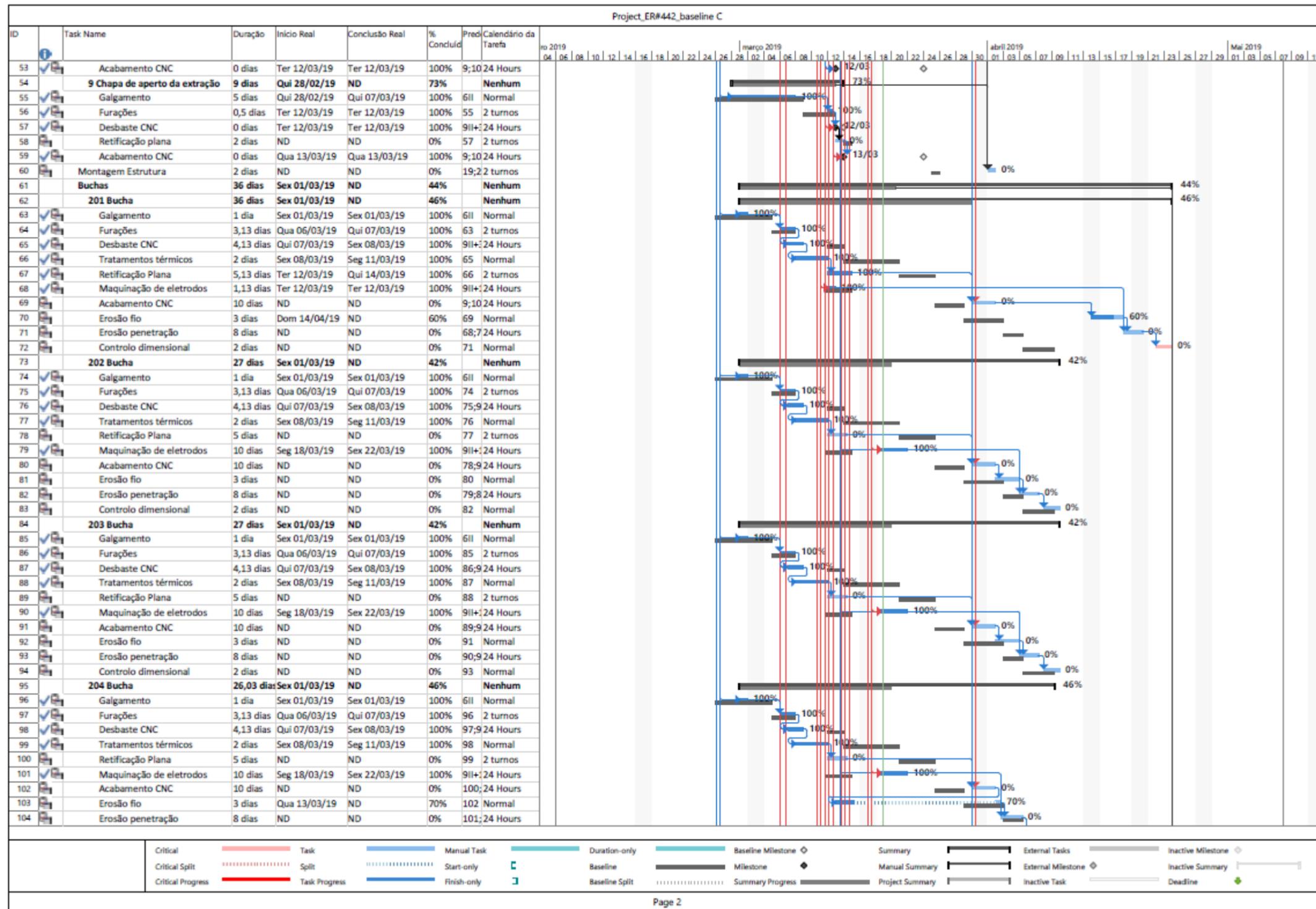


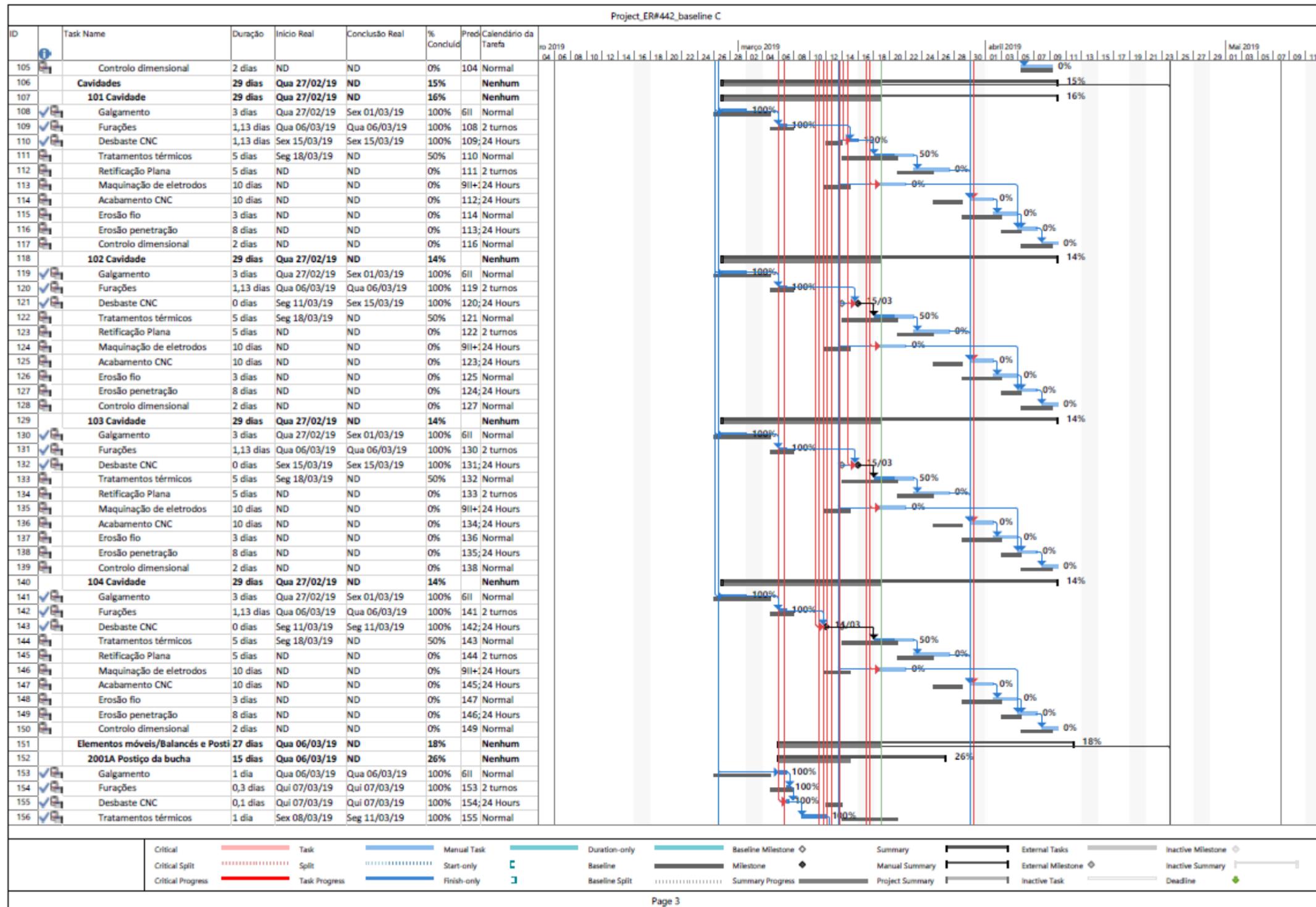


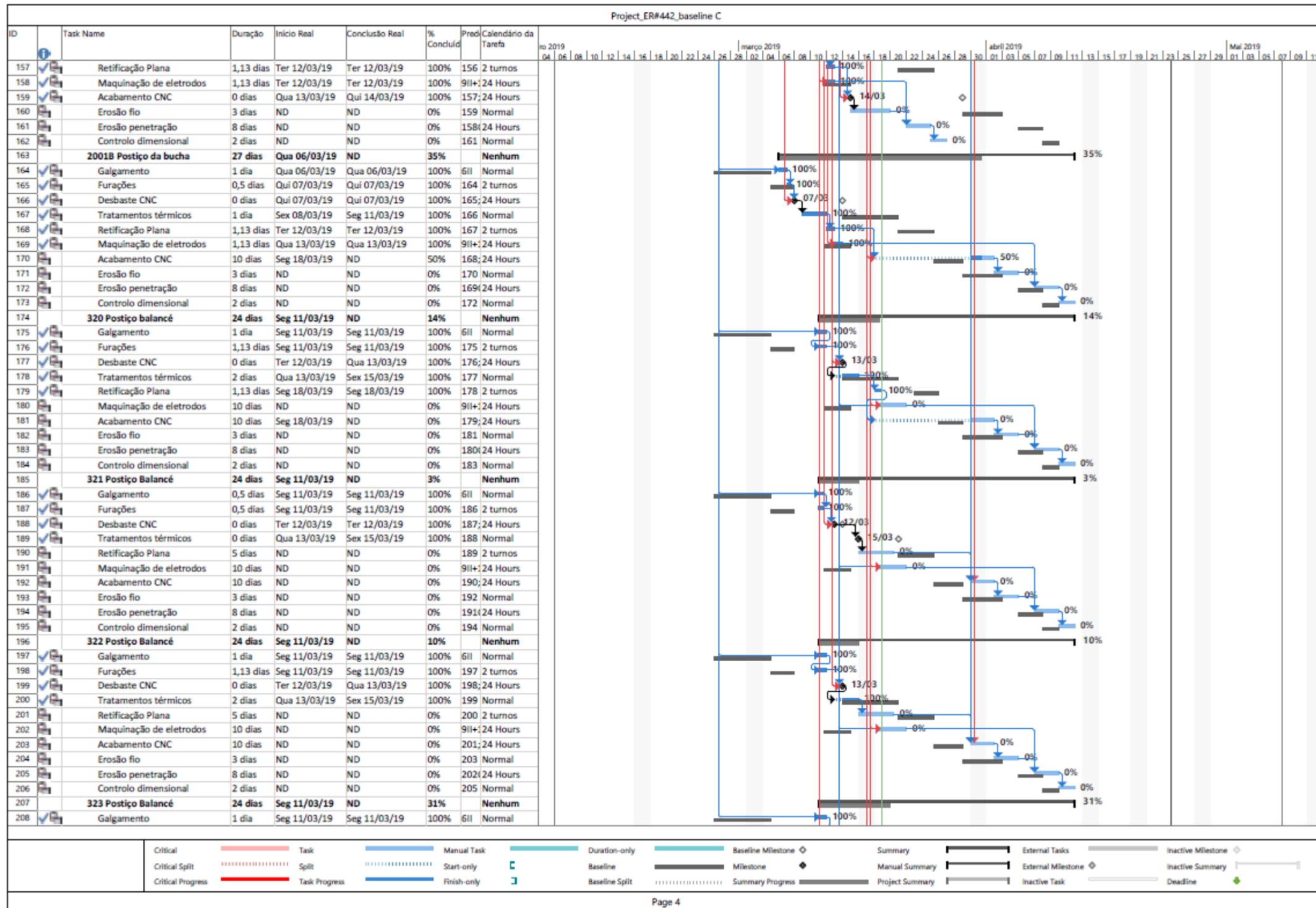


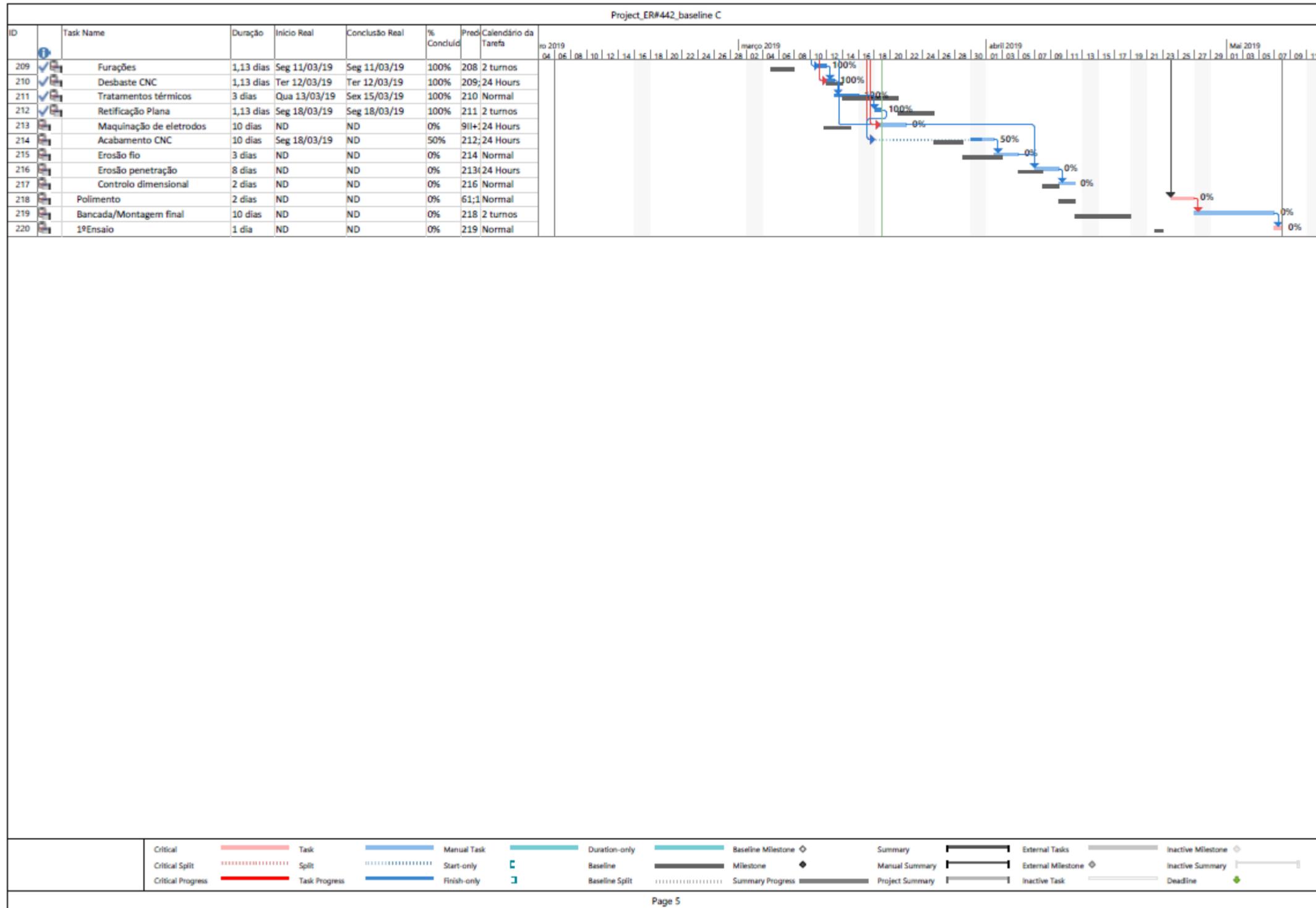
G.4 - Ficheiro *Microsoft project* molde 442, após 3ª reunião.





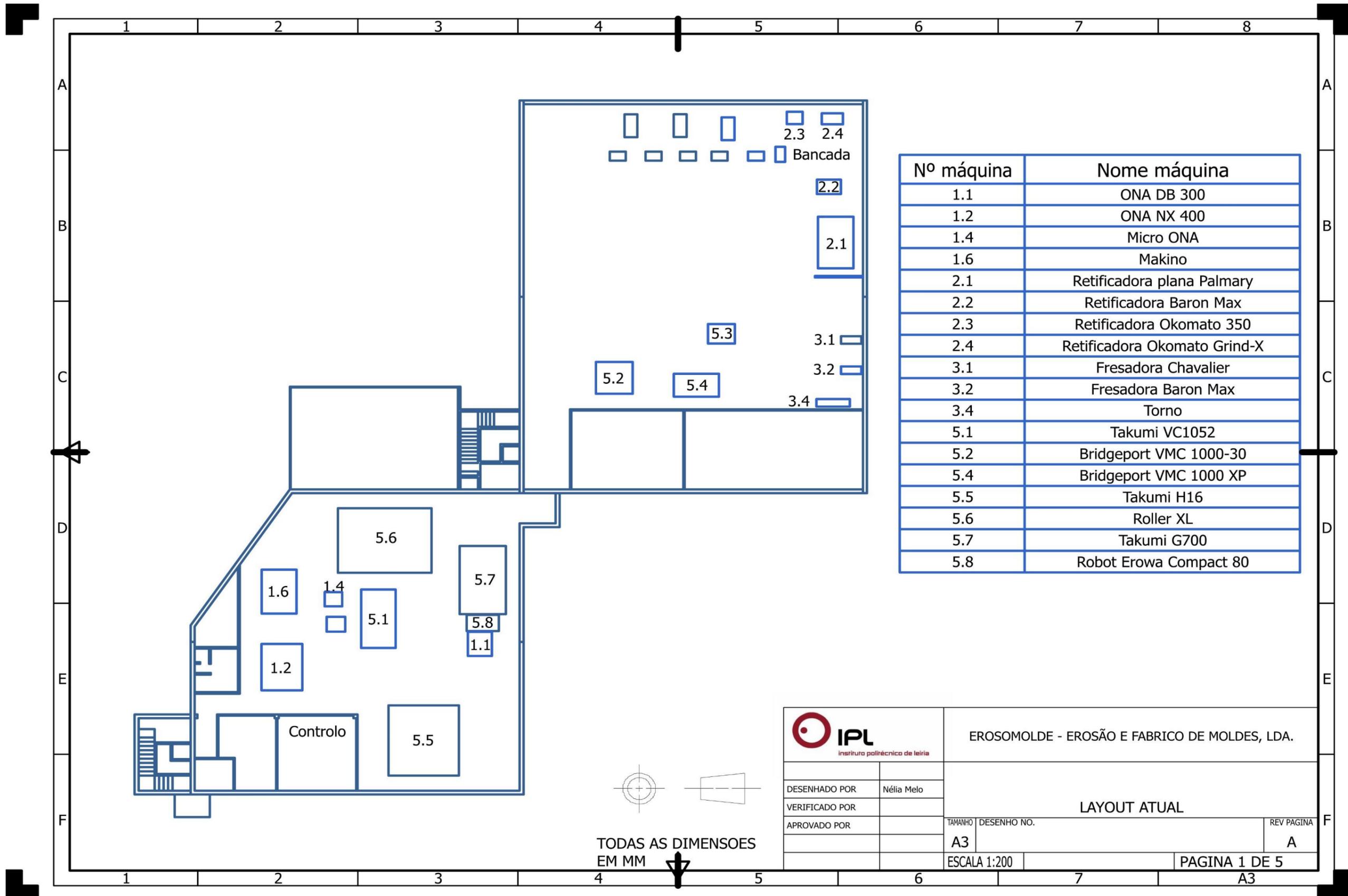




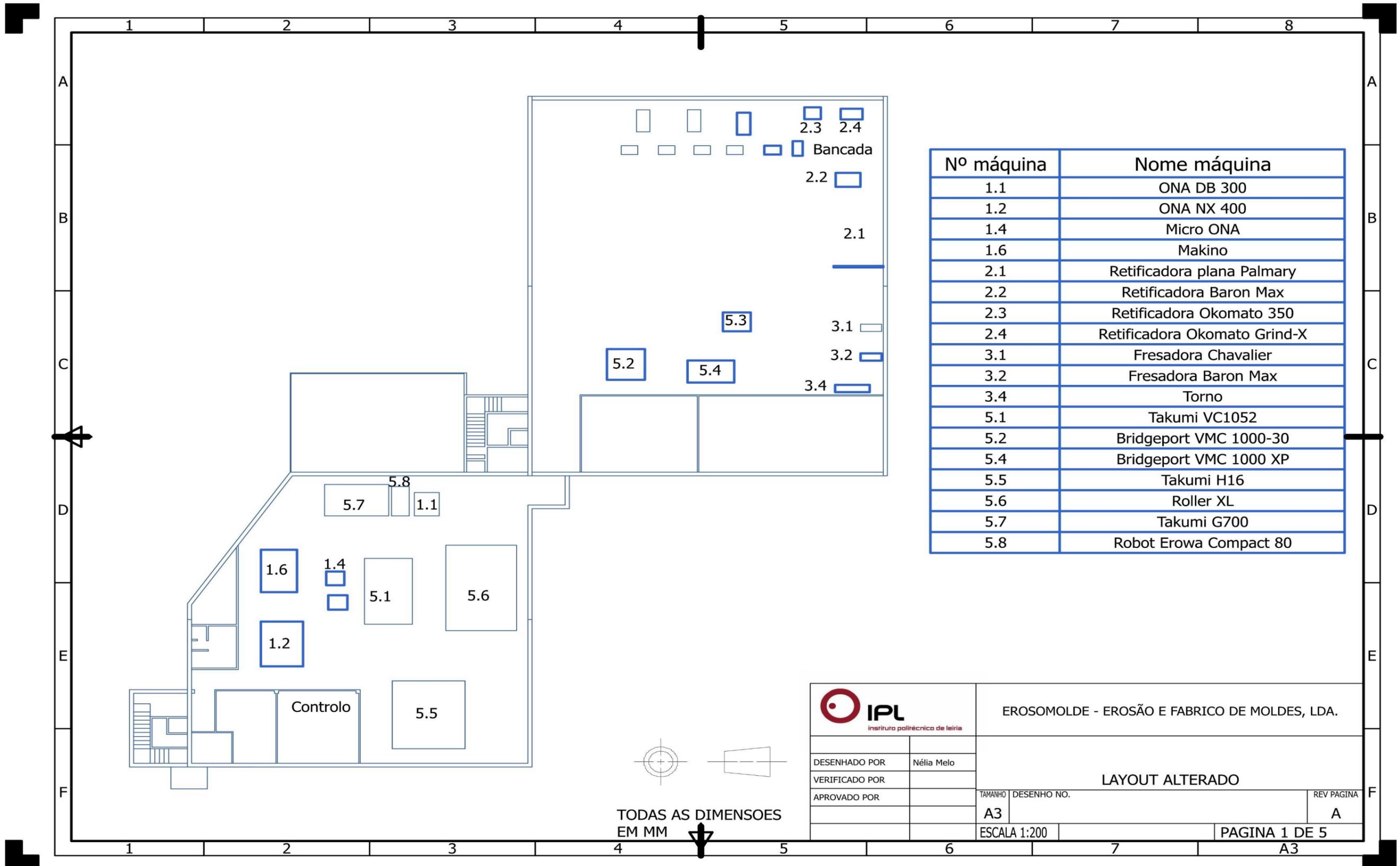


Anexo H – Desenhos 2D dos Layouts

H.1 – Layout Existente



H.2 – Layout proposto

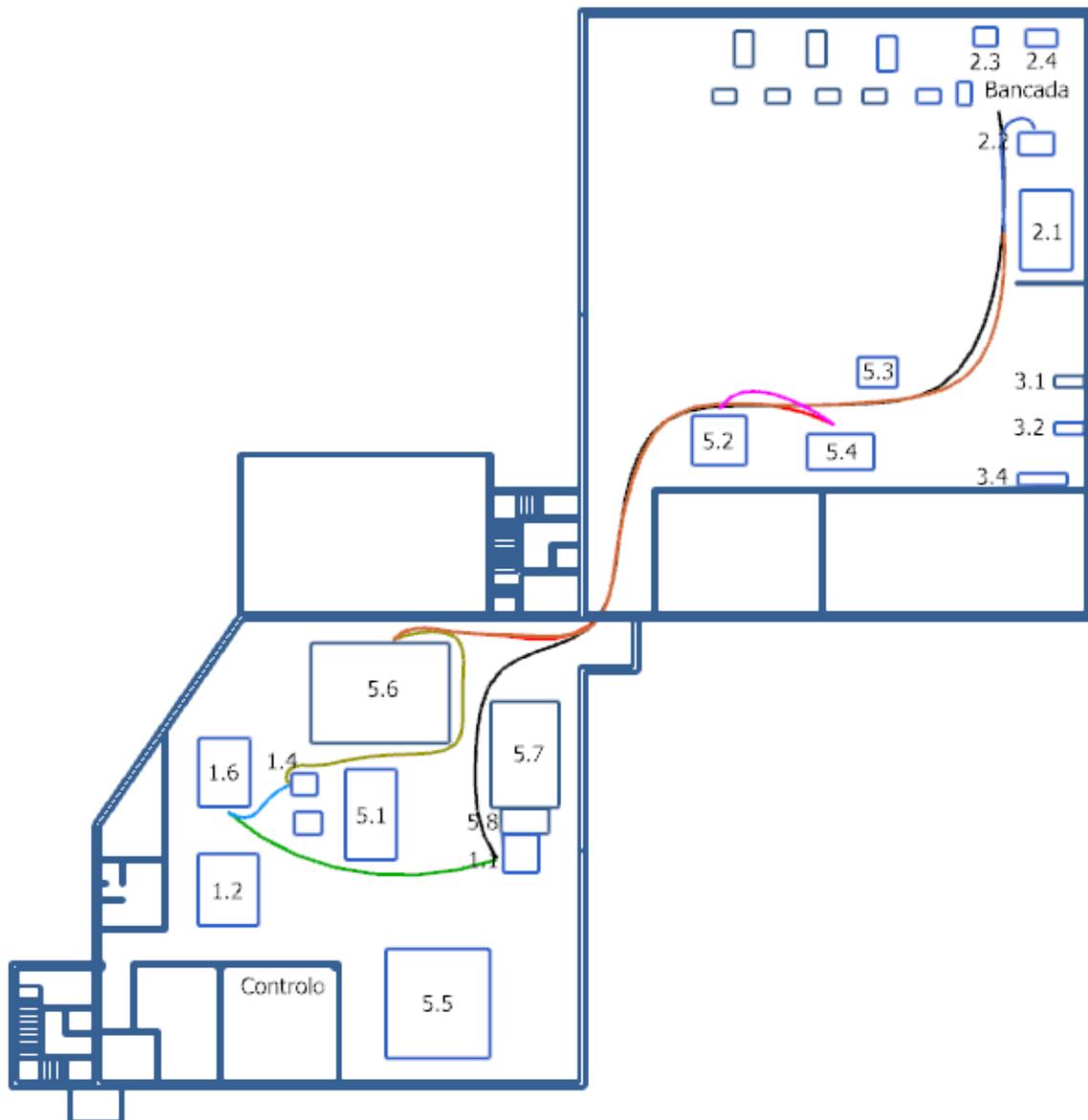
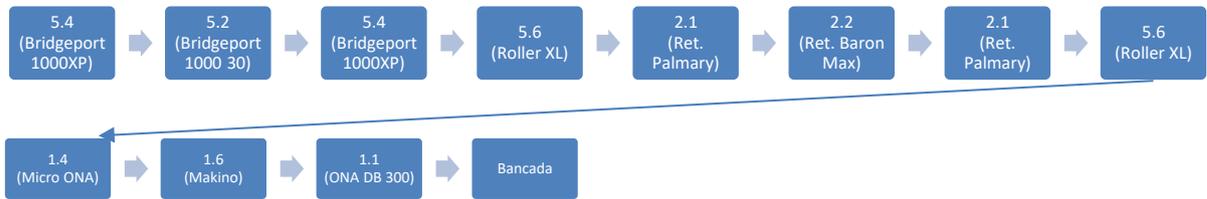


 <b>IPL</b> <small>instituto politécnico de leiria</small>		EROSOMOLDE - EROSÃO E FABRICO DE MOLDES, LDA.		
DESENHADO POR	Nélia Melo	<b>LAYOUT ALTERADO</b>		
VERIFICADO POR				
APROVADO POR				
		TAMANHO	DESENHO NO.	REV PAGINA
		A3		A
		ESCALA 1:200	PAGINA 1 DE 5	

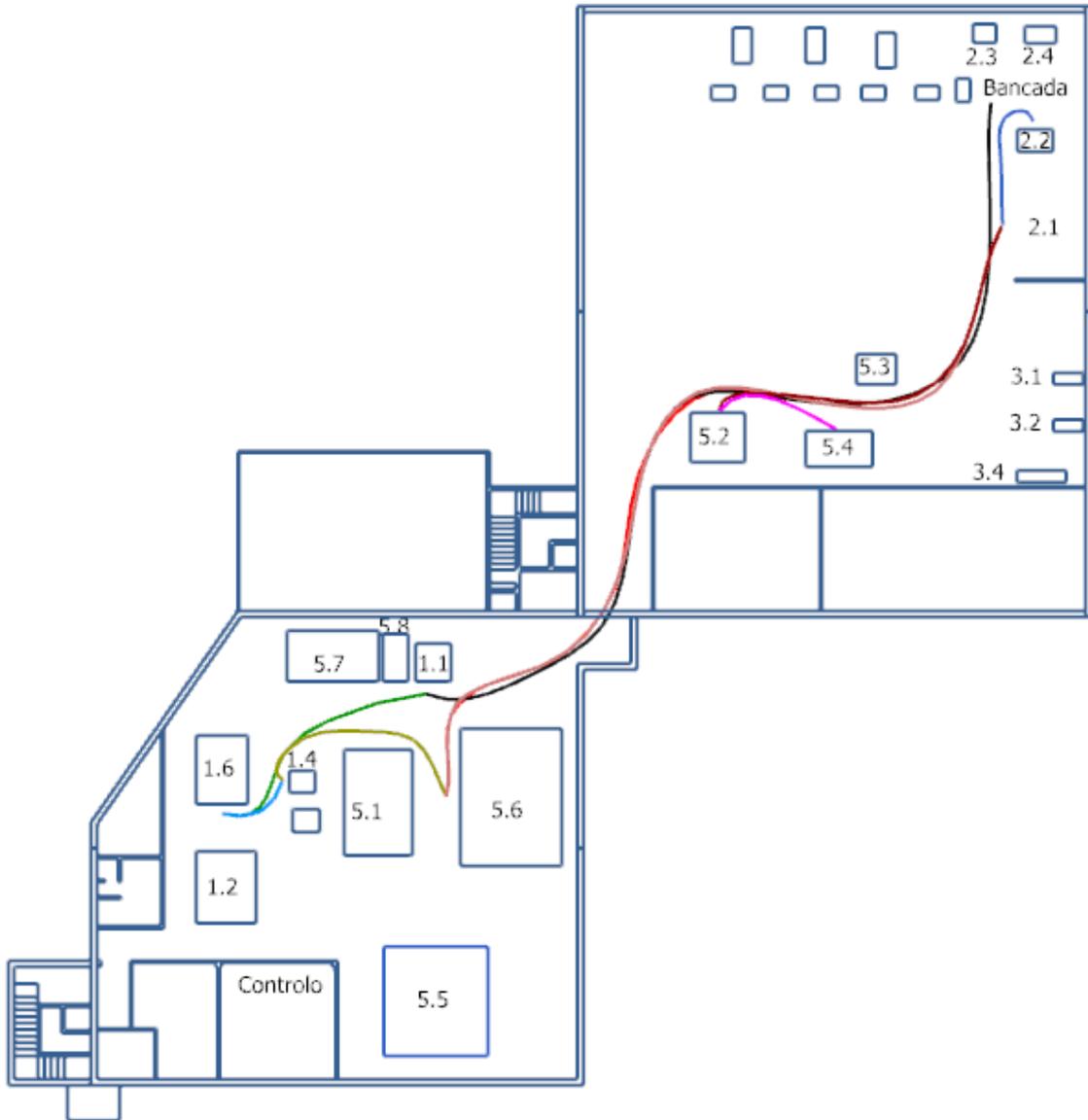
TODAS AS DIMENSOES EM MM

### H.3 – Diagramas de esparguete

#### H.3.1-Molde 423 – Peça 100

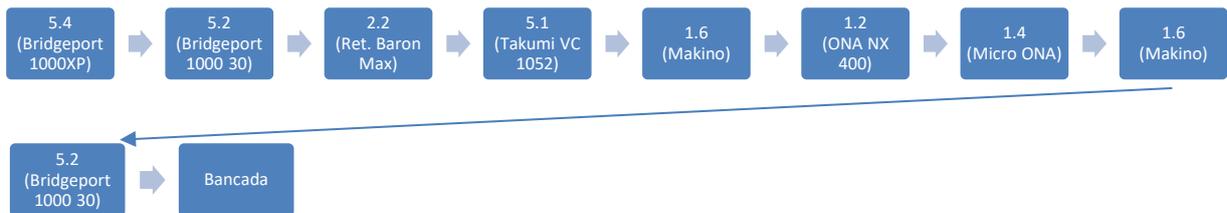


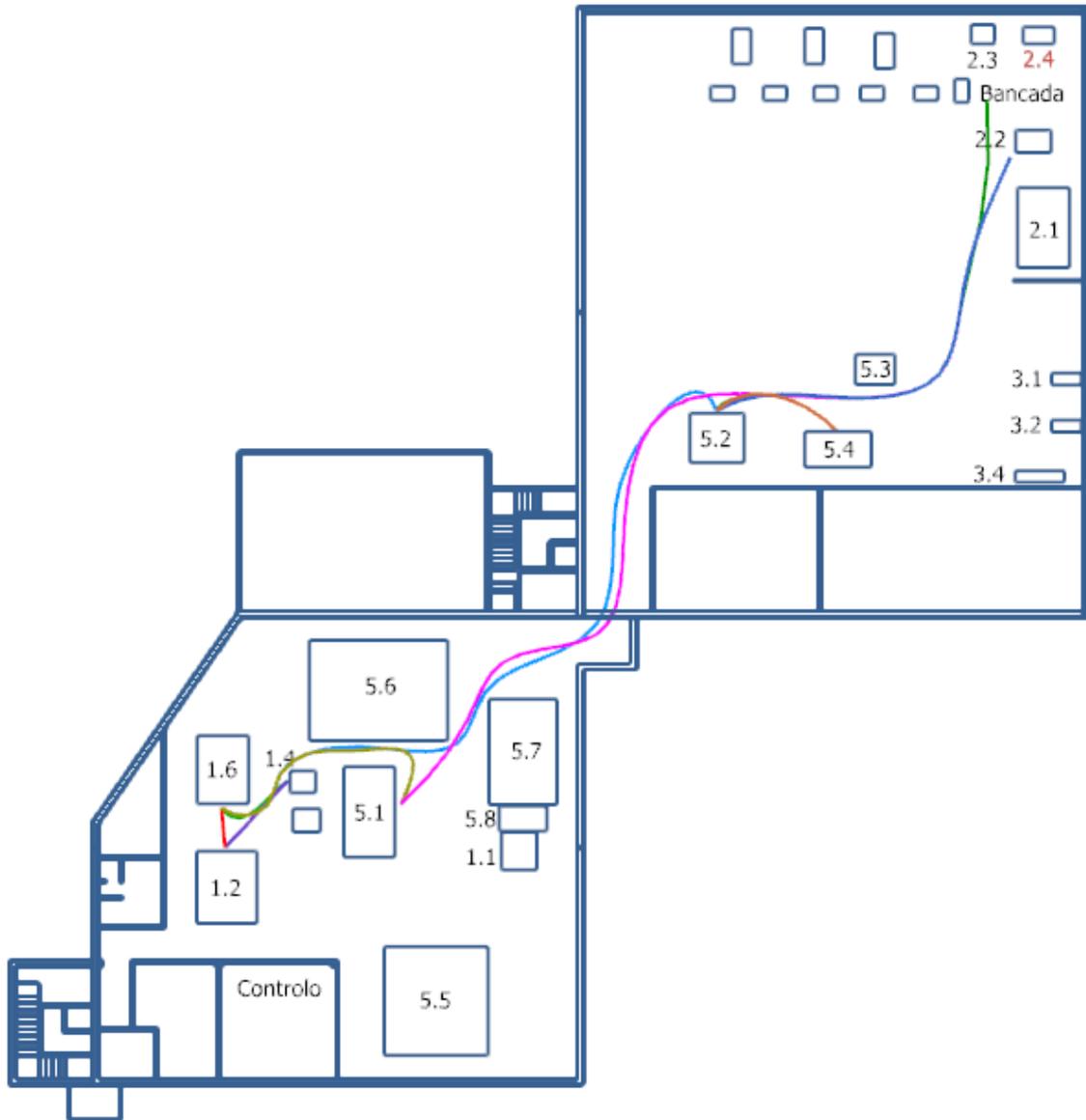
Caminho de peça segundo o layout antigo



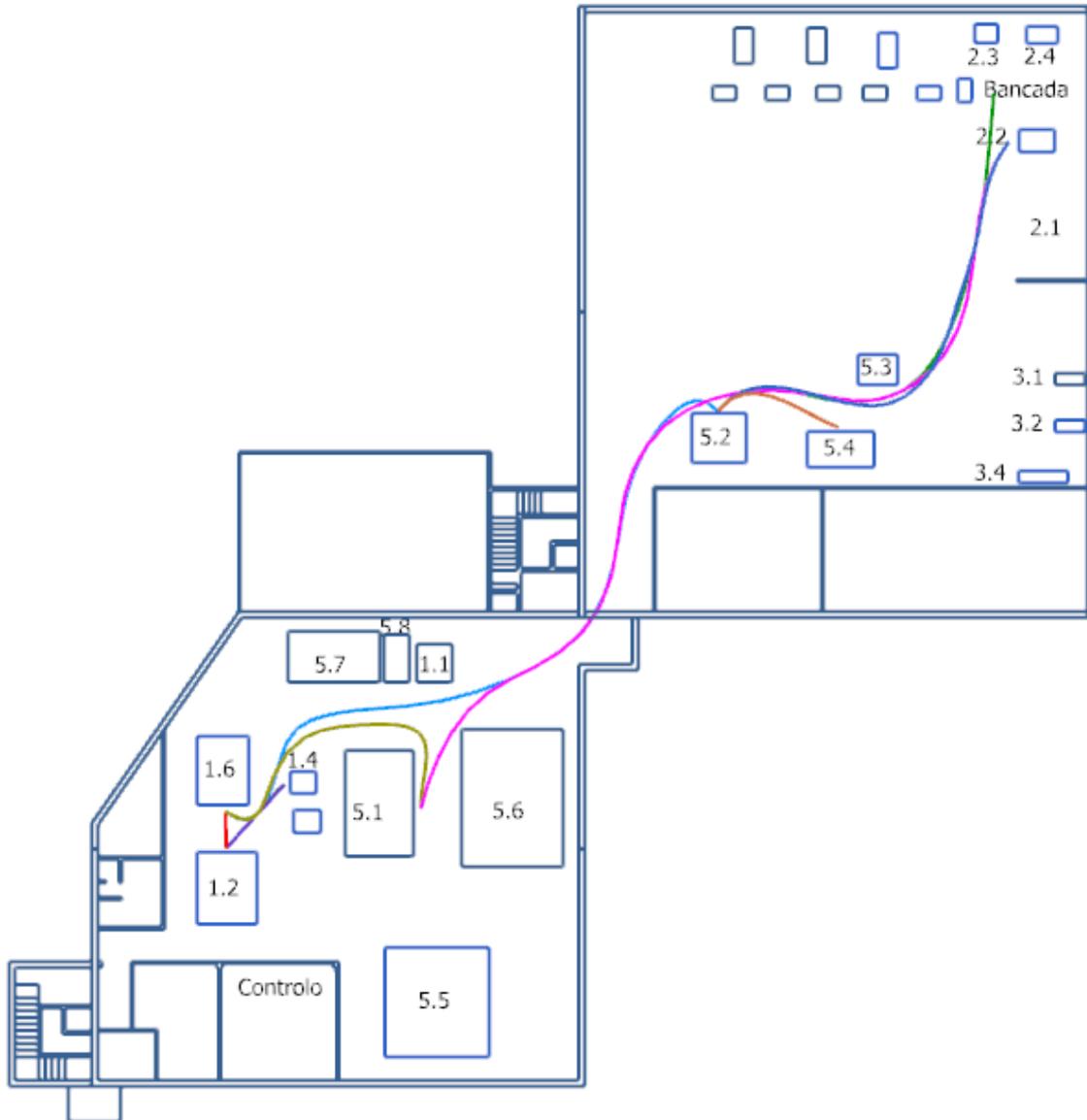
Caminho de peça segundo o layout proposto

### H.3.2-Molde 424 – Peça 201B





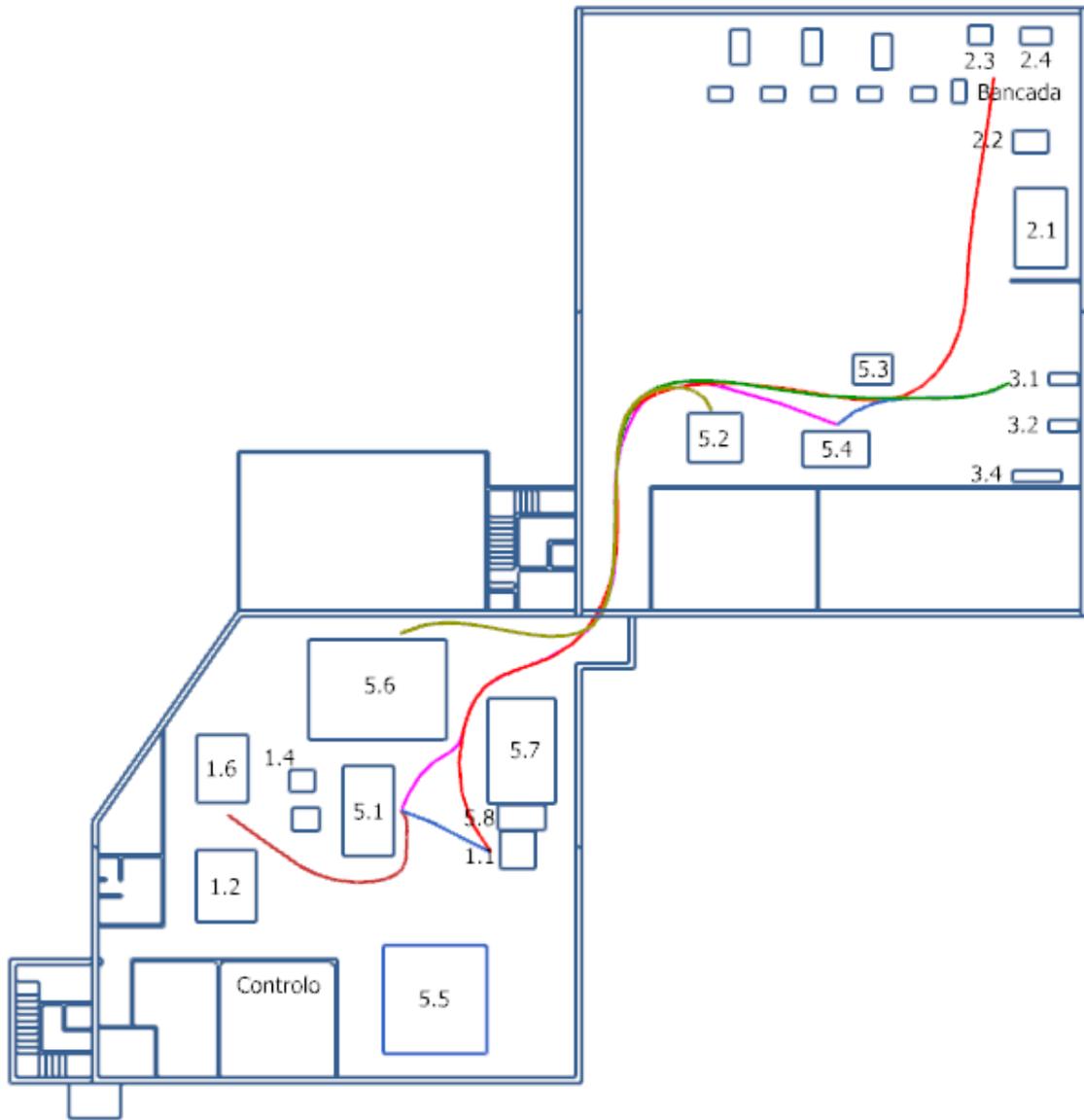
**Caminho de peça segundo o layout antigo**



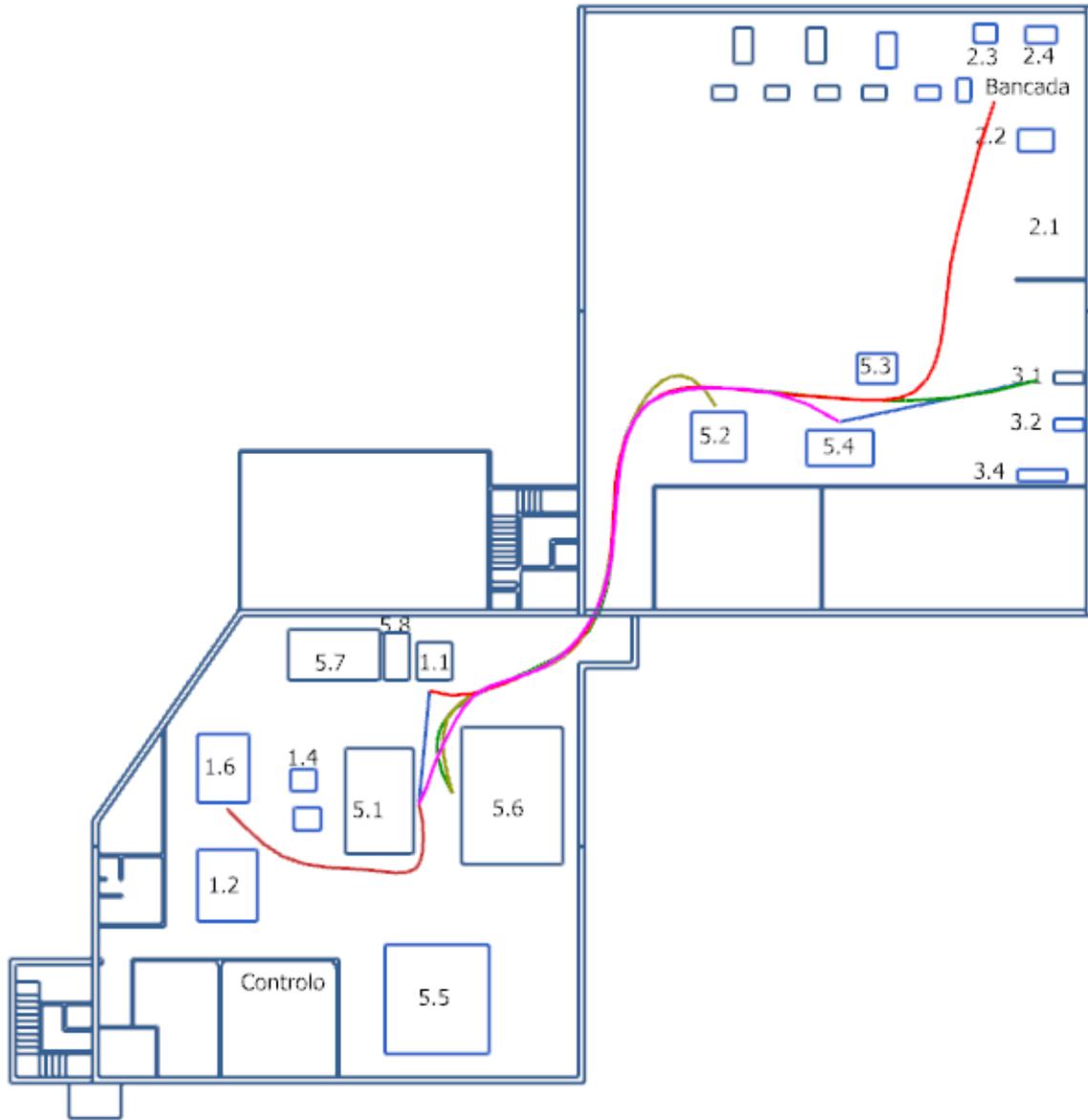
Caminho de peça segundo o layout proposto

### H.3.2-Molde 425 – Peça 200





**Caminho de peça segundo o layout antigo**

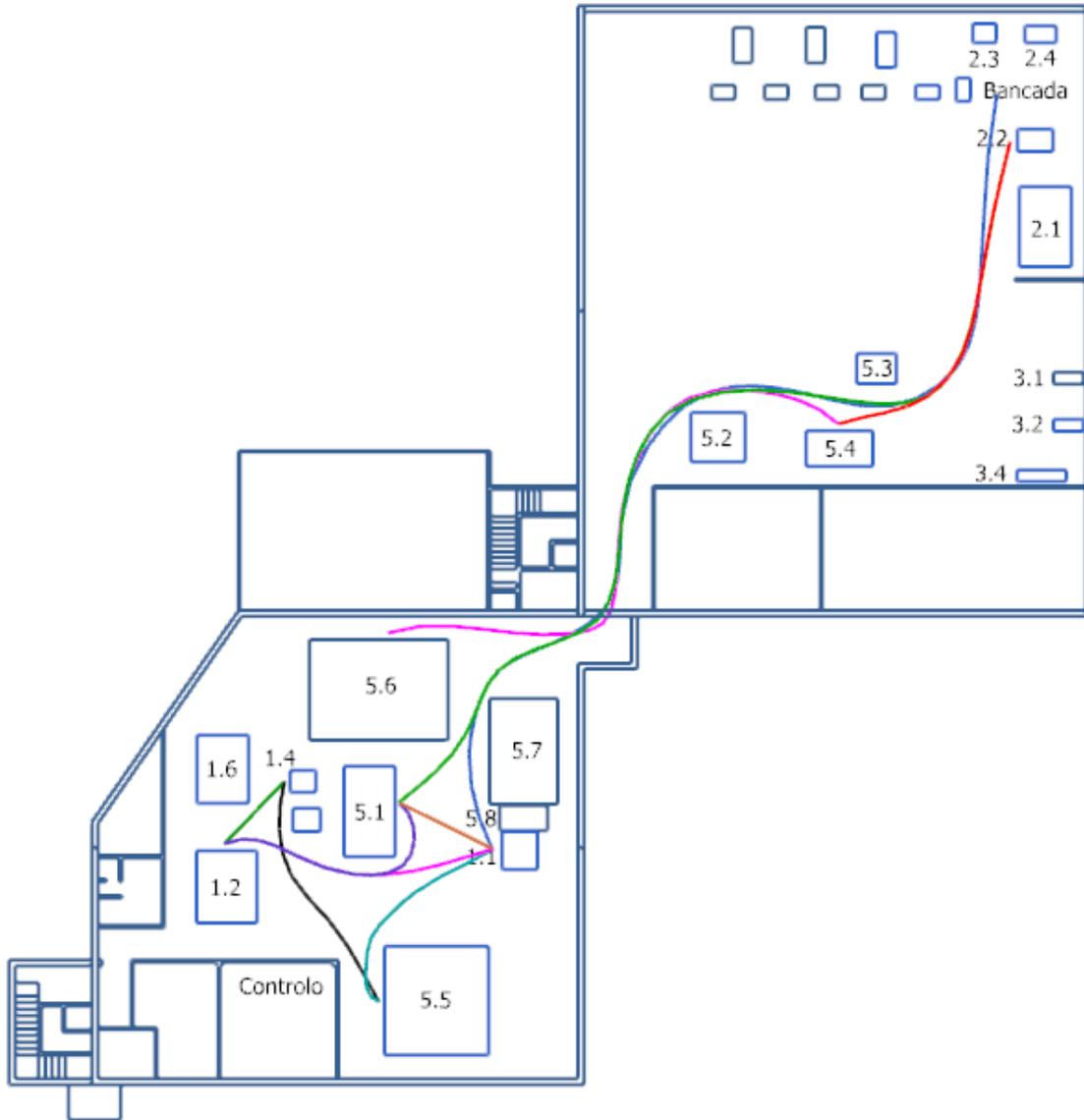


Caminho de peça segundo o layout proposto

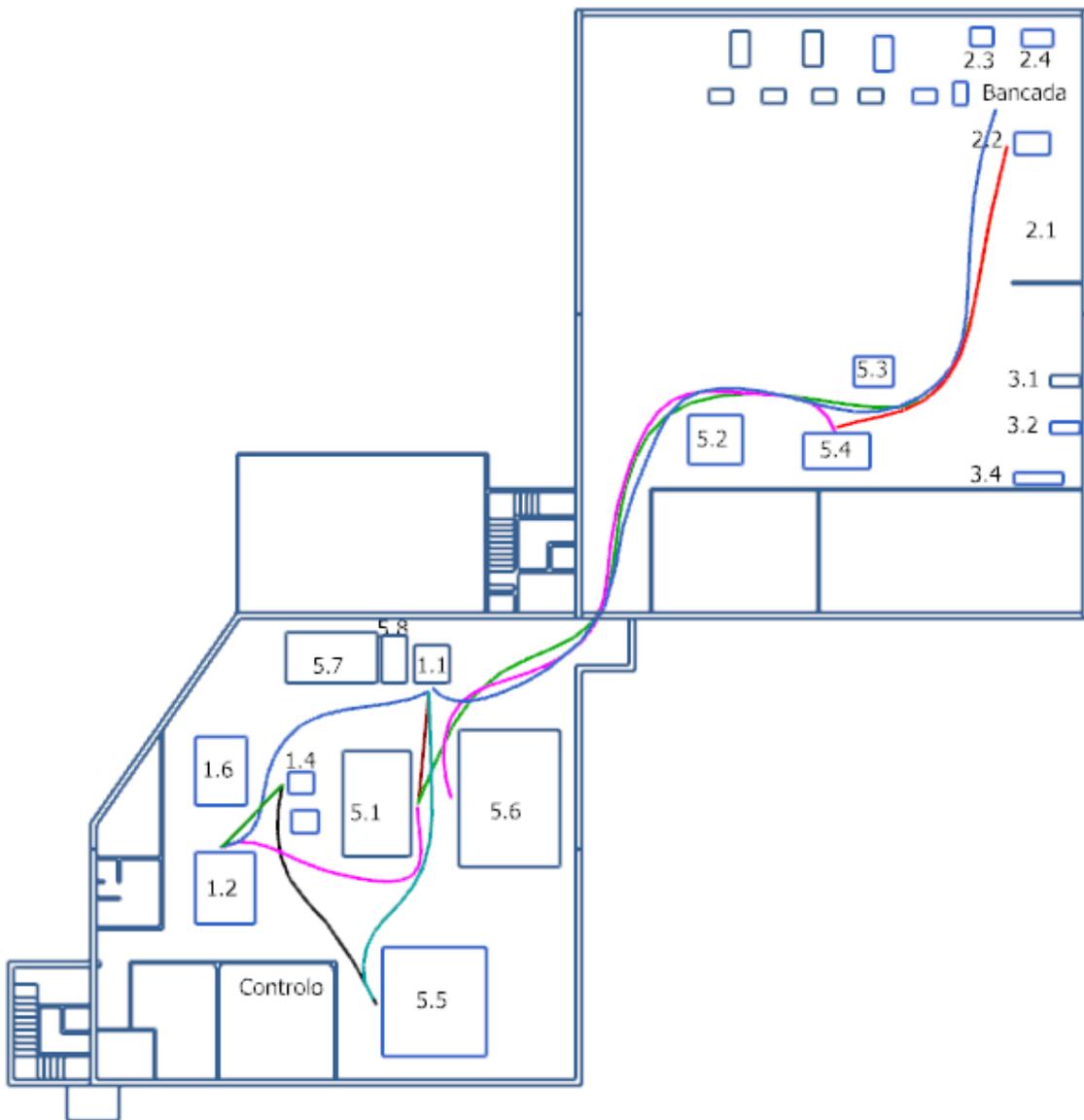
### H.3.3-Molde 426 – Peça 200

- Caminho de peça:





**Caminho de peça segundo o layout antigo**



**Caminho de peça segundo o layout proposto**

## Anexo I- Avaliações 5 S

## I.1 – Primeira avaliação 5S

		<h2>Auditoria 5S</h2>							
Secção: Bancada		Data: 19-02-2019							
Auditor (es): Nélia Melo									
LEGENDA:									
1-MAU (25%)		2-REGULAR (50%)		3-BOM (75%)		4-ÓTIMO (100%)		NA-NÃO APLICAVEL	
Categoria	Critério	Pontuação					Observações		
		1	2	3	4	NA			
SEIRI (Senso de organização)	Na área de trabalho existem somente itens necessários para a execução das tarefas?	x					Existem vários equipamentos obsoletos, acessórios que não são necessários (caixas vazias) e em modo geral está mal-organizado.		
	Existe material não conforme no local de trabalho?	x							
	Acesso a itens utilizados está adequado e organizado?	x							
	Existe somente informação necessário/relevante (informação das peças constituintes dos moldes,etc)?		x						
	<b>Pontuação média: “Separar o útil do inútil.”</b>	31%							
SEITON (Senso da arrumação)	Não existem objetos espalhados na área de trabalho (chão, bancadas, etc)?	x					O material na maioria está espalhado e desorganizado, existem caixas com materiais de várias medidas (porcas, anilhas) todas misturadas. Não existem placas de identificação no produto acabado, existe um local para colocar o material/produto não conforme, mas, não está devidamente organizado, tem material que não deveria de estar naquele lugar.		
	Os locais estão devidamente identificados para a arrumação de cada item?	x							
	Existem placas de identificação nas áreas de produto acabado?	x							
	Existe um local apropriado para colocar o material/produto não conforme?		x						
	<b>Pontuação média: “Um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar.”</b>	31%							
SEISON (Senso da limpeza)	Existem utensílios, ferramentas, dispositivos, etc. sujos ou em mau estado de conservação?	x					No local encontram-se caixas, sujas e aparelhos em mau estado, existe lixo (sacos vazios, papeis.) espalhados nas bancadas e local de trabalho.		
	Existe óleo, água, ou outro produto químico no piso?				x				
	De modo geral o setor passa a impressão de ser um ambiente limpo?	x							
	Os produtos existentes no processo estão sujos a ponto de prejudicar ou comprometer a sua qualidade?	x							
	Existe lixo em geral espalhado pelo chão?				x				
	Paredes e equipamentos em geral necessitam de limpeza?		x						
	<b>Pontuação média. “Limpar o local de trabalho e verificar se existem oportunidades para melhorar.”</b>	54%							
SEIKETSU (Senso da normalização)	Os objetos/equipamentos estão armazenados nos locais estipulados para o efeito?	x					Não existem locais específicos para o armazenamento dos materiais. Existem planos de manutenção, mas não existem planos de limpeza no posto de trabalho. Para concluir não existe um controlo de stock.		
	Existem planos de limpeza e manutenção da área de trabalho e dos equipamentos?	x							
	Os planos de limpeza e manutenção da área de trabalho e dos equipamentos estão visíveis?		x						
	É realizado um controlo de stock das matérias-primas?	x							
	<b>Pontuação média: “Garantir que não se faz o que sempre foi feito.”</b>	31%							

<b>SHITSUKE(Senso da autodisciplina)</b>	Existiu alguma auditoria 5S anterior à decorrente?	x					Nunca existiu nenhuma auditoria 5S outrora, os colaboradores não têm iniciativa para organizar nem limpar o posto de trabalho e não promovem a melhoria continua.
	As áreas de trabalho estão limpas e organizadas por iniciativa dos colaboradores?	x					
	Os colaboradores promovem a melhoria continua?	x					
	Os colaboradores seguem o método 5S?	x					
<b>Pontuação média: "Ter os outros S como parte do quotidiano para manter a melhoria."</b>		25%					
<b>Média total (%)</b>		<b>34%</b>					<b>Pontuação mínima para aprovação: 80%</b>

## I.2 – Segunda avaliação 5S

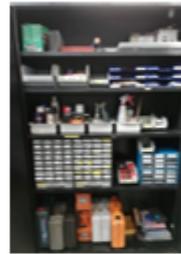
									
<b>Auditoria 5S</b>									
Secção: Bancada				Data: 27-02-2019					
Auditor (es): Nélia Melo									
LEGENDA:									
1-MAU (25%)		2-REGULAR (50%)		3-BOM (75%)		4-ÓTIMO (100%)		NA-NÃO APLICAVEL	
<b>Categoria</b>	<b>Critério</b>	<b>Pontuação</b>					<b>Observações</b>		
		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>NA</b>			
<b>SEIRI (Senso de organização)</b>	Na área de trabalho existem somente itens necessários para a execução das tarefas?				x				
	Existe material não conforme no local de trabalho?				x				
	Acesso a itens utilizados está adequado e organizado?				x				
	Existe somente informação necessário/relevante (informação das peças constituintes dos moldes,etc)?				x				
	<b>Pontuação média: "Separar o útil do inútil."</b>	100%							
<b>SEITON (Senso da arrumação)</b>	Não existem objetos espalhados na área de trabalho (chão, bancadas, etc)?				x		A zona de produto acabado já foi definida, mas ainda não foi aplicada as devidas identificações.		
	Os locais estão devidamente identificados para a arrumação de cada item?				x				
	Existem placas de identificação nas áreas de produto acabado?		x						
	Existe um local apropriado para colocar o material/produto não conforme?			x					
	<b>Pontuação média: "Um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar."</b>	81,25%							
<b>SEISON (Senso da limpeza)</b>	Existem utensílios, ferramentas, dispositivos, etc. sujos ou em mau estado de conservação?				x				
	Existe óleo, água, ou outro produto químico no piso?				x				
	De modo geral o setor passa a impressão de ser um ambiente limpo?				x				
	Os produtos existentes no processo estão sujos a ponto de prejudicar ou comprometer a sua qualidade?				x				

		Existe lixo em geral espalhado pelo chão?				x			
		Paredes e equipamentos em geral necessitam de limpeza?				x			
		<b>Pontuação média. "Limpar o local de trabalho e verificar se existem oportunidades para melhorar."</b>						<b>100%</b>	
<b>SEIKETSU (Senso normalização)</b>	<b>da</b>	Os objetos/equipamentos estão armazenados nos locais estipulados para o efeito?				x			
		Existem planos de limpeza e manutenção da área de trabalho e dos equipamentos?				x			
		Os planos de limpeza e manutenção da área de trabalho e dos equipamentos estão visíveis?				x			
		É realizado um controlo de stock das matérias-primas?		x					
		<b>Pontuação média: "Garantir que não se faz o que sempre foi feito."</b>						<b>87,5%</b>	
<b>SHITSUKE(Senso autodisciplina)</b>	<b>da</b>	Existiu alguma auditoria 5S anterior à decorrente?				x			
		As áreas de trabalho estão limpas e organizadas por iniciativa dos colaboradores?		x					
		Os colaboradores promovem a melhoria continua?		x					
		Os colaboradores seguem o método 5S?		x					
		<b>Pontuação média: "Ter os outros S como parte do quotidiano para manter a melhoria."</b>						<b>62,5%</b>	
		<b>Média total (%)</b>						<b>86,25%</b>	<b>Pontuação mínima para aprovação: 80%</b>

## Anexo J – Documento de Controlo



## Controlo 5S Secção Suporte à bancada



Semana:	Data:	Colaborador responsável	Resposta (X)		Assinatura (Funcinário responsável)	Assinatura (Supervisor)
<b>Bancada de Apoio</b>			Sim	Não		
As caixas dos moldes estão identificadas e nos lugares correspondentes a cada molde?						
Existem somente caixas de moldes que estão na produção, neste preciso momento?						
A bancada está limpa e sem lixo (sacos vazios, caixas vazias, etc..)?						
O chão em torno da bancada está limpo e sem lixo?						
<b>Armário de Apoio</b>						
O armário está organizado, com o material no respetivo lugar?						
O armário está limpo e sem lixo (sacos vazios, caixas vazias, etc..).						

Semana 9	28-02-2019	Colaborador responsável:	Resposta (X)		Assinatura (Funcinário responsável)	Assinatura (Supervisor)
<b>Bancada de Apoio</b>			Sim	Não		
As caixas dos moldes estão identificadas e nos lugares correspondentes a cada molde?						
Existem somente caixas de moldes que estão na produção, neste preciso momento?						
A bancada está limpa e sem lixo (sacos vazios, caixas vazias, etc..)?						
O chão em torno da bancada está limpo e sem lixo?						
<b>Armário de Apoio</b>						
O armário está organizado, com o material no respetivo lugar?						
O armário está limpo e sem lixo (sacos vazios, caixas vazias, etc..).						

## Anexo K – SMED

Tarefas suprimidas na maquinação da peça B.

Peça B		
Tipo de operação	Tempo (min)	Maquina em execução? S/N
Preparação de peça	6	N
Dúvidas	2	N
Preparação de peça	9	N
Preparação de ferramenta	6	N
Máquina em execução	1	S
Preparação de ferramenta	1	N
Máquina em execução	15	S
Verificação de trabalho	1	N
Preparação de ferramenta	2	N
Máquina em execução	2	S
Preparação de ferramenta	2	N
Máquina em execução	3	S
Verificação de trabalho	1	N
Máquina em execução	4	S
Preparação de ferramenta	5	N
Outros	10	N
Máquina em execução	2	S
Verificação de trabalho	0,5	N
Máquina em execução	4	S
Troca de peça	5	N



Peça B		
Tipo de operação	Tempo (min)	Maquina em execução? S/N
Preparação de peça	6	N
Preparação de peça	9	N
Máquina em execução	1	S
Máquina em execução	15	S
Verificação de trabalho	1	N
Máquina em execução	2	S
Máquina em execução	3	S
Verificação de trabalho	1	N
Máquina em execução	4	S
Máquina em execução	2	S
Verificação de trabalho	0,5	N
Máquina em execução	4	S
Troca de peça	5	N

Tarefas suprimidas na maquinação da peça C.

Peça C		
Tipo de operação	Tempo (min)	Maquina em execução? S/N
Preparação de peça	10	N
Preparação de programa	3	N
Máquina em execução	3	S
Verificação de trabalho	0,5	N
Preparação de ferramenta	0,5	N
Máquina em execução	6	S
Verificação de trabalho	2	N
Máquina em execução	2	S
Verificação de trabalho	1	N
Máquina em execução	1	S
Verificação de trabalho	0,5	N
Preparação de ferramenta	1	N
Máquina em execução	2	S



Peça C		
Tipo de operação	Tempo (min)	Maquina em execução? S/N
Preparação de peça	10	N
Máquina em execução	3	S
Verificação de trabalho	0,5	N
Máquina em execução	6	S
Verificação de trabalho	2	N
Máquina em execução	2	S
Verificação de trabalho	1	N
Máquina em execução	1	S
Verificação de trabalho	0,5	N
Máquina em execução	2	S

## Tarefas suprimidas na maquinação da peça D.

Peça D		
Tipo de operação	Tempo (min)	Maquina em execução? S/N
Troca de peça	24,5	N
Preparação de peça	8	N
Preparação de ferramenta	6	N
Preparação de programa	1	N
Máquina em execução	14,5	S
Verificação de trabalho	1	N
Preparação de programa	1	N
Máquina em execução	8,5	S
Preparação de ferramenta	2	N
Verificação de trabalho	1	N
Máquina em execução	1	S
Preparação de ferramenta	2	N
Máquina em execução	1	S
Verificação de trabalho	2	N
Preparação de ferramenta	1	N
Máquina em execução	28	S



Peça D		
Tipo de operação	Tempo (min)	Maquina em execução? S/N
Troca de peça	24,5	N
Preparação de peça	8	N
Máquina em execução	14,5	S
Verificação de trabalho	1	N
Máquina em execução	8,5	S
Verificação de trabalho	1	N
Máquina em execução	1	S
Máquina em execução	1	S
Verificação de trabalho	2	N
Máquina em execução	28	S