



Departamento
de Engenharia Eletrotécnica

Conceção e Otimização do Processo Produtivo na Industria de Produtos Eléctricos

Relatório de Estágio apresentado para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Eletrotécnica - Área de Especialização em Automação e
Comunicações em Sistemas Industriais

Autor

Luís Carlos Simões Nunes

Orientadora

Doutora Dulce Helena de Carvalho Coelho

IPC-Instituto Politécnico de Coimbra

Supervisor na Empresa

Engenheiro Nelson Simões

EFAPEL, Empresa Fabril de Produtos Eléctricos, S.A.

Coimbra, junho, 2015

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, em especial o Departamento de Engenharia Eletrotécnica, corpo docente e discente pelo apoio prestado e condições proporcionadas ao longo da minha vida académica.

Aos orientadores iniciais de Estágio

À empresa EFAPEL SA, em nome do gerente, o Engenheiro Américo Duarte, pela oportunidade de realização deste Estágio, pelas condições proporcionadas durante o Estágio, disponibilizando todos os recursos necessários para o correto desenvolvimento do mesmo.

A todos os elementos da EFAPEL SA, e restantes colaboradores, pelos ensinamentos, ajuda dispensada.

À minha família e amigos, pelo apoio incondicional concedido ao longo da minha vida pessoal e profissional.

RESUMO

Este relatório tem como principal objetivo a descrição do trabalho realizado durante o Estágio curricular que decorreu na empresa EFAPEL SA – Empresa Fabril de Produtos Elétricos, em Serpins – Lousã, uma empresa que desenvolve e fabrica produtos de qualidade para instalações elétricas de baixa tensão. O estágio enquadrou-se no Mestrado em Engenharia Eletrotécnica - Área de Especialização em Automação e Comunicações em Sistemas Industriais do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra.

Ao longo do trabalho de estágio foram desenvolvidas diversas tarefas na área do processo produtivo da empresa, tendo em vista a promoção da Melhoria Contínua e o incremento da eficácia e da produtividade da EFAPEL. Para além da instalação de posicionadores à prova de erros (*poka yoke*) para evitar a ocorrência de erros humanos, foram remodelados alguns dos equipamentos existentes de modo a permitirem a automatização de algumas tarefas, até então realizadas manualmente, contribuindo, deste modo, para a ergonomia e a eficiência do processo produtivo. Assim, no processo de produção da série estanque, a colocação do bucim na base passou a ser feita de modo automático e no processo de impressão de componentes, os produtos impressos passaram a ser paletizados com o auxílio de um robô de forma a evitar riscos, melhorando a qualidade do produto.

Foi feito o acompanhamento da implementação de uma linha de produção automática de tomadas, com uma cadência de 0,5 peças por segundo, com vista a responder às necessidades do mercado.

No entanto, o objetivo principal deste Estágio centrou-se na conceção e otimização de uma linha de montagem de interruptores de embeber. Essa otimização passou pela identificação e implementação de soluções para aumentar a eficiência no processo produtivo bem como para garantir a qualidade do produto fabricado. Para melhorar a eficiência do processo produtivo procurou-se otimizar o processo de montagem através da análise das tarefas realizadas pelos operadores, com recurso ao *Methods-Time Measurement*, um método de medida do trabalho que utiliza tempos previamente estabelecidos para a execução de procedimentos totalmente influenciáveis pelo elemento humano. Para incrementar a qualidade do produto fabricado foi desenvolvido e implementado um equipamento que permite a realização de um ensaio elétrico a 100% das peças, eliminando a não qualidade gerada por erro humano.

Palavras-Chave: Métodos de Análise de Tempos, Métodos de Tempos Pré-determinados, Melhoria Contínua, Metodologia *Kaizen*, Linha de Montagem, Automatização de Processos.

ABSTRACT

This Internship Report main objective is to describe the work developed during an academic internship at EFAPEL S.A. – Manufacturing Company of Electrical Products, in Serpins – Lousã. EFAPEL develops and manufactures quality products for low voltage electrical installations. This internship is a component of the Master in Electrical Engineering - Automation and Communications in Industrial Systems Specialization Area, taught at the Coimbra Institute of Engineering.

Throughout the internship work various tasks have been developed in the area of the company production process, with the objective of promoting a continuous process improvement and increasing the efficiency and productivity of EFAPEL.

To prevent the occurrence of human errors, some existing equipment has been upgraded, with the automation of some tasks that were previously manually performed, thereby contributing to the ergonomics and efficiency of the production process. In this context, a foolproof installation of Positioners (*poka yoke*) has been implemented, while in the “waterproof series production process” the connection between the gland and the base became an automatic task. In addition, in the “components printing process”, the printed products became palletized with the aid of a robot, in order to avoid risks, improving the quality of the product.

Also during the internship period, the monitoring of the implementation of an “automatic assembly line for wall sockets” was performed. This assembly line has a production rate of 0.5 parts per second, in order to respond to market needs.

However, the main objective of this internship focused on the design and optimization of an “assembly line for wall switches”. This optimization involved identifying and implementing solutions to increase the efficiency in the production process, as well as to ensure the quality of the manufactured product. To improve the efficiency in the production process the mounting process was optimized by analyzing the tasks performed by the human operators using the “Methods-Time Measurement”. This method uses pre-established working times, needed to perform specific procedures that are influenced by the human element. To increase the quality of the manufactured product, special purpose equipment was developed and implemented in the production line, which allows an electrical test to be performed in 100% of the parts, thus eliminating the quality reductions generated by human errors.

Keywords: Methods-Time Measurement, Pre-determined Times Methods, Continuous Improvement, *Kaizen* Methodology, Assembly Line, Process Automation.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	i
RESUMO	iii
ABSTRACT	v
ÍNDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE TABELAS	xi
ABREVIATURAS.....	xiii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivos Propostos.....	4
1.2. Estrutura do Relatório.....	5
2. Métodos de Análise de Tempos	7
2.1. Cronometragem.....	7
2.2. Método das Observações Instantâneas	9
2.3. Métodos de Tempos Pré-determinados	10
2.3.1.Methods-Time Measurement (MTM)	11
3. A Empresa EFAPEL	17
3.1. Organização e Atividades da Empresa	19
3.2. Preocupações Ambientais da Empresa	21
4. Processo Produtivo da EFAPEL	23
4.1. Injeção de plásticos.....	23
4.2. Estampagem de metais	25
4.3. Zincagem ou galvanização eletrolítica	27
4.4. Linha de pintura de peças plásticas robotizada	27
4.5. Impressão	30
4.6. Rebitagem	31
4.7. Roscagem.....	32
4.8. Produção de componentes eletrónicos SMD	32
4.9. Montagem	32
4.9.1. Princípios de processo	33
4.9.2. Fabricação em bancada	34
4.9.3. Princípio de elaboração (fabricação em oficina)	34
4.9.4. Princípio de fluxo	36
4.9.5. Produção em linha contínua	37
4.9.6. Produção em linha com <i>stocks</i> intermédios	37
4.10. Embalagem	38
5. Implementação da linha de produção de interruptores de embeber	40
5.1. Análise MTM para o interruptor unipolar da série 21	42
5.2. Implementação da Linha de Produção	46
5.3. Teste do Produto	50

5.3.1. Descrição do equipamento de ensaio elétrico	50
5.3.2. Características gerais do equipamento de ensaio elétrico	51
5.3.3. Elementos do equipamento de ensaio elétrico	52
5.3.4. Descrição do processo de ensaio elétrico.....	52
5.3.5. Ciclo do equipamento de ensaio elétrico	53
5.3.6. Sistemas de segurança	54
5.3.7. Interação homem-máquina.....	61
5.3.8. Conceção e desenvolvimento do equipamento	66
5.3.9. Peças a testar e descrição do teste	68
6. CONCLUSÕES	74
REFERÊNCIAS.....	78
ANEXOS.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1 - Unidade Produtiva de Serpins - Edifício 1.....	17
Figura 3.2 - Unidade Produtiva de Serpins - Edifício 2.....	17
Figura 3.3 - Unidade Produtiva de Serpins - Edifício 3.....	17
Figura 3.4 - Unidade Produtiva do Padrão - Edifício 1.....	17
Figura 3.5 - Produtos EFAPEL.....	18
Figura 3.6 - Secções de apoio e produtivas na Unidade Produtiva de Serpins.....	20
Figura 3.7 - Secções de apoio e produtivas na Unidade Produtiva do Padrão.....	20
Figura 4. 1 - Máquina de moldação por injeção.....	23
Figura 4. 2 - Etapas do processo de injeção.....	25
Figura 4. 3 - Processo de Estampagem.....	26
Figura 4. 4 - “grelha” no processo de estampagem progressiva.....	27
Figura 4. 5 - Linha de pintura automática.....	28
Figura 4. 6 - Robô de pintura.....	29
Figura 4. 7 - Estufa de secagem da linha de pintura automática.....	29
Figura 4. 8 - Máquina de impressão LASER.....	30
Figura 4. 9 - Elementos do processo de rebitagem.....	31
Figura 4. 10 - Conformação do rebite no processo de rebitagem.....	31
Figura 4. 11 - Equipamento de roscagem automática.....	32
Figura 4. 12 - Princípios de Processo.....	33
Figura 4. 13 - Princípio de fabricação em oficina.....	35
Figura 4. 14 - Princípio de fabricação em fluxo.....	36
Figura 4. 15 - Produção de bicicletas pelo princípio de linha contínua (mtbbrasil.com.br).....	37
Figura 4. 16 - Princípio de Produção em linha com <i>stocks</i> intermédios.....	38
Figura 4. 17 - Máquina automática de embalagem horizontal.....	39
Figura 5.1 - Interruptor unipolar.....	41
Figura 5.2 - Comutador de lustre.....	41
Figura 5.3 - Interruptor luminoso.....	41
Figura 5.4 - Comando de persiana.....	41
Figura 5.5 - Layout da linha de produção.....	46
Figura 5.6 - Folha de normalização da referência 21011 - Interruptor unipolar.....	47
Figura 5.7 - Folha de normalização da referência 21012 - Interruptor luminoso.....	48
Figura 5.8 - Folha de normalização da referência 21013 - Interruptor com sinalização.....	49
Figura 5. 9 - Linha de produção de interruptores de embeber da série 21.....	50
Figura 5.10 - Equipamento de teste de interruptores da série 21.....	51
Figura 5.11 - Identificação do posicionador.....	53
Figura 5.12 - Caixa de botoneiras.....	61
Figura 5.13 - BEIJER Operator panel iX T4A.....	62
Figura 5.14 - Fluxograma menus consola táctil.....	62
Figura 5.15 - Menu principal.....	63
Figura 5.16 - Seleção do modo de funcionamento.....	64
Figura 5.17 - Seleção do produto.....	64

Figura 5.18 - Seleção dos Comandos Manuais.....	65
Figura 5.19 - Menu Comandos Manuais.....	65
Figura 5.20 - Esquema elétrico - pinos de teste.....	66
Figura 5.21 - Matriz de pinos.	67
Figura 5.22 - Calçadores de teste.....	67
Figura 5.23 - Interruptor unipolar ref.21011.	68
Figura 5.24 - Programa <i>Ladder</i> para o teste do interruptor 21011.	69
Figura 5.25 - Comutador de lustre ref.21061.	71
Figura 5.26 - Programa <i>Ladder</i> para o teste do interruptor 21061.....	72

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Tabela de tempos MTM (1).	14
Tabela 2.2 - Tabela de tempos MTM (2).	15
Tabela 2.3 - Tabela de tempos MTM (3).	16
Tabela 5. 1 - Produtos envolvidos na linha de produção a implementar.....	40
Tabela 5. 2 - Análise MTM para o interruptor unipolar da série 21.	43
Tabela 5. 3 - Avaliação de risco	56
Tabela 5. 4 - Caracterização do perigo.....	58
Tabela 5. 5 - Relação entre PL e a Categoria do SRP/CS	58
Tabela 5. 6 - Legislação e documentos técnicos associados.	60

ABREVIATURAS

CAS - Comissão para o Ambiente e Segurança

HMI - Human-Machine Interface

LASER - Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation

MTM - Methods-Time Measurement

PL - Performance Level - Nível de prestação da função de segurança

PLC - Programmable Logic Controller

SMD - Superficial Mounting Device

SRP/CS - Safety-Related Parts of a Control System

TMU - Time Measurement Unit

UPA - Unidade Produtiva do Padrão

UPS - Unidade Produtiva de Serpins

1. INTRODUÇÃO

Ao longo de vários séculos a produção foi efetuada por artesãos que trabalhavam isoladamente ou agrupados em corporações [1]. Nos nossos dias, raramente a produção é efetuada por um só indivíduo trabalhando isoladamente, generalizando-se a associação dos esforços pelo trabalho em grupo, pela especialização das tarefas e pela divisão do trabalho. Esta evolução trouxe a necessidade de organizar e gerir os meios e as pessoas, para que trabalhem coordenadamente e de forma a atingirem o objetivo final - o produto ou serviço pretendido pelo cliente. Podemos distinguir dois universos de estudo diferentes, em que as formas de organização têm um impacto importante na operacionalidade dos sistemas, nomeadamente o estudo da estrutura organizativa empresarial e o estudo da organização da produção ou do sistema de produção [1]. Neste último, dada a sua dimensão e complexidade, torna-se necessário determinar as funções, os processos, os meios e os métodos e interrelacioná-los e integrá-los, através de informação e comunicação, física e eletrónica, com vista a atingir de forma eficiente e eficaz os objetivos de produção [2].

A globalização e a permanente evolução dos mercados, aliadas à exigência de baixo preço e elevada qualidade, obrigam as empresas a serem inovadoras e flexíveis, apresentarem elevados níveis de qualidade e tempos de resposta reduzidos de modo a promoverem uma melhoria contínua nos seus processos de produção com o intuito de melhorar o seu desempenho [3]. Para o conseguirem, as empresas apoiam-se em recursos tecnológicos para produzirem mais com menores custos e menos desperdício. A padronização dos processos e o controlo dos tempos de trabalho são aspetos fundamentais para que se atinjam esses objetivos.

A aposta deve passar por abrir caminho para a transferência de tecnologia e o investimento na investigação e *know-how* [4]; focar as operações na criação de valor acrescentado no produto e minimizar as atividades que não o criam; apelar à criatividade e inovação dos recursos humanos, potenciando, desta forma, as possibilidades da empresa ganhar não a batalha pela conquista do cliente, mas antes a guerra pela sobrevivência.

Neste contexto, a Melhoria Contínua, definida como “um processo focado na inovação incremental e contínua de toda a empresa” [5], é imprescindível no dia-a-dia de uma empresa que assume o compromisso de entregar produtos e serviços de alta qualidade utilizando processos eficientes. A Melhoria Contínua permite à empresa, enquanto entidades dinâmicas, progredir todos os dias, tornando-as mais capazes, mais fortes e mais flexíveis, correspondendo

às expectativas de todos aqueles que de alguma forma se relacionam com a empresa. Melhorar a produtividade e a qualidade, através da redução dos desperdícios, passou a ser uma iniciativa cada vez mais comum. É desta forma que as empresas pretendem tornar-se competitivas em relação aos concorrentes, atender às exigências do consumidor, reduzir os custos, e, conseqüentemente manter ou aumentar sua participação no mercado interno e incrementar suas exportações. Estas preocupações envolvem não apenas o trabalho humano mas também o binómio homem/máquina, numa constante busca de melhoria, que se traduz no aumento da eficácia e da produtividade dos sistemas industriais.

As etapas que resumem o processo gradual de aprendizagem organizacional que permite alcançar o entendimento e o desenvolvimento da melhoria contínua são apresentadas em [6]: entender os conceitos de melhoria contínua, articulando os seus valores básicos; desenvolver o “hábito” da melhoria contínua, por meio do envolvimento das pessoas e da utilização de ferramentas e técnicas adequadas; criar um foco para a melhoria contínua pela sua ligação com os objetivos estratégicos da empresa; aprender direta e indiretamente a criar procedimentos que sustentem a melhoria contínua; alinhar a melhoria contínua por meio da criação de uma relação consistente entre os valores e procedimentos com o contexto organizacional; implementar ações voltadas para a resolução de problemas; administrar estrategicamente a melhoria contínua promovendo seu aprimoramento; e desenvolver a capacidade de aprendizado de como fazer a melhoria contínua em todos os níveis e funções da organização.

A Melhoria Contínua, também conhecida pela palavra japonesa *Kaizen* [7], é imprescindível no dia-a-dia de uma empresa que assume o compromisso de entregar produtos e serviços de alta qualidade utilizando processos eficientes. A metodologia *Kaizen* (resultante da fusão de “Kai” - Mudança e “Zen” - Melhor, ou para melhor), originalmente introduzida no Ocidente por Masaaki Imai [8], leva à implementação de um novo paradigma de organização do trabalho focalizado na criação de fluxo de materiais e de informação, no trabalho orientado em função das necessidades dos clientes, nos zero defeitos e nos zero acidentes. As empresas e organizações que conseguem pôr em prática este novo paradigma alcançam uma vantagem competitiva extraordinária conseguindo atingir um grau de excelência operacional elevado [9].

No contexto empresarial, a metodologia *Kaizen* permite reduzir os custos, melhorar a produtividade e eliminar desperdícios existentes em todas as áreas. Porém, esta prática deve ser trabalhada com todos, pois é uma metodologia que não se concentra somente nas elites. O *Kaizen* é uma atitude que deve ser assumida por toda a estrutura da empresa, desde o nível mais baixo da hierarquia da organização até à administração.

Segundo [10], um programa bem definido de *Kaizen* pode ser dividido em três conceitos essenciais: *Kaizen* orientado para a direção, *Kaizen* orientado para o grupo e *Kaizen* orientado para as pessoas.

- *Kaizen* orientado para a direção: garante progressos na implantação de ações de melhoria e na moral. A direção deve dedicar, pelo menos, 50 por cento do seu tempo a ações de melhoria, para que estas se desenvolvam em todas as áreas da empresa.

- *Kaizen* orientado para o grupo: revela a importância das ações em equipa. A melhoria contínua acontece devido ao envolvimento de todas as pessoas da organização na procura, de forma consistente e sistemática, do aperfeiçoamento dos produtos e dos processos industriais.

- *Kaizen* orientado para as pessoas na forma de sugestões: envolve as pessoas no trabalho através de um sistema de sugestões dinâmico e funcional que pode ajudar na avaliação dos operadores.

Presentemente a metodologia *Kaizen* é reconhecida e aplicada em todo o mundo como um importante pilar da estratégia competitiva de longo prazo para as empresas e organizações. Vários estudos de caso, no horizonte temporal de 1995 a 2008, são apresentados em [7], os quais permitem verificar a eficácia da metodologia *Kaizen* em diferentes campos de aplicações, especialmente nas indústrias transformadoras. O sucesso da metodologia *Kaizen* na fábrica da General Motors na Polónia, confirmado pelo elevado envolvimento dos funcionários tanto na melhoria do posto de trabalho individual como em todo o processo produtivo é relatado em [11] e [12] apresenta o sistema de qualidade implementado numa empresa que fabrica de componentes de automóveis. A metodologia *Kaizen* foi usada para aumentar a produtividade, eliminando os desperdícios com os defeitos o desperdício de processamento. [13] descreve a aplicação da metodologia *Kaizen* a uma empresa metalúrgica que resultou na implementação com sucesso de uma linha de produção sequenciada, que permitiu uma melhor eficiência dos operadores, incentivando uma cultura de expressão em que os empregados apresentaram soluções e inovações ao produto e aos processos operacionais.

Na EFAPEL, o conceito *Kaizen* faz parte da cultura da empresa havendo, por parte da administração, uma grande abertura para o investimento na melhoria dos processos. Estão em prática ferramentas que permitem a resolução de problemas em equipa segundo a filosofia *Kaizen*, tais como os 3C's e os 5 porquês.

Os 3C's respeitam a uma ferramenta simples para resolução de problemas e tem com objetivo a resolução de problemas simples e tem origem nas palavras Caso, Causa e Correção:

- Caso: definição do problema a resolver;
- Causa: análise da causa raiz do problema;
- Correção: definição de um plano de ação para eliminar o caso, definindo as tarefas, os responsáveis e os prazos.

Os 5 porquês fazem parte de uma ferramenta que permite alcançar a verdadeira causa raiz de um problema, fazendo a pergunta “porquê” sucessivamente até chegar à causa raiz.

Está implementado um sistema que permite que todos os colaboradores participem no processo de Melhoria Contínua através da realização de sugestões. Na EFAPEL são realizadas anualmente aproximadamente 300 sugestões, o que demonstra o empenho de todos para o sucesso da Melhoria Contínua e, conseqüentemente, da melhoria da organização.

Ao longo deste trabalho procurámos responder a um conjunto de necessidades vitais para o desenvolvimento da empresa EFAPEL, geradas pelas exigências do mercado:

- Como aumentar a produção sem envolver mais recursos?
- Como reduzir o esforço de cada trabalhador?
- Como fixar objetivos em termos de cadências e tempos por operação?
- Qual a melhor maneira de executar esta tarefa?
- Qual deverá ser o trabalho diário a executar por cada operário para otimizar o trabalho do grupo?

1.1. Objetivos Propostos

Tendo em vista a promoção da Melhoria Contínua e o incremento da eficácia e da produtividade da EFAPEL, Empresa Fabril de Produtos Elétricos, o presente Estágio teve como objetivo o desenvolvimento de diversas tarefas na área do processo produtivo da empresa.

Neste âmbito, foram instalados posicionadores à prova de erros (*poka yoke*) de modo a evitar a ocorrência de erros humanos. O método *poka-yoke*, criado por Shigeo Shingo em 1961, significa “à prova de erros” e define-se como um método que evita o erro humano no trabalho, não permitindo a produção de peças defeituosas, mesmo que em quantidades muito reduzidas.

Paralelamente à instalação dos posicionadores à prova de erros, foram remodelados alguns dos equipamentos existentes de modo a permitirem a automatização de algumas tarefas, até

então realizadas manualmente, contribuindo, deste modo, para melhorar a ergonomia e a eficiência do processo produtivo. Assim, no processo de produção da série estanque, a colocação do bucim na base passou a ser feita de modo automático e no processo de impressão de componentes, os produtos impressos passaram a ser paletizados com o auxílio de um robô de forma a evitar riscos, melhorando a qualidade do produto.

Fez-se, ainda, o acompanhamento da implementação de uma linha de produção automática de tomadas, com uma cadência de 0,5 peças por segundos, com vista a responder às necessidades do mercado.

No entanto, o objetivo principal deste Estágio centrou-se na conceção e otimização de uma linha de montagem de interruptores de embeber. Essa otimização passou pela identificação e implementação de soluções para aumentar a eficiência no processo produtivo bem como para garantir a qualidade do produto fabricado.

1.2. Estrutura do Relatório

O presente Relatório de Estágio está estruturado em seis capítulos.

Neste primeiro capítulo é feito o enquadramento do trabalho de Estágio, apresentadas as motivações e indicados os principais objetivos. É ainda feita referência à metodologia *Kaizen*, (palavra japonesa para designar Melhoria Contínua) e a sua implementação na EFAPEL.

No segundo capítulo são apresentadas várias ferramentas de análise de tempos e métodos e é feita uma descrição sucinta de cada ferramenta e da sua aplicabilidade. São também apresentadas as razões da seleção do método MTM (*Methods Time Measurement*) a usar na implementação de uma linha de produção.

No terceiro capítulo é feita a apresentação da empresa e da sua organização humana. Faz-se ainda referência às atividades desenvolvidas pela EFAPEL no âmbito da eficiência energética e preservação ambiental.

No quarto capítulo é apresentada uma descrição do processo produtivo de EFAPEL, com uma breve apresentação das secções produtivas da empresa, bem como dos tipos de processo utilizados nas diversas secções.

No quinto capítulo são apresentadas as soluções implementadas na conceção da linha de produção de interruptores de embeber e feita uma descrição dos métodos utilizados para atingir essas soluções. É também apresentada a solução implementada para realizar o teste de conformidade eléctrica aos interruptores fabricados.

No sexto e último capítulo são apresentadas as principais conclusões do trabalho desenvolvido ao longo do Estágio, com uma análise dos resultados obtidos e são sugeridas propostas de trabalho futuro.

2. Métodos de Análise de Tempos

O contexto industrial atual, caracterizado por uma concorrência cada vez mais forte, obriga a uma constante melhoria do desempenho do sistema de produção das empresas. Para a atividade fabril em geral e em particular para as empresas ou linhas de montagem com produção em série, os tempos de produção são de extrema importância, uma vez que são eles que determinam o ritmo da produção [14]. Estando a produtividade intimamente ligada ao tempo e aos métodos de produção, o estabelecimento de tempos padrão¹ para a realização de uma tarefa, através duma análise metódica, permitirá obter informação útil e necessária ao aumento da eficiência, permitindo uma competição eficaz [15]. Quanto maior a eficiência do método escolhido, menor será o tempo e maior será a produtividade da empresa, permitindo maiores remunerações do trabalho, menor custo do produto final [16] e, conseqüentemente, maiores margens de lucro.

O estudo de tempos é uma técnica de medida do trabalho que permite registrar os tempos e os fatores de atividade para os elementos de uma dada operação, executada em determinadas condições, e analisar os dados recolhidos, a fim de se planejar a mão-de-obra em qualquer sistema produtivo [17]. Nos últimos anos, a competição exacerbada no mercado tornou indispensável a determinação do tempo padrão exato dos produtos industriais [18]. Os métodos de análise de trabalho começaram a ser utilizados em larga escala nos países industrializados nos anos 30 do século passado [19]. A utilização de diferentes metodologias de medição de trabalho para calcular o tempo padrão é relatada em diversos estudos [15,16,18,20,21,22].

Descrevem-se, neste capítulo, as principais métodos usados para o estudo dos tempos e para a determinação de padrões de tempo, com especial destaque para o método usado na linha de montagem implementada ao longo do trabalho de Estágio.

2.1. Cronometragem

A cronometragem é um dos métodos mais usados na indústria para medir o trabalho e consiste, basicamente, na realização de observações diretas, isto é, observações feitas junto do

¹ Tempo padrão - quantidade de tempo requerido para a realização de uma tarefa específica, por um trabalhador qualificado, utilizando um determinado método e trabalhando num determinado ambiente. Inclui o tempo de trabalho requerido para uma tarefa com margens para atrasos pessoais, acontecimentos e atrasos imprevisíveis, repouso e necessidades pessoais [23].

posto de trabalho em análise. A medição das observações diretas é realizada através de um aparelho de medida (o cronómetro) que determinará o tempo exigido para a execução de uma dada tarefa [1, 17, 24].

A técnica de cronometragem é usada em tarefas manuais ou semiautomáticas, em tarefas de ciclos curtos e repetitivos e em tarefas que decorrem integradas no trabalho corrente da empresa e é utilizada para determinar o tempo requerido, por um trabalhador qualificado e treinado, para realizar uma tarefa trabalhando a um ritmo normal [1].

A metodologia usada na técnica da cronometragem envolve 8 passos principais [23]:

1. Divisão da operação em elementos (elementos repetitivos, elementos ocasionais regulares e irregulares, elementos constantes e variáveis, elementos preponderantes, elementos máquina, de duração independente do operador e elementos homem, com duração controlada pelo operador);

2. Registo dos tempos observados requeridos para cada elemento (para o estudo dos tempos podem ser utilizados dois modelos de cronómetro: o cronómetro com retorno a zero e partida automática, com registo da duração real de cada elemento, e o cronómetro vulgar de leitura contínua, com registo do valor lido no fim de cada elemento e cálculo dos tempos reais por diferença);

3. Obtenção do número de ciclos a medir, de acordo com os níveis de precisão e confiança exigidos (para a determinação da dimensão da amostra e uma vez que o tempo requerido para uma operação varia de ciclo para ciclo, o analista deve incluir um número suficiente de ciclos de forma a possuir uma representação adequada da população estatística que pretende medir);

4. Determinação do tempo médio para cada elemento (com base nos tempos registados, o tempo médio para cada elemento será o tempo estatisticamente representativo);

5. Atribuição de um ritmo de trabalho do operador utilizado no estudo a cada elemento considerado (a cada elemento de trabalho deve ser atribuído um fator de atividade que pretende relacionar o ritmo de trabalho do operador medido com o ritmo dum trabalhador representativo e qualificado, de modo a extrapolar os resultados obtidos e obter um tempo padrão universal);

6. Cálculo do tempo normal da operação (o tempo normal é definido como o tempo médio corrigido pela avaliação do ritmo de trabalho, de acordo com o sistema usado para estimar o ritmo);

7. Determinação das margens de tempo a atribuir (o tempo padrão será obtido a partir do tempo normal corrigido com as considerações de tolerância. A determinação do fator de tolerância tem por base as interrupções no trabalho provocadas por fatores pessoais, esperas inevitáveis para o operador, fadiga e tolerâncias especiais);

8. Cálculo do tempo padrão o tempo padrão será determinado através dos valores do tempo normal de operação e do fator de tolerância calculados anteriormente).

2.2. Método das Observações Instantâneas

O método das observações instantâneas, também designado por amostragem do trabalho ou sondagem [1, 17], é uma técnica de medida do trabalho que requer a observação direta do trabalho, mas não necessita de um estudo cronometrado para definir padrões [23, 24]. Esta técnica aplica-se a processos de trabalhos que não tenham carácter repetitivo, ou que sendo cíclicos, os ciclos sejam longos (horas ou dias), que tornam as cronometragens desapropriadas ou, pelo menos, muito onerosas [1]. As observações instantâneas são indicadas para atividades muito diversas, que variem de dia para dia e são utilizadas intensamente nas seguintes áreas: medição de tempos de trabalho e de “não trabalho” para determinar margens de repouso e margens para necessidades pessoais; estimativa do nível de ocupação de máquinas e dos níveis de utilização de ferramentas; estimativa da percentagem de tempo afeta a cada atividade; medição do tempo devotado a uma operação e determinação de um tempo padrão.

O método das observações instantâneas consiste em obter um número de observações, intermitentes, instantâneas e espaçadas aleatoriamente, de uma atividade para, a partir daí, inferir percentagens de tempo e tempos devotados a cada elemento da atividade [23, 24]. Permite obter, para um dado esforço de observação, uma imagem mais perfeita do que as demais técnicas, visando três objetivos principais [17]: determinar as percentagens relativas dos tempos de atividade e de inatividade de homens e de máquinas; estabelecer um índice de atividade (ou ritmo de trabalho) durante os períodos de atividade; medir o trabalho, ou seja, estabelecer um tempo-padrão para uma dada operação.

Para tal, a metodologia usada na técnica das observações instantâneas envolve 3 passos principais [23, 24]:

1. Identificação e registo das condições iniciais;

2. Identificação e definição do conjunto de estados do operador que se pretende observar e medir. Cada estado deve ser perfeitamente identificável através de observação direta de modo a que em cada observação apenas surja um estado;

3. Registo do estado do operador para cada observação aleatória.

O cálculo da precisão da amostra tem um papel muito importante, pois dele depende o número de observações a efetuar, fator que determinará a duração do estudo e a aleatoriedade das observações, parâmetros determinantes na aplicação da metodologia.

A precisão do estudo depende da finalidade, embora haja alguma amplitude na sua especificação. O analista pretende obter resultados satisfatórios sob o ponto de vista da precisão, mas ao mesmo tempo não quer fazer um número excessivamente grande de observações. É necessário determinar antecipadamente o número de observações a realizar para um dado grau de precisão [17].

2.3. Métodos de Tempos Pré-determinados

Os métodos de tempos pré-determinados são métodos de medida do trabalho que utilizam tempos previamente estabelecidos para a execução de procedimentos totalmente influenciáveis pelo elemento humano (classificados segundo a natureza do movimento e as condições nas quais são executados), com o objetivo de obter o tempo exigido para a execução de uma determinada tarefa, com um rendimento bem definido [1, 25]. O estudo de cada uma das fases constituintes de uma operação, tendo em vista os movimentos a efetuar, constitui uma das principais vantagens dos sistemas de tempos pré-determinados. Esta característica permite o aperfeiçoamento dos métodos de trabalho conseguido, por exemplo, através da identificação de movimentos inúteis que podem mais facilmente ser eliminados ou pela substituição de movimentos por movimentos de menor duração [1].

Outra vantagem da aplicação dos métodos de tempos pré-determinados são enumeradas em [1]:

- Permitem a avaliação dos métodos de trabalho implementados sem a necessidade de esperar pela sua implementação prática ou que esteja completo o período de aprendizagem associado à tarefa em causa;

- Permitem o cálculo do tempo-padrão para a execução de uma dada operação mesmo antes de esta ser de facto executada;

-
- Evitam o julgamento de atividade dos executantes para a determinação de tempos normalizados, reduzindo assim parte da componente subjetiva e conseqüentemente tornando mais coerente a determinação dos tempos-padrão para determinada operação.
 - Auxiliam na conceção dos postos de trabalho, permitindo a análise da eficiência conseguida com a utilização de diferentes ferramentas, a comparação de diferentes arranjos espaciais e o efeito que estes têm no tempo de execução obtido;
 - São particularmente úteis para a definição dos tempos de execução de elementos repetitivos e de muito curta duração, geralmente difíceis de cronometrar com um nível aceitável de precisão;
 - Permitem estabelecer um plano de formação mais rápido para os executantes, por intermédio da definição detalhada do método a adotar para cada operação.

Vários sistemas de tempos pré-determinados foram desenvolvidos, sendo os mais conhecidos: “Methods Time Measurement” (MTM), “Work-Factor” (WF), “Motion-Time-Analysis” (MTA) e “Basic Motion Time Study” (BMT). Faz-se aqui referência apenas ao sistema de tempos “Methods Time Measurement”, usado ao longo do trabalho de Estágio e o método mais difundido [19, 26]. [19] adianta que o MTM se tornou o sistema de tempos pré-determinados mais vulgarizado devido ao facto de ter sido publicamente disponibilizado sem exigências económicas ou judiciais por parte do autor.

2.3.1.Methods-Time Measurement (MTM) ²

O MTM é um sistema de tempos pré-determinados desenvolvido por H. B. Maynard, G. J. Stegemerten e J. L.Schwab em 1948. Tem como base o estudo de tempos e movimentos para melhorar as operações numa linha de produção. Segundo os autores, a sua definição é a seguinte: “analisa qualquer operação manual ou método nos movimentos básicos requeridos para serem realizados e associa a cada movimento um padrão de tempo pré-determinado que seja estipulado pela natureza do movimento e as condições sob as quais é realizada.

O sistema MTM é largamente utilizado nas indústrias europeias, especialmente na Alemanha e na Suécia, e nalgumas empresas brasileiras [27, 28]. O MTM possibilita definir o

² Parcialmente baseado em [24].

tempo padrão de cada parte desse movimento, compondo depois o tempo do movimento completo.

Com este método é possível determinar a capacidade de produção de uma linha de montagem. Avalia-se com maior precisão o espaço necessário e o número de pessoas a serem contratadas. Numa linha de produção já estabelecida, o MTM é uma grande ferramenta para diminuir a influência das restrições na produção.

O principal resultado é a eliminação dos desperdícios com conseqüente diminuição dos custos de produção. Por outras palavras, pode ser definido como uma metodologia de análise de tempos e métodos de trabalho, em situações de restrição, para eliminação de desperdícios.

O objetivo do estudo dos movimentos é a determinação do melhor método para execução de um trabalho, mediante a análise dos movimentos feitos pelo operador durante a operação. Procura-se eliminar todos os movimentos que não concorrem realmente para o desenvolvimento e progresso do trabalho.

Segundo MTM o tempo de execução de uma atividade, desde que se considerando a mesma tarefa, com aptidão, com operacionalidade, e dentro dos limites corretos de trabalho das pessoas envolvidas no processo, depende exclusivamente do método empregado.

Pode-se comentar que, além dos itens mencionados anteriormente, a metodologia MTM considera nos movimentos executados, as variáveis: distância do movimento e grau de dificuldade, encontrando um grande campo de aplicação:

- Estimativas de custos;
- Estabelecimento dos Tempos padrões;
- Melhoria de Métodos Existentes;
- Desenvolvimento de fórmulas de tempo para dados pré-determinados;
- Orientação do projeto ao produto;
- Desenvolvimento de projetos de ferramentas eficientes;
- Seleção de equipamento eficiente;
- Otimização dos procedimentos;
- Redução de custos de produção pela maior produtividade;
- Melhoria da ergonomia no posto de trabalho, graças ao estudo científico dos movimentos;
- Estabelecimento de melhor método de trabalho e o tempo-padrão de execução das tarefas;
- Previsão das necessidades de meios auxiliares de produção;

- Orientação para o desenvolvimento do projeto de meios auxiliares;
- Seleção adequada de máquinas e equipamentos;
- Dados reais para realizar o balanceamento de linhas de produção.

Por isso, o MTM é aplicável tanto a empresas industriais como a empresas de logística, bem como nas oficinas de reparação como em empresas de serviços ou do sector público ou administrativo.

Sendo um dos objetivos do trabalho de Estágio pré determinar tempos de modo a definir e balancear os postos de trabalho constituintes de uma linha de produção que se pretende implementar, optámos pela utilização do método MTM, por se afigurar o método mais adequado para a pré determinação de tempos quando sabemos quais são as tarefas a realizar e queremos tomar decisões de forma a otimizar o fluxo de trabalho e a ergonomia nos diversos postos de trabalho.

Nas tabelas 2.1 a 2.3 apresentam-se os tempos normalizados MTM, ou seja os tempos necessários para efetuar um movimento elementar de acordo com o tipo, a distância e a dificuldade do movimento.

A unidade de tempo adotada na Tabela MTM é o TMU, que significa unidade de medida de tempo (Time Measurement Unit). Essa unidade é $1/100.000$ hora = 1 TMU

Tabela 2.1 - Tabela de tempos MTM (1).

	MTM Tabela de Tempos Normalizados Associação Alemã de MTM Elbchaussee 352, 22609 Hamburg Tel.: (0049) 40-823011 -m Fax.: (0049) 40-826594	
---	--	---

A utilização desta Tabela sem os conhecimentos básicos de MTM poderá conduzir o usuário a resultados falsos				
Os valores de Tempo desta Tabela correspondem ao Grau de Rendimento 100% conforme LMS	Unidades de Tempo			
	TMU	Segundo	Mnuto	Hora
	1	0,036	0,006	0,00001
	27,8	1	-	-
	1666,7	-	1	-
10000	-	-	1	

		Movimentos Básicos Simultâneos																									
		Separar D		Juntar P						Pegar G				Mover M				Alcançar R									
		2	1E 1D	1NS 2SS 2ns		1SS 2S		1S		4		1B 1C		1A 2 5		C		B		A Bm		C D		B		A E	
D	E	D	E	D	E	D	E	D	E	O	W	O	W	O	W	O	W	O	W	O	W	O	W	O	W		
Alcançar R	A, E			X	X	X										X	X										
	B	X					X	X	X			X	X									X					
	C, D		X											X									X	X			
Mover M	A, Bm			X	X	X																					
	B	X						X	X	X			X	X													
	C, D		X											X													
Pegar G	1A, 2, 5																										
	1B, 1C																										
	4																										
Juntar P	1S																										
	1SS, 2S																										
	1NG, 2SS, 2NS																										
Separar D	1E, 1D																										
	2																										

Movimentos Básicos que não figuram nessa tabela

Possibilidade de execução simultânea:

<input type="checkbox"/> Fácil	W = Dentro do Campo Normal de Visão	T = Torcer - Normalmente fácil com todos os Movimentos Básicos, exceto quando o Torcer for controlado ou houver um separar
<input type="checkbox"/> Difícil	O = Fora do Campo Normal de Visão	AP = Prevenir - Verificar cada caso
<input checked="" type="checkbox"/> Com prática	E = Manejo fácil	P3 = Juntar - Sempre difícil
	D = Manejo difícil	D3 = Separar - Normalmente difícil
		RL = Soltar - Sempre fácil

Funções Visuais		
Símbolo	TMU	Descrição
ET	T 15,2 = D Max. 20,0	Movimento dos Olhos (Eye Travel) T = Distância entre os pontos observados D = Distância dos olhos à linha dos pontos observados
EF	7,3	Examinar (Eye Focus)

Tabela 2.2 - Tabela de tempos MTM (2).

Ext. do Mov. Em cm	Tempo Normalizado em TMU							Descrição dos Casos
	R-A	R-B	R-C R-D	R-E	mR-A R-Am	mR-B R-Bm	m - Valor para B	
até 2	2,0	2,0	2,0	2,0	1,6	1,6	0,4	A - Alcançar um objeto solitário que se encontra sempre exatamente no mesmo lugar, que está na outra mão ou sobre o qual a outra mão repousa
4	3,4	3,4	5,1	3,2	3,0	2,4	1,0	
6	4,5	4,5	6,5	4,4	3,9	3,1	1,4	
8	5,5	5,5	7,5	5,5	4,6	3,7	1,8	
10	6,1	6,3	8,4	6,8	4,9	4,3	2,0	
12	6,4	7,4	9,1	7,3	5,2	4,6	2,6	B - Alcançar um objeto solitário, que de ciclo em ciclo da operação se encontra em lugar diferente
14	6,8	8,2	7,9	7,8	5,5	5,4	2,6	
16	7,1	8,8	10,3	8,2	5,8	5,9	2,9	
18	7,5	9,4	10,8	8,7	6,1	6,5	2,9	
20	7,8	10,0	11,4	9,2	6,5	7,1	2,9	
22	8,1	10,5	11,9	9,7	6,8	7,7	2,8	C - Alcançar um objeto que se encontra misturado com outros iguais ou diferentes, sendo necessário sua escolha.
24	8,5	11,1	12,5	10,2	7,1	8,2	2,9	
26	8,8	11,7	13,0	10,7	7,4	8,8	2,9	
28	9,2	12,2	13,6	11,2	7,7	9,4	2,8	
30	9,5	12,8	14,1	11,7	8,0	9,9	2,9	
35	10,4	14,2	15,5	12,9	8,8	11,4	2,8	D - Alcançar um objeto muito pequeno ou que exija um pegar exato ou com cuidado
40	11,3	15,6	16,8	14,1	9,6	12,6	2,8	
45	12,1	17,0	18,2	15,3	10,4	14,2	2,8	
50	13,0	18,4	19,6	16,5	11,2	15,7	2,7	
55	13,9	19,8	20,9	17,8	12,0	17,1	2,7	
60	14,7	21,2	22,3	19,0	12,6	18,5	2,7	E - Colocar a mão em local indeterminado para obter o equilíbrio, para preparar-se para o próximo movimento, ou para retirar a mão da zona de trabalho
65	15,6	22,6	23,5	20,2	13,5	19,9	2,7	
70	16,5	24,1	25,0	21,4	14,3	21,4	2,7	
75	17,3	25,5	26,4	22,6	15,1	22,8	2,7	
80	16,2	26,9	27,7	23,9	15,9	24,2	2,7	

Pegar G (Grasp)

Símbolo	TMU	Descrição dos Casos
G1A	2,0	Pegar um objeto fácil de pegar, que se encontre solitário
G1B	3,5	Pegar um objeto muito pequeno ou um objeto plano que se encontra sobre uma superfície plana
A1C1	7,3	> 12 mm
G1C2	8,7	6 até 12 mm
G1C3	10,8	< 6 mm
G2	5,6	Repegar: Mudar o ponto de controle de um objeto, sem perder o controle do mesmo
G3	5,6	Transferir: Uma mão assume o controle de um objeto, enquanto a outra mão deixa de controlá-lo
G4A	7,3	> 25 x 25 x 25 mm
G4B	9,1	6 x 6 x 3 até 25 x 25 x 25 mm
G4C	12,9	< 6 x 6 x 3 mm
G5	0,0	Pegar por contato: Conseguir o controle suficiente sobre um objeto através do contato, de forma a poder executar o movimento básico seguinte

Soltar - RL (Release)

Símbolo	TMU	Descrição
RL1	2,0	Através da abertura dos dedos

Símbolo	TMU	Descrição
RL2	0,0	Através da eliminação do contato

Fonte: REFA (1994a)

Tabela 2.3 - Tabela de tempos MTM (3).

Ext. do Mov. Em cm	Tempo Normalizado em TMU					Com Esforço Físico			Descrição dos Casos
	M-A	M-B	M-C	Mm-b m-Bm	m-valor para B	Peso em Kg	Fator W	Cis. SC	
até 2	2,0	2,0	2,0	1,7	0,3				A - Mover um objeto para a outra mão ou contra um encosto
4	3,1	4,0	4,5	2,8	1,2	1	1,00	0,0	
6	4,1	5,0	5,8	3,1	1,9	2	1,04	1,6	
8	5,1	5,9	6,9	3,7	2,2	4	1,07	2,8	
10	6,0	6,8	7,9	4,3	2,5	6	1,12	4,3	
12	6,9	7,7	8,8	4,9	2,8	8	1,17	5,8	
14	7,7	8,5	9,8	5,4	3,1	10	1,22	7,3	
16	8,3	9,2	10,5	6,0	3,2	12	1,27	8,8	
18	9,0	9,8	11,1	6,5	3,3	14	1,32	10,4	
20	9,6	10,5	11,7	7,1	3,4	16	1,36	11,9	
22	10,2	11,2	12,4	7,6	3,6	18	1,41	13,4	
24	10,8	11,8	13,0	8,2	3,6	20	1,46	14,9	
26	11,5	12,3	13,7	8,7	3,6	22	1,51	16,4	
28	12,1	12,8	14,4	9,3	3,5				B - Mover um objeto para um local aproximado ou undeterminado
30	12,7	13,3	15,1	9,8	3,5				
35	14,3	15,5	16,8	11,2	3,3				
40	15,8	15,6	18,5	12,6	3,0				
45	17,4	16,8	20,1	14,0	2,8				
50	19,0	18,0	21,8	15,4	2,6				
55	20,5	19,2	23,5	16,8	2,4				
60	22,1	20,4	25,2	18,2	2,2				
65	23,5	21,5	26,9	19,5	2,1				
70	25,2	22,8	28,5	20,9	1,9				
75	26,7	24,0	30,3	22,3	1,7				
80	26,3	25,2	32,0	23,7	1,5				C - Mover um objeto para um local exatamente determinado

Juntar - P (Position)

Simb.	Ajuste	Descrição	Alinhar mm	Simetria	E	D
P1	Folgado	Desnecessário pressão	$\leq \pm 6,0$	S	5,6	11,2
				SS	9,1	14,7
				NS	10,4	16,0
P2	Justo	Necessário leve pressão	$\leq \pm 1,5$	S	16,2	21,8
				SS	19,7	25,3
				NS	21,0	26,6
P3	Firme	Necessário forte pressão	$\leq \pm 0,4$	S	43,0	48,5
				SS	46,5	52,1
				NS	47,8	53,4

Premir - AP (Apply - Pressure)

Simb.	TMU	Descrição	Componentes		
APA	10,6	Sem repegar	AF + DM + RLF	AF - 3,4	Empregar força
APB	16,2	Com repegar	G2 + APA	DM - 4,2	Tempo mínimo de manter força
				RLF - 3,0	Reduzir força

Separar - D (Disengage)

Simb.	Ajuste	Descrição	E	D
D1	Folgado	Força muito pequena - retrocesso reduzido	4,0	5,7
D2	Justo	Média força - fraco retrocesso, até 10 cm	7,5	11,8
D3	Firme	Força grande - forte retrocesso, acima de 10 cm	22,9	31,7

3. A Empresa EFAPEL

Fundada em 1978 e formada exclusivamente por capital Português, a EFAPEL é constituída por uma equipa de cerca de 300 colaboradores repartidos por 3 modernas unidades industriais com uma superfície total de 18.750 m². Imagens dos edifícios que constituem a empresa EFAPEL são apresentadas nas figuras 3.1 a 3.4.



Figura 3.1 - Unidade Produtiva de Serpins - Edifício 1.



Figura 3.2 - Unidade Produtiva de Serpins - Edifício 2.



Figura 3.3 - Unidade Produtiva de Serpins - Edifício 3.



Figura 3.4 - Unidade Produtiva do Padrão - Edifício 1.

A EFAPEL, S.A. está certificada segundo as normas NP EN ISO 9001 (Gestão da Qualidade), NP EN ISO 14001 (Gestão Ambiental) e OHSAS 18001 / NP 4397 (Gestão de Segurança e Saúde no Trabalho).

Atualmente a EFAPEL exporta para mais de 45 países, estando presente nos quatro cantos do mundo, nomeadamente: Alemanha, França, Rússia, Bélgica, Holanda, Grécia, Singapura, Vietname, México, Costa Rica, Argentina, Chile, Perú, Angola, Cabo Verde e Moçambique.

A EFAPEL desenvolve e fabrica produtos de qualidade para instalações elétricas de baixa tensão, tais como, aparelhagens de Embeber, Estanque e Saliente, Calhas Técnicas, Som

Ambiente, DVI (Dados, Voz e Imagem) e Aparelhagem Modular para Quadros Elétricos. Na Figura 3.5 são apresentados alguns dos produtos fabricados nas Unidades Produtivas de Serpins (UPS) e do Padrão (UPA).

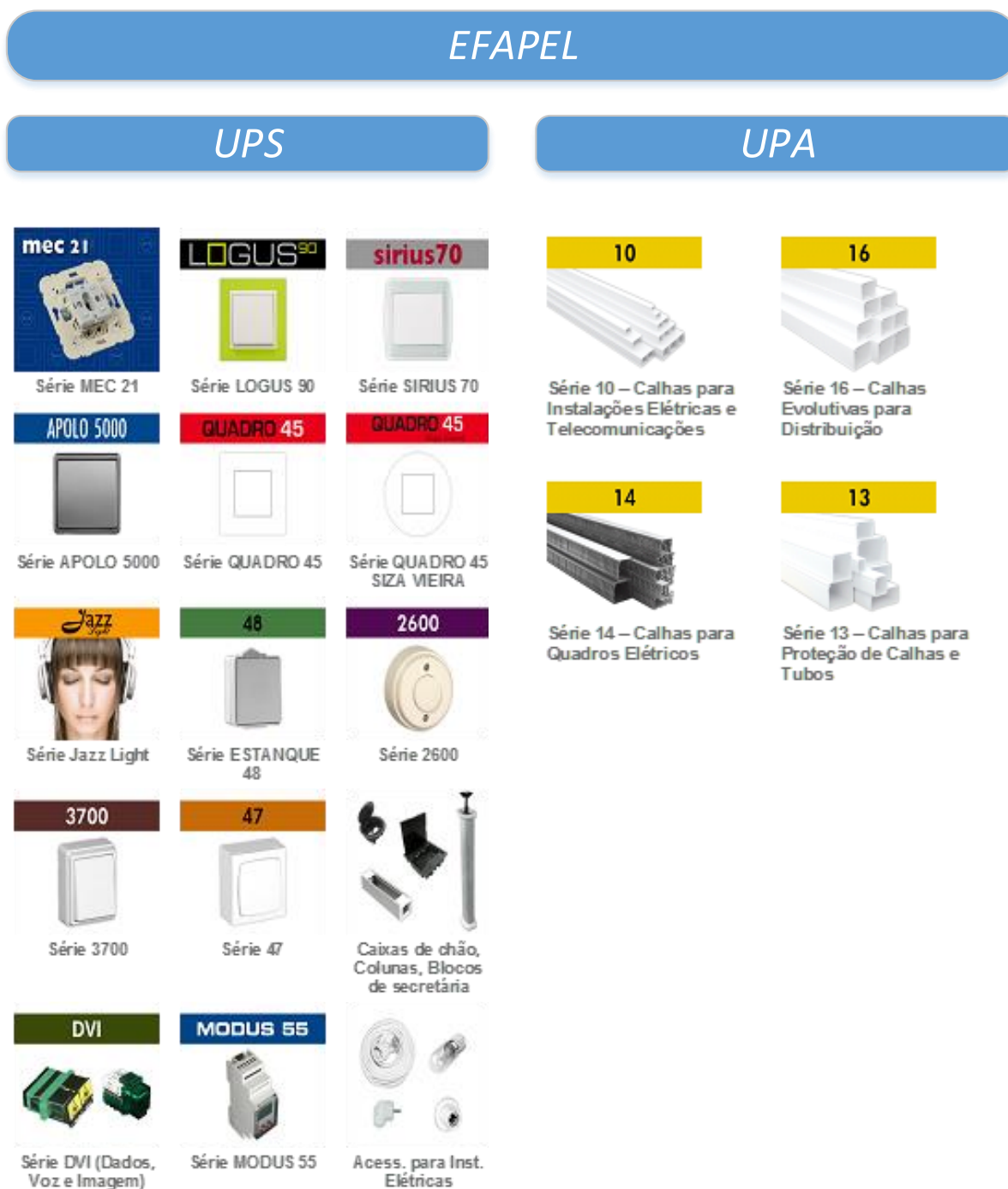


Figura 3.5 - Produtos EFAPEL.

A equipa de Investigação, Desenvolvimento e Inovação dedica-se à pesquisa, conceção e desenvolvimento de soluções que melhor correspondam às necessidades dos Clientes, tendo em mente três princípios orientadores:

- Boa relação Qualidade/Preço;
- Facilidade e Rapidez de Instalação;
- Segurança e Comodidade para o utilizador.

O objetivo da Empresa é oferecer aos clientes uma gama completa de produtos que lhes permita projetar e executar uma instalação elétrica completa.

Sediada em Serpins, a 30 Km de Coimbra, tem uma localização privilegiada no centro de Portugal, permitindo despachar de um modo rápido e eficaz as encomendas dos clientes quer para o Norte, quer para o Sul do país.

O compromisso com o cliente assenta em três pilares que desde sempre regeram a política da EFAPEL: o Produto (conceber e fabricar produtos de Qualidade que correspondam às necessidades e expectativas dos clientes), o Serviço (Servir o Cliente do modo mais rápido e eficaz) e a melhor relação Qualidade/Preço. Deste modo, pretende ser conhecida pela competitividade, fiabilidade dos produtos e eficiência dos serviços que presta aos clientes.

3.1. Organização e Atividades da Empresa

Atualmente, a empresa divide-se em duas Unidades de Produção: a Unidade Produtiva de Serpins, dedicada à produção de aparelhagem elétrica de baixa tensão e acessórios de calha (como sejam os interruptores, tomadas, domótica, acessórios de calha, tomadas R-TV, disjuntores, interruptores diferenciais, DST's, etc) e a Unidade Produtiva do Padrão, dedicada à produção de calha técnica.

A Unidade Produtiva de Serpins (UPS) é composta por doze departamentos de apoio à produção por dez secções produtivas, conforme descrição apresentada na Figura 3.6.

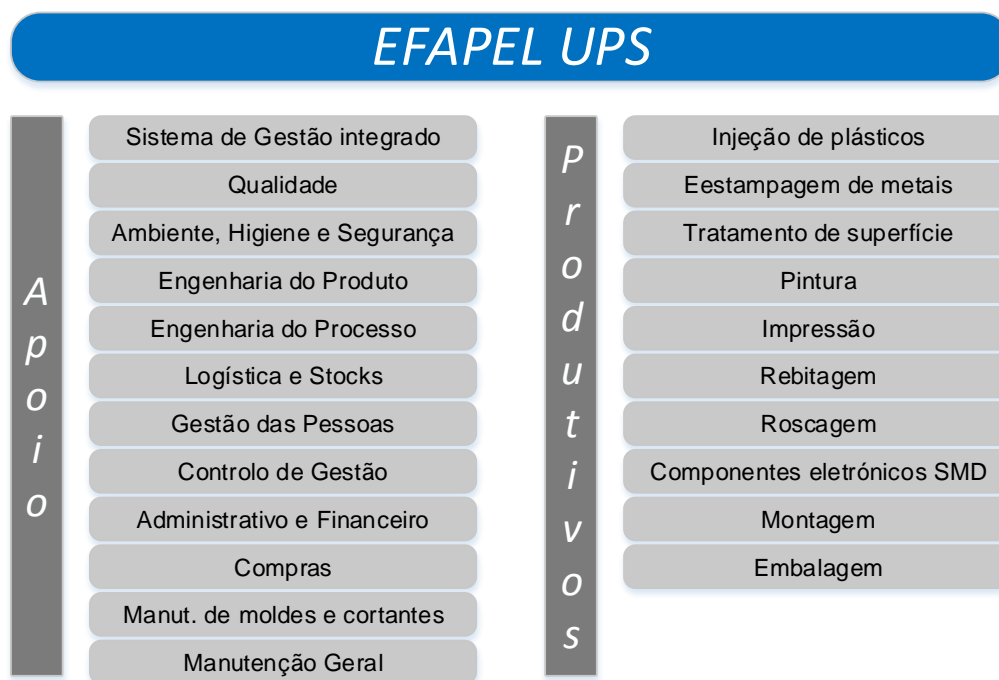


Figura 3.6 - Secções de apoio e produtivas na Unidade Produtiva de Serpins.

A Unidade Produtiva do Padrão (UPA) é composta por quatro departamentos de apoio à produção e por três secções produtivas conforme descrição apresentada na Figura 3.7.

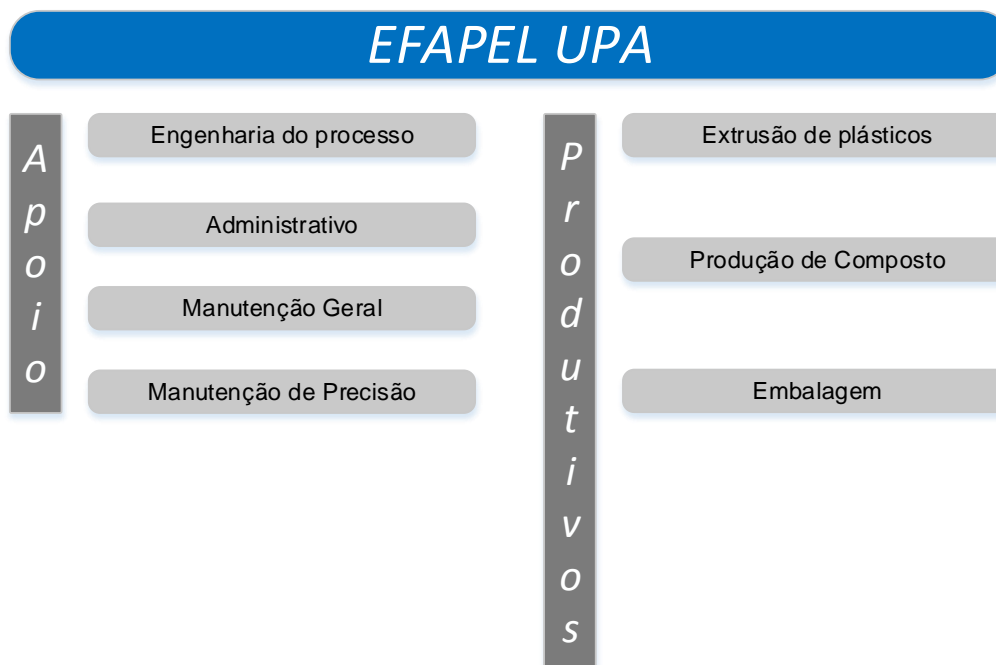


Figura 3.7 - Secções de apoio e produtivas na Unidade Produtiva do Padrão.

Os 300 colaboradores da EFAPEL estão repartidos pelos diferentes departamentos anteriormente referidos.

3.2. Preocupações Ambientais da Empresa

A preocupação com a preservação do meio ambiente está cada vez mais presente em toda a sociedade. As empresas, à semelhança de, felizmente, um número crescente de pessoas, sentem cada vez mais a necessidade de tomar medidas que reduzam os impactos ambientais dos seus produtos e dos seus processos produtivos.

Na EFAPEL, o sistema de gestão ambiental tem como objetivo orientar a organização de toda a empresa no sentido de garantir a melhoria contínua do desempenho ambiental.

Assim:

- O material termoplástico utilizado nos produtos é 100% reciclável;
- Todas as embalagens de cartão (de produto, de amostras e de transporte) são 100% recicláveis;
- O tratamento final das embalagens de cartão é assegurado através de contrato com a empresa legalmente especializada - Ponto Verde;
- O tratamento final dos produtos elétricos, abrangidos pela Diretiva RoHS 2002/95/CE, é assegurado através de contrato com a empresa legalmente especializada - ERP Portugal;
- Todos os resíduos gerados são devidamente separados, corretamente armazenados e entregues a entidades autorizadas para o seu transporte, armazenamento e/ou tratamento.

Todos os aspetos ambientais são sistematicamente identificados, avaliados, controlados e monitorizados de modo a garantir a melhoria contínua do desempenho ambiental da EFAPEL.

No seguimento do controlo destes aspetos ambientais são definidas ações de modo a melhorar o desempenho ambiental sempre numa lógica de melhoria contínua.

Algumas das medidas tomadas com o objetivo de a melhorar o desempenho ambiental são seguidamente esquematizadas.

- Redução do consumo de recursos naturais

- Redução do consumo de energia elétrica
 - Instalação de variadores na unidade de tratamento de ar na secção de pintura;
 - Substituição de balastros indutivos por balastros eletrónicos;
 - Otimização do sistema de arrefecimento de águas na injeção.

- Redução do consumo de matérias-primas na injeção

- Reutilização de todos os resíduos provenientes do processo de injeção;
- Incorporação das peças pintadas obsoletas nas misturas plásticas na injeção.

- Poluição sonora

- Insonorização das bombas de vácuo na injeção;
- Medição sistemática de ruído emitido para o exterior.

Na EFAPEL os colaboradores participam ativamente no processo de melhoria do desempenho ambiental, apresentando sugestões, registrando ocorrências ou colocando questões aos elementos da Comissão para o Ambiente e Segurança (CAS) constituída para o efeito.

4. Processo Produtivo da EFAPEL

A EFAPEL cria e produz as melhores opções de aparelhagem e acessórios para instalações elétricas e de dados, voz e imagem. Desde os metais e plásticos até às tomadas e interruptores, as matérias-primas passam por um conjunto de etapas de acordo com o produto a que se destinam.

Os metais são inicialmente estampados, recebem tratamento superficial para lhes conferir a qualidade exigida e são também rebitados e roscados conforme a necessidade. Os plásticos são injetados, impressos, rebitados e finalmente são montados e embalados ficando prontos para entregar ao cliente.

Faz-se de seguida uma descrição mais detalhada dos vários processos que constituem o processo produtivo da EFAPEL.

4.1. Injeção de plásticos

A injeção é um processo de transformação de plásticos. O plástico, na forma de grânulos ou pó, é plastificado na câmara da máquina de injeção. Após a plastificação do polímero, o parafuso atua como um êmbolo, injetando-o num molde, conforme esquematizado na Figura 4.1.

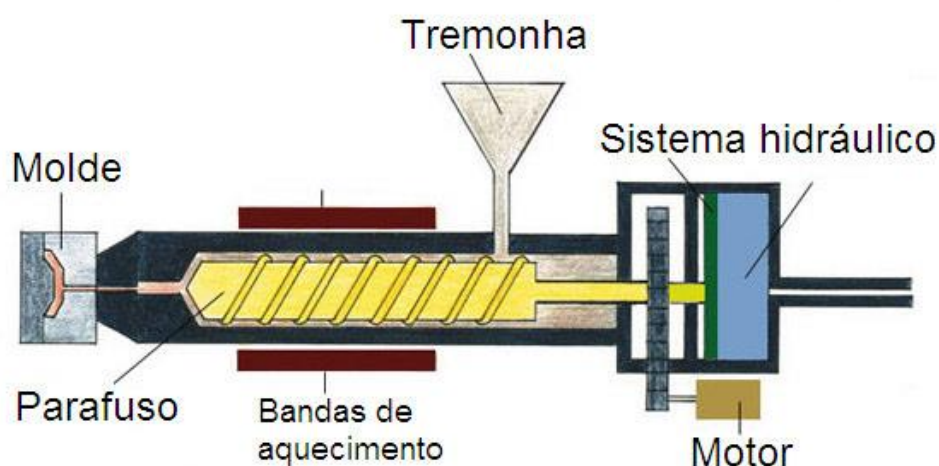


Figura 4. 1 - Máquina de moldação por injeção.

Fonte: <http://teknikrehber.net/enjeksiyon-makinesi-nin-enjeksiyon-unitesi>.

A máquina de moldação por injeção é constituída por um conjunto de 4 sistemas com funções complementares:

1 - Sistema de plasticização: aquecimento, fusão e transporte do material da tremonha para o molde.

2 - Molde: constituído por uma parte fixa e uma móvel, que são mantidas fechadas durante a injeção e são abertas para a extração.

3 - Sistema de trancamento ou fecho: assegura que o molde está fechado durante a injeção; movimenta a parte móvel durante o ciclo de injeção.

4 - Sistema de potência: geralmente um sistema hidráulico acionado por um motor elétrico que fornece a pressão necessária à injeção e aos movimentos do sistema de fecho.

As matérias-primas básicas são as resinas, termoplásticas e termo rígidas.

Resinas Termo rígidas:

Os componentes são misturados no molde ou na máquina e o endurecimento ocorre por meio de reações químicas, chamadas de reações de cura.

Resinas termoplásticas:

A resina é plastificada (amolecida) no interior do cilindro pela rosca e injetada neste estado no molde. No interior do molde, ela é solidificada por meio de resfriamento e, portanto, não ocorrem reações químicas.

Na EFAPEL todos os componentes injetados utilizam matéria-prima termoplástica.

O material líquido entra em contato com a cavidade no formato da peça desejada para que, quando solidificado, fique idêntico à matriz. Depois do processo de injeção do plástico nas cavidades do molde é necessário um pequeno tempo de arrefecimento de modo a completar a solidificação. Esse processo de arrefecimento do produto também pode ser auxiliado por um fluxo de água interno ao molde. Após o processo de arrefecimento o produto é extraído da cavidade do molde, através de um sistema mecânico, denominado de “Sistema de Extração”.

O processo de injeção é um processo cíclico e está dividido em 4 etapas, como ilustrado na Figura 4.2.

1. Fecho - o ciclo inicia-se com o fecho do molde.

2. Injeção - o fuso da máquina avança e injeta o material fundido no molde.
3. Pressurização - o fuso continua com a injeção de material de modo a aumentar a pressão no molde para compensar a contração do material.
4. Extração - consiste na abertura do molde e extração da peça. A peça pode ser extraída por extratores mecânicos, pneumáticos ou hidráulicos, podendo mesmo ser extraída através de um processo manual, não sendo, no entanto, um método que ocorra frequentemente.

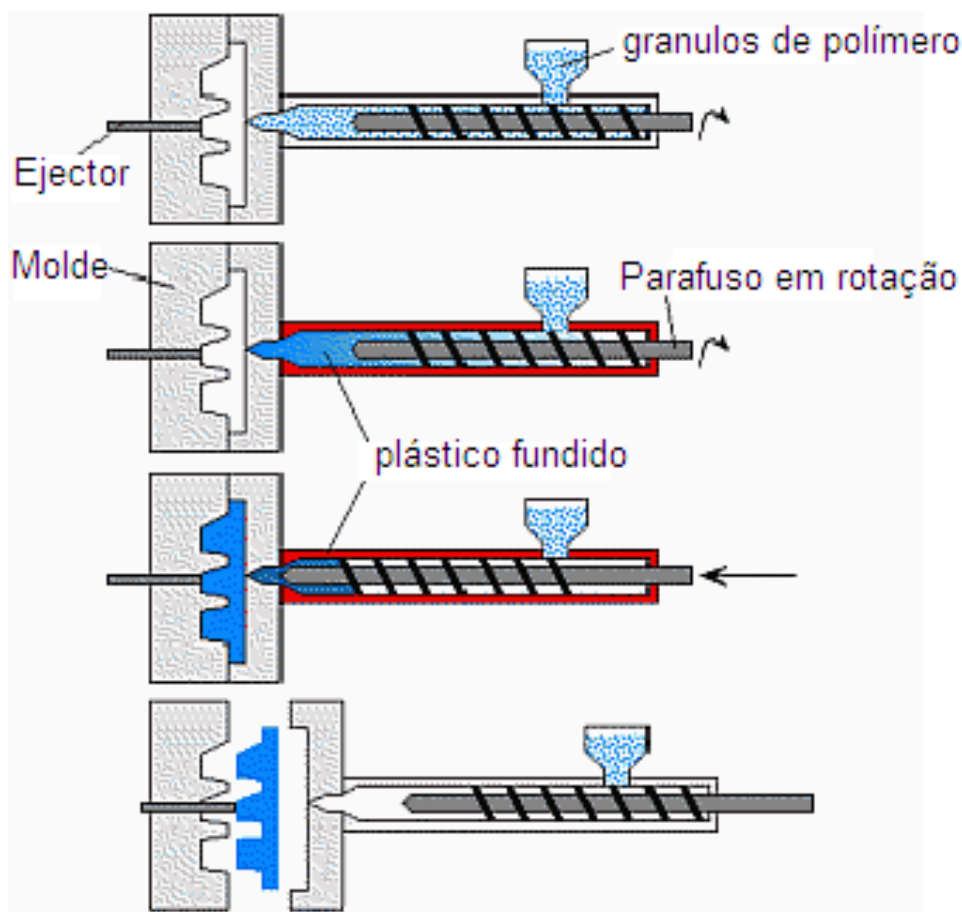


Figura 4. 2 - Etapas do processo de injeção.

Fonte: <http://www.thaileoplastic.com/>

4.2. Estampagem de metais

A estampagem é um processo de conformação mecânica, geralmente realizado a frio. O processo de estampagem engloba um conjunto de operações, onde a chapa plana adquire uma nova forma geométrica, plana ou oca, como se ilustra na Figura 4.3.

As diferentes operações do processo de estampagem são realizadas por meio de prensas que podem ser mecânicas ou hidráulicas, dotadas ou não de dispositivos de alimentação automática das chapas, tiras cortadas, ou bobinas.

Os cortantes são compostos basicamente por um punção e uma matriz. Na prensa, o punção geralmente é preso na parte superior que executa os movimentos verticais de subida e descida. A matriz é presa na parte inferior constituída por uma mesa fixa.

Todos os componentes da ferramenta devem ser resistentes ao desgaste, ao choque e à deformação, ter usinabilidade e grande dureza.

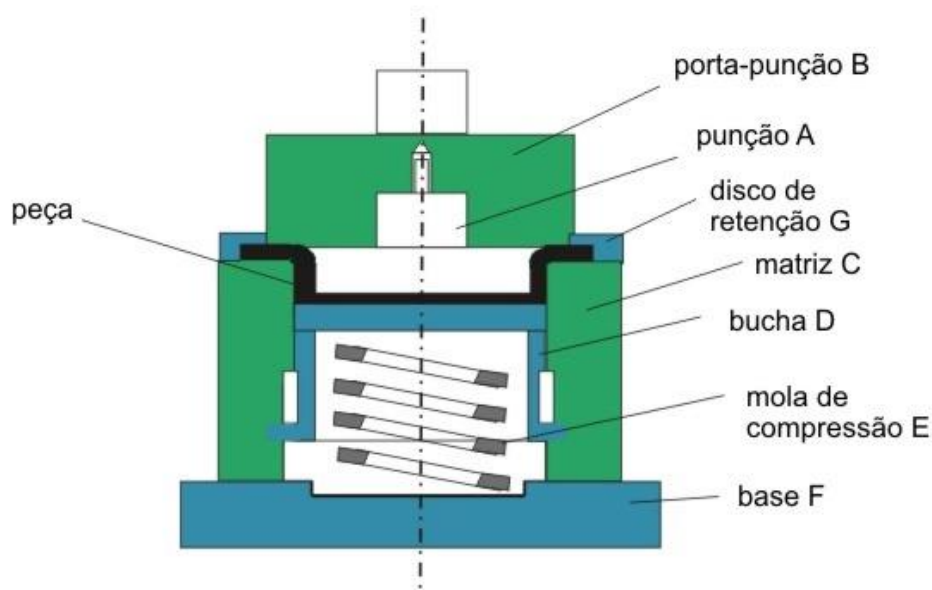


Figura 4. 3 - Processo de Estampagem.

Fonte: http://mmborges.com/processos/Conformacao/cont_html/estampagem.htm

Estampagem progressiva

Este tipo de processo executa, na grande maioria dos casos, várias operações de estampagem, de corte, de puncionagem, etc., numa determinada sequência, apenas numa única ferramenta. Neste caso as operações são sequenciais e acontecem à medida que a tira de chapa vai entrando na prensa. Entre cada golpe da prensa dá-se o deslocamento da tira, designado por passo ou avanço da ferramenta. A peça mantém-se agarrada à tira até à última operação onde se finaliza o corte de contorno separando-se a peça da “grelha” que a mantinha solidária com a

tira (ver Figura 4.4). Durante a produção é possível observar, dentro da ferramenta, diversos estágios de conformação da peça no progressivo.

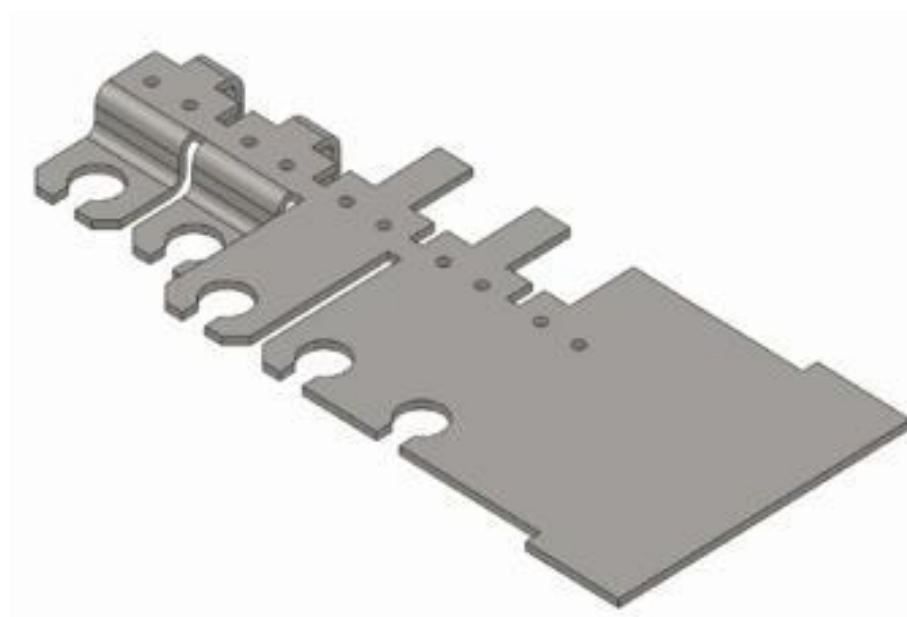


Figura 4. 4 - “grelha” no processo de estampagem progressiva.

Fonte: <http://www.ebah.pt/content/ABAAAfZbQAK/processos-fabricacao-estampagem>

4.3. Zincagem ou galvanização eletrolítica

Neste processo, a partir de uma solução na qual estão dissolvidos sais do metal que se deseja depositar, o zinco é electroliticamente depositado no metal base formando uma camada homogênea, fina e muito aderente, que não influi nas propriedades mecânicas do material.

Caracterizado por uma microestrutura microfacetada em superfície, representativa do aspeto característico dos cristais hexagonais de zinco, o aço eletrozincado não apresenta ligas intermetálicas, sendo este revestimento constituído apenas por zinco puro.

Esta operação confere um acabamento brilhante, decorativo, além de uma boa proteção contra a corrosão e aderência de tinta.

4.4. Linha de pintura de peças plásticas robotizada

Considerando as múltiplas vantagens no sector de atividade da EFAPEL, a robotização dos processos é sem dúvida uma área com muito futuro e, mais ainda, um passo obrigatório para ganhar competitividade e qualidade.

A linha robotizada para a pintura de peças plásticas é constituída pelos seguintes elementos (ver Figura 4.5):

- Zona de carga - Zona onde os bastidores de posicionamento de peças são carregados manualmente por um operador.
- Zona de desionização - Zona onde, através de um sopro de ar desionizado, é retirada a carga estática dos componentes a pintar.
- Sala de bombagem - Zona onde é feito o composto da tinta e enviado, a pressão controlada, para a pistola de pintura.
- Cabine de pintura robotizada - Cabine onde está instalado o robô de pintura e onde são pintados os componentes. Uma imagem do robô de pintura é mostrada na Figura 4.6.
- Estufa de polimerização - Local onde é feita a secagem das peças a uma temperatura controlada, mostrada na Figura 4.7.
- Zona de descarga - Onde os bastidores de posicionamento de peças são descarregados manualmente por um operador.



Figura 4. 5 - Linha de pintura automática.



Figura 4. 6 - Robô de pintura.



Figura 4. 7 - Estufa de secagem da linha de pintura automática.

4.5. Impressão

O termo LASER, acrónimo de “*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*”, isto é, a Amplificação da Luz por Emissão Estimulada de Radiação foi publicado em 1957 por Gordon Gould. LASER refere o processo que produz radiação eletromagnética com características específicas. A radiação é monocromática (com comprimento de onda perfeitamente definido), é coerente (todas as ondas dos fótons que compõe o feixe estão em fase, em oposição à maioria das fontes luminosas comuns) e é colimada (propaga-se em feixe como um feixe de ondas praticamente paralelas).

As extraordinárias características físicas dos raios laser abrem um enorme campo de possibilidades no setor industrial, na qualidade de ferramenta universal para cortar, soldar, gravar e perfurar com eficiência, assim como para o tratamento e revestimento de superfícies.

O feixe de luz é capaz de processar uma variedade de materiais, como aço, alumínio, metais não-ferrosos, cerâmica, vidro, papel, madeira e plástico. Por trabalhar sem contato físico com a peça, o laser é inteiramente isento de atrito, o que garante alta estabilidade de parâmetros e confiabilidade.

A máquina de impressão LASER, cuja imagem é mostrada na Figura 4.8, está instalada num sistema de alimentação por tapete de modo a que, aliado à grande fiabilidade do processo de impressão, permita aumentar a produtividade do processo.



Figura 4. 8 - Máquina de impressão LASER.

4.6. Rebitagem

Os contactos eléctricos são os elementos responsáveis pela condução da energia eléctrica nos interruptores, sendo fabricados em metais condutores como o cobre e suas ligas. Com o objetivo de conferir melhores propriedades de condução eléctrica são aplicados, na zona de contacto, rebites com propriedades de condutividade eléctrica e térmica melhoradas.

O processo de rebitagem é feito utilizando rebitadoras pneumáticas, que realizam o processo através do puncionamento do rebite utilizando uma punção e uma matriz (ver figuras 4.9 e 4.10).

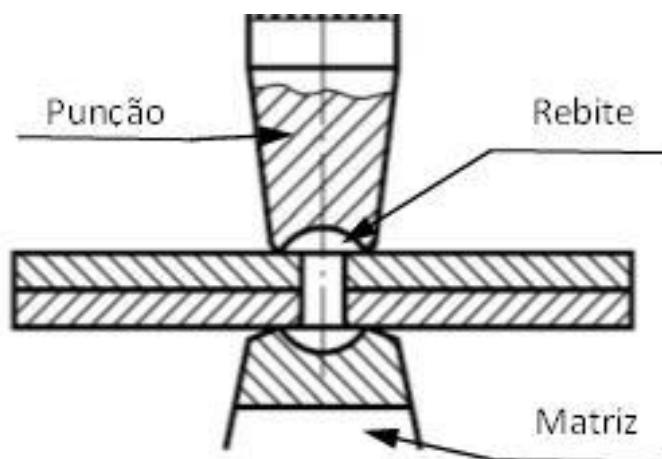


Figura 4.9 - Elementos do processo de rebitagem.

Fonte: http://aasmanutencao.blogspot.pt/2012_11_04_archive.html

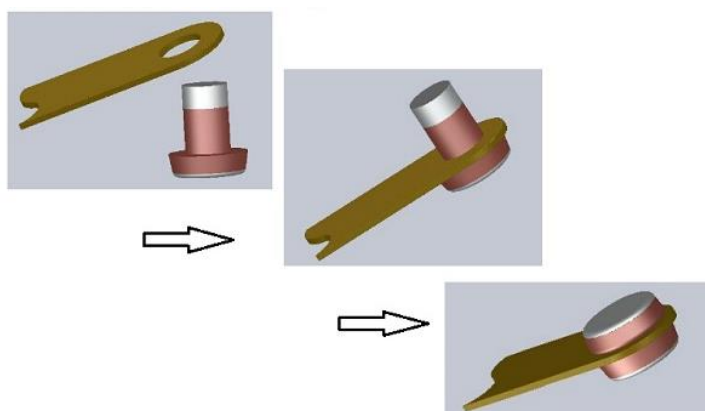


Figura 4.10 - Conformação do rebite no processo de rebitagem.

Fonte: <http://www.silverelectricalcontact.com/sale-2572978-switch-relay-electrical-contacts-riveted-parts-with-brass-stamping.html>

4.7. Roscagem

O processo de roscagem é feito por machos de corte, em equipamentos onde a alimentação, roscagem e extração são feitos de forma automática, como o mostrado na Figura 4.11. Para a alimentação automática das porcas a roscar são utilizados alimentadores eletromagnéticos.

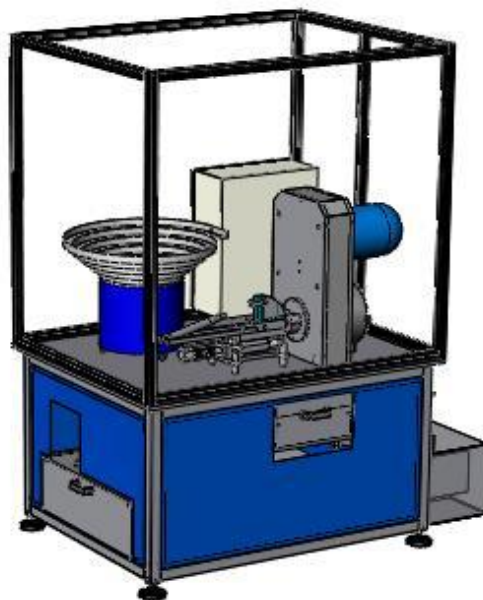


Figura 4. 11 - Equipamento de roscagem automática.

Fonte: http://www.sveautomacao.com.br/de_linha_14.html

4.8. Produção de componentes eletrônicos SMD

A EFAPEL dispõe de uma linha de produção de componentes eletrônicos SMD (*Superficial Mounting Device*), onde são produzidas placas eletrônicas destinadas a diversos produtos maioritariamente na área de domótica e tomadas RTV (Rádio + Televisão).

Nesta linha de produção são utilizados os processos “*pick-and-place*” e soldadura seletiva conforme os elementos a incorporar nas placas.

4.9. Montagem

Na EFAPEL o processo de montagem é predominantemente feito em linhas de produção com o auxílio de equipamentos semiautomáticos, de modo a possibilitar a conformação ergonômica do posto de trabalho. Este processo de trabalho consiste numa sequência contínua

de operações de trabalho localizadas de modo a permitir o fluxo cronológico das operações e do produto, minimizando o tempo de percurso do produto e uma maior eficiência.

4.9.1. Princípios de processo

Os diversos princípios de processo são identificados pelo tipo e forma de divisão de trabalho num ou vários sistemas de trabalho.

Na Figura 4.12 são apresentados exemplos típicos de princípios de processo apresentando-se uma descrição sucinta de cada um deles.

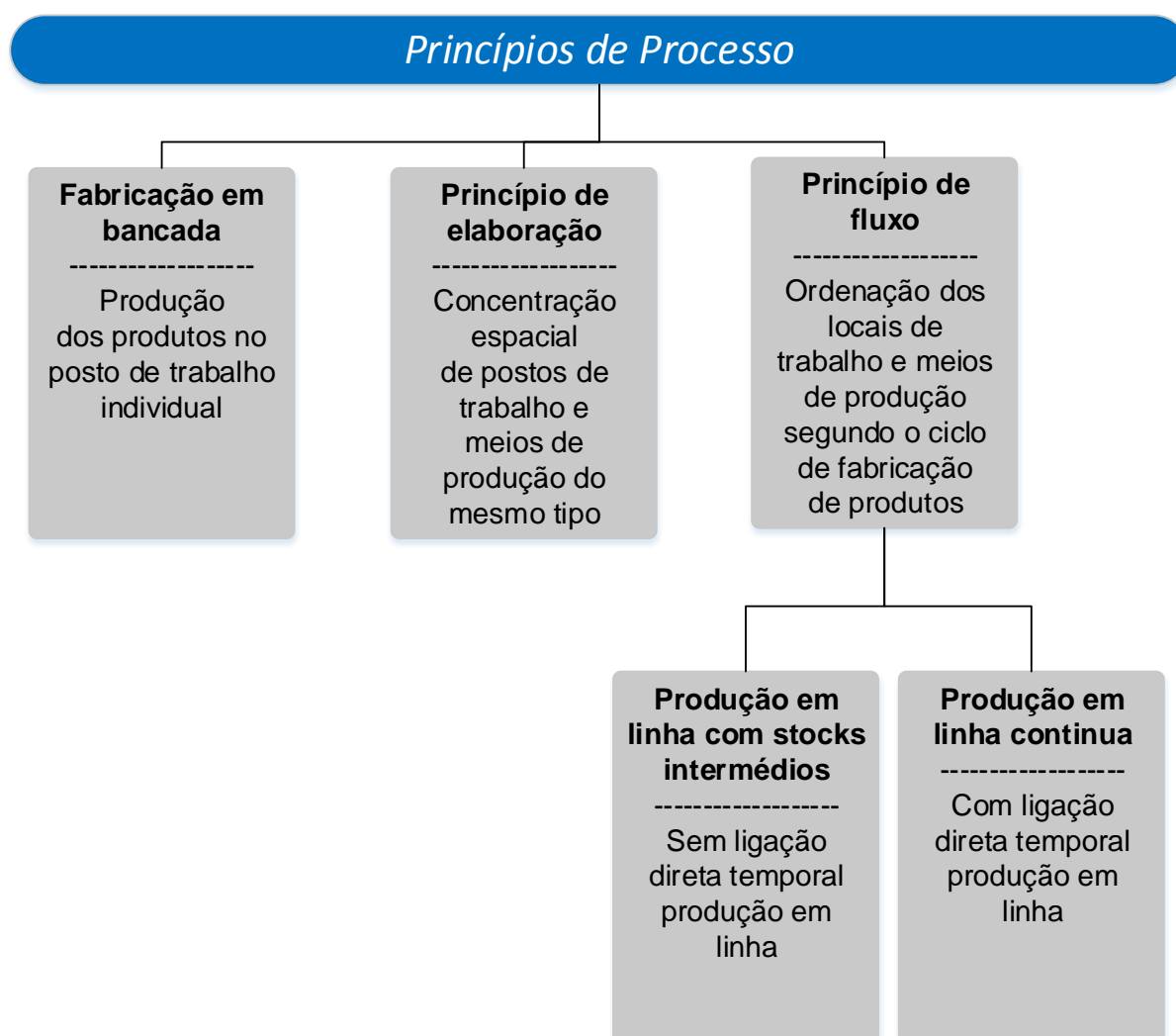


Figura 4. 12 - Princípios de Processo.

4.9.2. Fabricação em bancada

Este princípio de processo consiste em um ou mais postos de trabalho individuais, sem interferência para outros sistemas de trabalho. Trata-se, portanto, de um posto de trabalho no qual os produtos são produzidos do início até ao fim.

A fabricação em bancada é ainda utilizada nalgumas indústrias tais como:

- Produção de moldes de utensílios de cerâmica por um modelador;
- Produção de uma ferramenta por um ferramenteiro;
- Produção de protótipos;
- Reparações em ferramentas e meios de produção.

4.9.3. Princípio de elaboração (fabricação em oficina)

O princípio de elaboração, ou fabricação em oficina, é utilizado quando se trata de um processo intermitente, em que os recursos (funcionários e equipamentos) são organizados em torno do processo, como ilustrado na Figura 4.13.

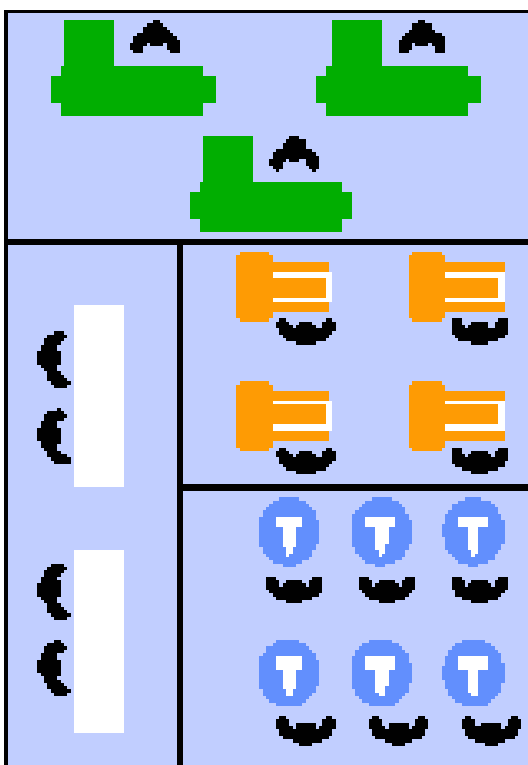


Figura 4. 13 - Princípio de fabricação em oficina.

Este princípio de processo agrupa postos de trabalho ou departamentos de acordo com a função ou família de equipamentos. Isto significa que a informação e o produto fluem através das operações processo a processo, de acordo com as suas necessidades. É um típico princípio utilizado quando há grande variedade de peças e um volume de produtos fabricados.

Com isso, algumas características básicas podem ser determinadas:

- Máquinas semelhantes agrupadas;
- Mão-de-obra especializada;
- Menos vulnerável a paragens (tendência à utilização individual de 100% da capacidade de cada equipamento);
- Grande flexibilidade para troca de produtos;
- Equipamentos de uso geral;

Este tipo de princípio implica:

- Grande movimentação de materiais;
- Complexidade na programação;

- Aumento de filas de espera e lead-time;
- Alto nível de *stocks* intermédios.

Exemplos de utilização do princípio de elaboração: Produção de ferramentas (moldes, cortantes, etc.).

4.9.4. Princípio de fluxo

No princípio de fluxo, os sistemas de trabalho são dispostos de forma correspondente ao processo de produção de determinados objetos de trabalho.

O princípio de fluxo representa uma disposição dos postos de trabalho ligada ao fluxo. Na Figura 4.14 está indicada a produção de uma peça pelo princípio de fluxo. As máquinas estão instaladas na sequência das atividades de elaboração da peça.

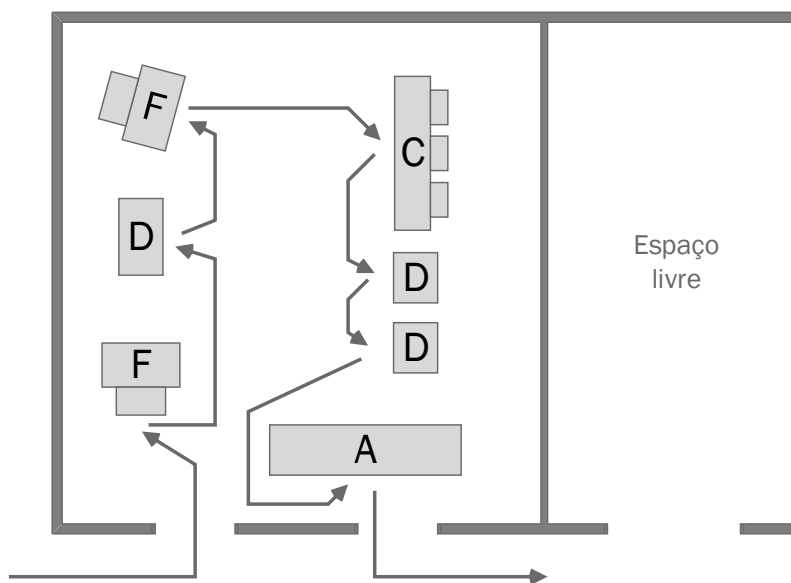


Figura 4. 14 - Princípio de fabricação em fluxo.

Como indicado no esquema apresentado na Figura 4.12, a fabricação pelo princípio de fluxo pode ainda ser subdividida em:

- Produção em linha com *stocks* intermédios;
- Produção em linha contínua.

4.9.5. Produção em linha contínua

Na produção em linha contínua, o processo é ligado cronologicamente, como mostra a Figura 4.15.



Figura 4.15 - Produção de bicicletas pelo princípio de linha contínua (mtbbrasil.com.br).
Fonte: <http://evworld.com/news.cfm?newsid=29794>

No processo de produção em linha contínua o percurso dos objetos de trabalho pelos postos de trabalho individuais é definido numa sequência tal que, entre os postos de trabalho, não ocorra criação de *stock* condicionada pelo processo.

Uma parte essencial da produção em linha contínua é o transporte em linha, que é frequentemente efetuado com recurso a uma esteira contínua.

4.9.6. Produção em linha com *stocks* intermédios

A produção em linha é um procedimento para a produção de grandes quantidades de produtos do mesmo tipo, em que os postos de trabalho e as máquinas são dispostos de forma correspondente à sequência de trabalho e um eventual tempo de *stock* da peça entre os postos de trabalho é reduzido a um mínimo pelo tipo de movimentação.

Na produção em linha, a ligação cronológica de postos de trabalho consecutivos pode ser atenuada, em limitada extensão, com recurso a “pulmões”. Através destes “pulmões”, o trabalho contínuo é elástico, permitindo que interrupções curtas possam ser sanadas sem que todos os postos de um sistema contínuo sejam paralisados. Na Figura 4.16 é ilustrada uma linha de produção com *stocks* intermédios.

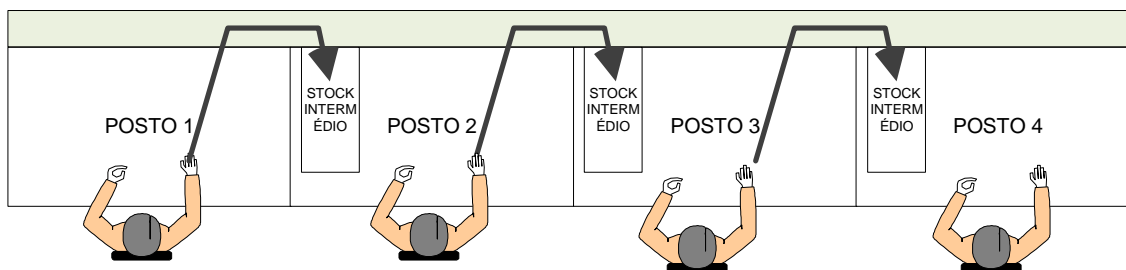


Figura 4. 16 - Princípio de Produção em linha com *stocks* intermédios.

As vantagens da produção pelo princípio em linha são:

- Reduzidos custos de stocks;
- Menores custos de movimentação;
- Melhor aproveitamento da área;
- Elevada eficiência.

O princípio de laboração em linha é dos mais usados na indústria, nomeadamente no sector automóvel.

Este é o princípio utilizado na secção de montagem na EFAPEL, e que foi analisado ao longo do trabalho de Estágio.

4.10. Embalagem

O processo de embalagem na EFAPEL é realizado com o auxílio de máquinas automáticas de embalagem horizontal, como a mostrada na Figura 4.17. Estas máquinas são dotadas de uma alta produção e utilizam uma única bobina de filme para a realização do envoltório através de três soldaduras: duas transversais e uma longitudinal. Este tipo de máquina está orientado tanto para o mercado alimentício como ao não alimentício.



Figura 4. 17 - Máquina automática de embalagem horizontal.
Fonte: <http://www.ulmapackaging.com/packaging-machines/flow-pack-hffs>

5. Implementação da linha de produção de interruptores de embeber

Com vista a melhorar a eficiência do processo produtivo de interruptores de embeber, procurou-se otimizar o processo na linha de montagem. Para alcançar este objetivo, foram otimizadas quer as tarefas manuais realizadas pelos operadores quer os postos de trabalho. Adicionalmente garantiu-se a melhoria da qualidade do produto, com recurso a um equipamento que permite o ensaio elétrico a 100% das peças, eliminando a não qualidade gerada por erro humano e que foi desenvolvido para o efeito.

Os produtos envolvidos na linha de produção a implementar são os interruptores de embeber da série 21, conforme descrito na tabela 5.1.

Tabela 5. 1 - Produtos envolvidos na linha de produção a implementar.

Código	Descrição
21011	Interruptor Unipolar
21012	Interruptor Luminoso
21013	Interruptor com Sinalização
21021	Interruptor Bipolar
21023	Interruptor Bipolar c/ Sinalização
21024	Interruptor Bipolar c/ Sinalização 20A
21031	Interruptor Card-System
21051	Inversor de Grupo
21052	Inversor de Grupo Luminoso
21061	Comutador de Lustre
21065	Comutador de Lustre 20A
21071	Comutador de Escada
21072	Comutador de Escada Luminoso
21073	Comutador de Escada c/ Sinalização
21075	Comutador de Escada 20A
21088	Interruptor Triplo
21101	Comutador de Escada Duplo
21103	Comutador de Escada Duplo 20A
21150	Botão Basculante (NA+NF)
21151	Botão Basculante
21152	Botão Basculante Luminoso (250V)
21153	Botão Basculante c/ Sinalização Independente
21154	Botão Basculante Duplo (2NA+2NF)
21155	Botão Basculante c/ Identificação (250V)

Tabela 5.1 - Produtos envolvidos na linha de produção a implementar (cont.).

Código	Descrição
21156	Botão Basculante Duplo
21159	Botão Basculante/Comutador de Escada
21162	Botão Basculante Luminoso (12V)
21165	Botão Basculante c/ Identificação (12V)
21281	Botão Duplo de Persiana
21282	Botão Duplo de Persiana c/ Contactos Fechados
21283	Botão Duplo de Comutação de Persiana
21290	Inversor de Persiana
21291	Inversor de Persiana c/ Encravamento Mecânico
21292	Inversor de Persiana c/ Encravamento Mecânico e Neutro

Nas figuras 5.1 a 5.4. estão representados 4 dos principais produtos a produzir na linha de montagem em implementação.



Figura 5.1 - Interruptor unipolar.

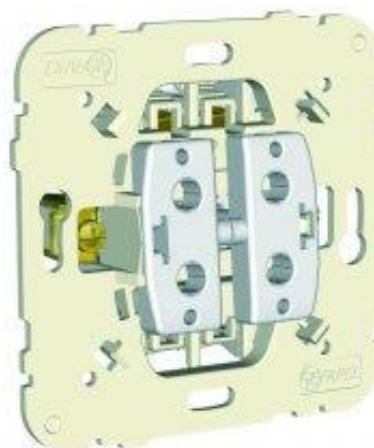


Figura 5.2 - Comutador de lustre.



Figura 5.3 - Interruptor luminoso.



Figura 5.4 - Comando de persiana.

O princípio de processo utilizado para a produção de interruptores é o de produção em linha contínua com *stocks* intermédios (uma descrição sucinta deste princípio de processo de montagem é apresentada no ponto 4.9.6).

O processo de montagem dos interruptores de embeber da série 21 é constituída pelas seguintes fases:

- Montagem das metalizações na base;
- Aplicação da tampa da base e lubrificação de contactos;
- Montagem e aplicação da porta tecla;
- Ensaio elétrico (efetuado a 100% das peças);
- Montagem das teclas e espelho;
- Embalamento.

5.1. Análise MTM para o interruptor unipolar da série 21

Na indústria transformadora são comuns as situações de trabalho altamente repetitivo. Esta situação de trabalho é muitas vezes causadora de lesões daí recorrentes. Assim, torna-se indispensável a análise dos postos de trabalho tendo em consideração todos os movimentos necessários para a realização das tarefas manuais pelos operadores.

Por outro lado, como referido no capítulo 2, para as empresas com linhas de montagem com produção em série, os tempos de produção são de extrema importância, uma vez que são eles que determinam o ritmo da produção. Torna-se, pois, imperioso otimizar quer o fluxo das linhas de montagem com produção em série quer a a ergonomia nos diversos postos de trabalho.

De entre as várias ferramentas de análise de tempos e métodos apresentados e descritos no capítulo 2, selecionamos o método MTM (*Methods Time Measurement*) para usar na linha de produção de interruptores de embeber. Recordamos que o MTM é um método de medida do trabalho que utiliza tempos previamente estabelecidos para a execução de procedimentos totalmente influenciáveis pelo elemento humano, que pode ser utilizado para a otimização de todos os processos manuais de trabalho e em todos os ramos e sectores de negócios.

Apresenta-se na Tabela 5.1 a análise da aplicação do sistema de tempos pré-determinados MTM à produção dos interruptores de embeber da série 21.

Tabela 5. 2 - Análise MTM para o interruptor unipolar da série 21.

Descrição	Mão esquerda	Frequência	TMU	Mão Direita	Frequência	Descrição
Fase - Aplicar Metalizações						
Pegar base						
			14,1	R30C	1	Alcançar
			9,1	G4B	1	Pegar
			13,3	M30B	1	Mover
			2	RL1	1	Soltar
		Σ	38,5			
Aplicar contacto fixo na base						
			14,1	R30C	1	Alcançar
			9,1	G4B	1	Pegar
			15,1	M30C	1	Mover
			(5,6)	G2	1	Repegar
			21	P2NSE	1	Juntar
			0	RL2	1	Soltar
		Σ	59,3			
Montar Contacto móvel no apoio						
			14,1	R30C	1	Alcançar
			9,1	G4B	1	Pegar
			15,1	M30C	1	Mover
			(5,6)	G2	1	Repegar
			21	P2NSE	1	Juntar
			0	RL2	1	Soltar
		Σ	59,3			
Aplicar Apoio na Base						
			15,1	M20C	1	Mover
			(5,6)	G2	1	Repegar
			21	P2NSE	1	Juntar
			0	RL2	1	Soltar
		Σ	36,1			
Colocar base na rampa						
			15,6	M40B	1	M40B
			2	RL1	1	RL1
			0	RL2	1	Soltar
		Σ	17,6			
		Σ fase	211			
		Σ fase (seg.)	7,6s			

Tabela 5. 2 - Análise MTM para o interruptor unipolar da série 21 (Cont).

Descrição	Mão esquerda	Frequência	TMU	Mão Direita	Frequência	Descrição
Fase - Aplicar Molas de condutor e tampa						
Pegar base						
			14,1	R30C	1	Alcançar
			9,1	G4B	1	Pegar
			13,3	M30B	1	Mover
			2	RL1	1	Soltar
		Σ	38,5			
Colocar molas						
			8,4	R10C	2	Alcançar
			9,1	G4B	2	Pegar
			7,9	M10C	2	Mover
			(5,6)	G2	2	Repegar
			21	P2NSE	2	Juntar
			0	RL2	1	Soltar
		Σ	46,4			
Colocar Base na Máquina						
			6,3	R10B	1	Alcançar
			9,1	G4B	1	Pegar
			13,3	M30B	1	Mover
			2	RL1	1	Soltar
		Σ	30,7			
Acionar máquina						
			6,1	R10A	1	Alcançar
			10,6	APA	1	Premir
			0	RL2	1	Soltar
		Σ	16,7			
		Σ fase	132			
		fase (seg.)	4,8 s			
Fase - Aplicar tampa da base e aparafusar garras						
Colocar Base na Máquina						
			14,1	R30C	1	Alcançar
			2	G1A	1	Pegar
			18,5	M40C	1	Mover
			2	RL1	1	Soltar
		Σ	36,6			
Colocar Tampa na Base						
			15,1	M30C	1	Mover
			19,7	P2SSE	1	Juntar
			2	RL1	1	Soltar
		Σ	36,8			

Tabela 5. 2 - Análise MTM para o interruptor unipolar da série 21 (Cont).

Descrição	Mão esquerda	Frequência	TMU	Mão Direita	Frequência	Descrição
Colocar Garras						
			14,1	R30C	1	Alcançar
			9,1	G4B	1	Pegar
			18,5	M40C	1	Mover
			21	P2NSE	1	Juntar
			0	RL2	1	Soltar
		Σ	62,7			
Acionar máquina						
			6,1	R10A	1	Alcançar
			10,6	APA	1	Premir
			0	RL2	1	Soltar
		Σ	16,7			
		Σ fase	153			
		Σ fase (seg.)	5,5 s			
Fase - Montar e aplicar Porta Tecla e ensaio final						
Colocar Base na Máquina						
			14,1	R30C	1	Alcançar
			2	G1A	1	Pegar
			18,5	M40C	1	Mover
			2	RL1	1	Soltar
		Σ	36,6			
Montar Porta Tecla						
Pegar Porta Tecla						
			14,1	R30C	1	Alcançar
			7,3	G4A	1	Pegar
			12,7	M30A	1	Mover
		Σ	34,1			
Aplicar Mola						
			7,8	R20A	1	Alcançar
			2	G1A	1	Pegar
			11,7	M20C	1	Mover
			19,7	P2SSE	1	Juntar
			0	RL2	1	Soltar
		Σ	41,2			
Aplicar Cursor						
			10	R20B	1	Alcançar
			2	G1A	1	Pegar
			11,7	M20C	1	Mover
			19,7	P2SSE	1	Juntar
			0	RL2	1	Soltar
		Σ	43,4			
Colocar Porta Tecla na Base						
			15,1	M30C	1	Mover
			2	RL1	1	Soltar
		Σ	17,1			
Acionar máquina						
			6,1	R10A	1	Alcançar
			10,6	APA	1	Premir
			0	RL2	1	Soltar
		Σ	16,7			
		Σ fase	189			
		Σ fase (seg.)	6,8 s			

5.2. Implementação da Linha de Produção

Após a análise MTM foi executada uma linha experimental, cujo *layout* é esquematizado na Figura 5.5 e onde foram verificados os tempos de produção, a ergonomia dos postos de trabalho e validadas as sequências de trabalho.

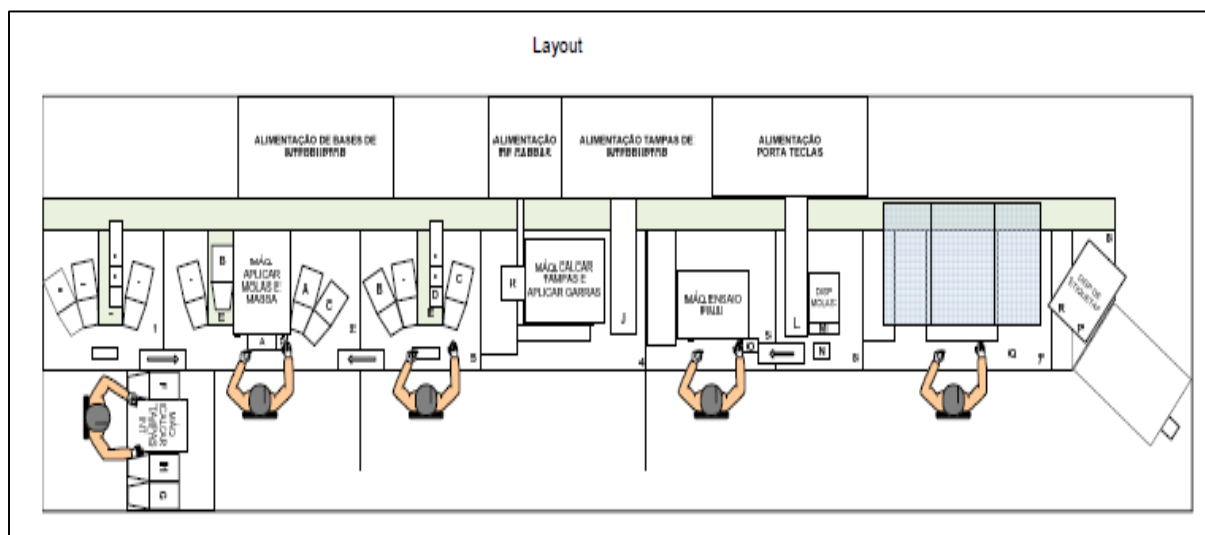


Figura 5.5 - Layout da linha de produção.

A identificação das operações foi obtida por meio das folhas de normalização, semelhantes às que são apresentadas nas figuras 5.6 a 5.8. As folhas de normalização são documentos de processo que definem não só as atividades a serem realizadas em cada posto de trabalho mas também como elas devem ser conduzidas. Os tempos dos diferentes postos de trabalho foram determinados em linha, de forma global, com recurso a um cronómetro.

Nas folhas de normalização foi feito o balanceamento da linha de modo a equilibrar a carga nos postos de trabalho. A melhor forma de obter este balanceamento é dividir o trabalho nos seus elementos e cronometrá-los independentemente. Este método só é aplicado nos processos onde as etapas são sequenciais e seus tempos estão bem definidos.

Linha de Interruptores Série 21

21011 - Interruptor Unipolar

Fase	Tarefa	Tempo Unit.	Qt.	Tempo Total	
Fase 1 - Aplicar molas de condutor e massa	T1.1 Aplicar mola de condutor	1,33	2	2,66	
	T1.2 Colocar peça na máquina	1,43	1	1,43	
Fase 1 AUX- Aplicar metalizações	T1.3 Agarrar e verificar peça/colocar na calha	1,43	1	1,43	
	T1.4 Aplicar contacto móvel no apoio e aplicar conjunto na base	3,63	1	3,63	
	T1.5 Aplicar contacto contato fixo na base	2,00	1	2,00	
Fase 2 - Aplicar tampa da base e garras	T2.1 Aplicar tampa	2,56	1	2,56	
	T2.2 Aplicar Garras	2,89	1	2,89	
Fase 4 - Montar e aplicar porta tecla e ensaio final	T4.1 Montar porta tecla de interruptor com um cursor	2,48	1	2,48	
	T4.2 Aplicar porta tecla na base e realizar ensaio final	4,11	1	4,11	
Fase 5 - Embalagem	T5.1 Fazer caixote/Fechar caixote	20,00	0,01	0,20	
	T5.2 Montar embalagem e colocar divisórias	9,50	0,10	0,95	
	T5.3 Efetuar teste mecânico,colocar na embalagem	2,69	1,00	2,69	
	T5.4 Colocar rótulos na embalagem, fechar embalagem e colocar no caixote	6,00	0,10	0,60	
	T5.5 Colocar caixote na palete	8,00	0,02	0,16	
Tarefas Auxiliares	Preparação da Ordem de Produção	TA.1 Abastecimento da linha	300,00	0,0002	0,06
		TA.2 Abrir ordem de produção	80,00	0,0002	0,02
	Realimentação de Linha	TA.3 Realimentar bases	45,00	0,0020	0,09
		TA.4 Realimentar tampas	40,00	0,0020	0,08
		TA.5 Realimentar garras	30,00	0,0005	0,02
		TA.6 Realimentar porta teclas	85,00	0,0010	0,09
	Conclusão da Ordem de Produção	TA.7 Contar defeitos e arrumar material excedente	240,00	0,0002	0,05
		TA.8 Fechar ordem de produção	65,00	0,0002	0,01
		TA.9 Entregar peças ao armazém	180,00	0,0002	0,04

Tempo Total por Peça (seg)	28,23
Custo Unitário de Transformação (€/pç)	0,00

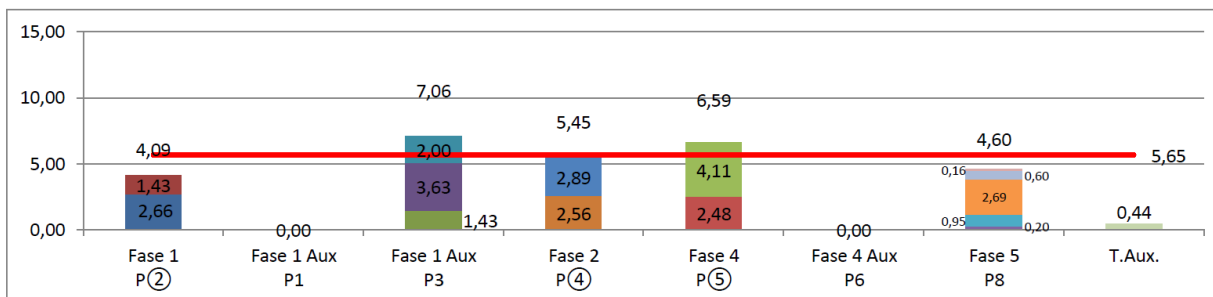
Layout



Legenda

Postos 1 e 3		Posto 2		Posto 4		Posto 6		Posto 8	
Local	Código	Local	Código	Local	Código	Local	Código	Local	Código
B	321017	A	321016	F	371009	I	311083	L	421343
C	321053	B	321017	G	311080	J	261003	M	421092
D	330003	C	321053	H	217003	K	315001	N	411022
E	341061	D	330003					O	410042
		E	341061					P	421355

Quadro de Tempos com 5 Pessoas:



PC028-7

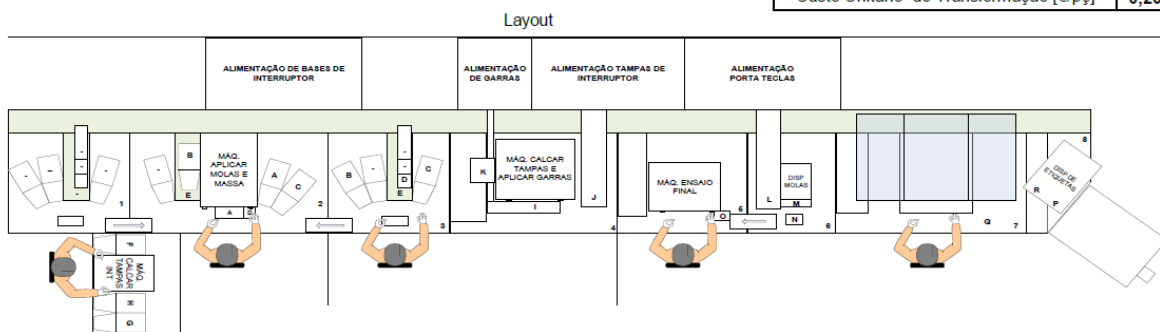
1/1

Figura 5.6 - Folha de normalização da referência 21011 - Interruptor unipolar.

Linha de Interruptores Série 21

21012 - Interruptor Luminoso

Fase	Tarefa	Tempo Unit.	Qt.	Tempo Total	
Fase 1 - Aplicar molas de condutor e massa	T1.1 Agarrar e verificar peça/colocar peça na máquina	1,43	1	1,43	
	T1.2 Aplicar tampa de interruptor com contactos na base	6,16	1	6,16	
	T1.3 Aplicar mola de condutor	1,33	2	2,66	
				10,25	
Fase 1 AUX- Aplicar metalizações	T1.3 Agarrar e verificar peça/colocar na calha	3,50	1	3,50	
	T1.4 Aplicar contacto móvel no apoio e aplicar conjunto na base	3,63	1	3,63	
	T1.5 Aplicar contacto fixo na base	2,00	1	2,00	
				9,13	
Fase 2 - Aplicar tampa da base e garras	T2.1 Aplicar tampa	2,56	1	2,56	
	T2.2 Aplicar Garras	2,89	1	2,89	
				5,45	
Fase 3- Aplicar metalizações na tampa do interruptor	T3.1 Aplicar contactos na tampa do interruptor	12,17	1	12,17	
				12,17	
Fase 4 - Montar e aplicar porta tecla e ensaio final	T4.1 Montar porta tecla de interruptor com um cursor	2,48	1	2,48	
	T4.2 Aplicar porta tecla na base	2,21	1	2,21	
	T4.3 Aplicar porta led e realizar ensaio final	3,94	1	3,94	
				8,63	
Fase 5 - Embalagem	T5.1 Montar embalagem e colocar divisórias	9,50	0,10	0,95	
	T5.2 Efectuar teste mecânico, colocar na embalagem e fechar embalagem	2,69	1,00	2,69	
	T5.3 Colocar rótulos na embalagem	6,00	0,10	0,60	
	T5.4 Colocar caixa no carro	8,00	0,02	0,16	
				4,40	
Tarefas Auxiliares	Preparação da Ordem de Produção	TA.1 Abastecimento da linha	300,00	0,0040	1,20
		TA.2 Abrir ordem de produção	80,00	0,0040	0,32
	Realimentação de Linha	TA.3 Realimentar bases	45,00	0,0020	0,09
		TA.4 Realimentar tampas	40,00	0,0020	0,08
		TA.5 Realimentar garras	30,00	0,0005	0,02
		TA.6 Realimentar porta teclas	85,00	0,0010	0,09
	Conclusão da Ordem de Produção	TA.7 Contar defeitos e arrumar material excedente	240,00	0,0040	0,96
		TA.8 Fechar ordem de produção	65,00	0,0040	0,26
		TA.9 Entregar peças ao armazém	180,00	0,0040	0,72
				3,73	
Custo Hora [€/hora]		13,42 €			
				Tempo Total por Peça (seg) 53,76	
				Custo Unitário de Transformação [€/pç] 0,20	



Legenda

Posto 1		Posto 2		Posto 3		Posto 4		Postos 5 e 6		Posto 7 e 8	
Local	Código	Local	Código	Local	Código	Local	Código	Local	Código	Local	Código
F	321036	A	321016	B	321017	I	371009	L	311083	P	421092
G	321035	B	321017	C	321053	J	311080	M	261003	Q	411022
H	341062	C	321053	D	330003	K	217003	N	315001	R	421343
		D	330003	E	311079			O	390036		
		E	311079								

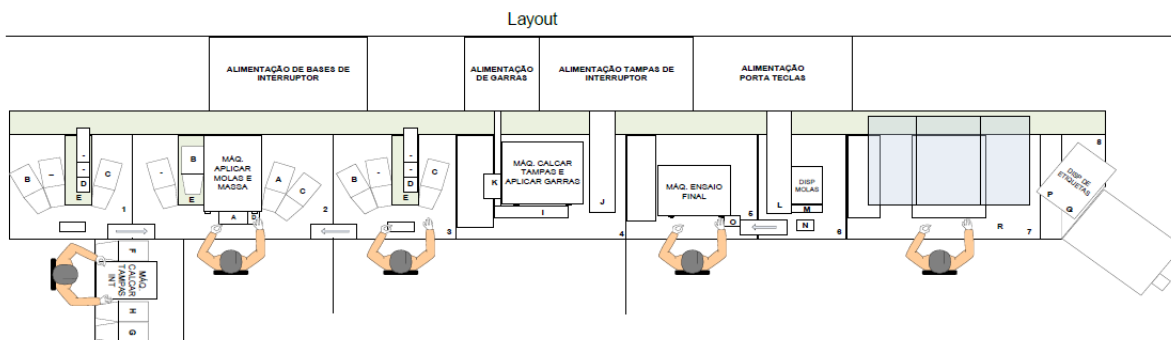
Quadro de Tempos com 5 Pessoas:



Figura 5.7 - Folha de normalização da referência 21012 - Interruptor luminoso.

Linha de Interruptores Série 21
21013 - Interruptor com Sinalização

Fase	Tarefa	Tempo Unit.	Qt.	Tempo Total	
Fase 1 - Aplicar molas de condutor e massa	T1.1 Agarrar e verificar peça/colocar peça na máquina	1,43	1	1,43	
	T1.2 Aplicar tampa traseira com contactos na base	6,16	1	6,16	
	T1.3 Aplicar mola de condutor	1,33	3	3,99	
Fase 1 AUX- Aplicar metalizações	T1.3 Agarrar e verificar peça/colocar na calha	3,50	1	3,50	
	T1.4 Aplicar contacto móvel no apoio e aplicar conjunto na base	3,63	1	3,63	
	T1.5 Aplicar contacto fixo na base	2,00	2	4,00	
Fase 2 - Aplicar tampa da base e garras	T2.1 Aplicar tampa	2,56	1	2,56	
	T2.2 Aplicar Garras	2,89	1	2,89	
Fase 3 - Aplicar metalizações na tampa do interruptor	T3.1 Aplicar contactos na tampa do interruptor	12,17	1	12,17	
Fase 4 - Montar e aplicar porta tecla e ensaio final	T4.1 Montar porta tecla de interruptor com um cursor	2,48	1	2,48	
	T4.2 Aplicar porta tecla na base	2,21	1	2,21	
	T4.3 Aplicar porta led e realizar ensaio final	3,94	1	3,94	
Fase 5 - Embalagem	T5.1 Montar embalagem e colocar divisórias	9,50	0,10	0,95	
	T5.2 Efectuar teste mecânico,colocar na embalagem e fechar embalagem	2,69	1,00	2,69	
	T5.3 Colocar rótulos na embalagem	6,00	0,10	0,60	
	T5.4 Colocar caixa no carro	8,00	0,02	0,16	
Tarefas Auxiliares	Preparação da Ordem de Produção	TA.1 Abastecimento da linha	300,00	0,0040	1,20
		TA.2 Abrir ordem de produção	80,00	0,0040	0,32
		TA.3 Realimentar bases	45,00	0,0020	0,09
	Realimentação de Linha	TA.4 Realimentar tampas	40,00	0,0020	0,08
		TA.5 Realimentar garras	30,00	0,0005	0,02
		TA.6 Realimentar porta teclas	85,00	0,0010	0,09
	Conclusão da Ordem de Produção	TA.7 Contar defeitos e arrumar material excedente	240,00	0,0040	0,96
		TA.8 Fechar ordem de produção	65,00	0,0040	0,26
		TA.9 Entregar peças ao armazém	180,00	0,0040	0,72
Tempo Total por Peça (seg)				57,09	



Legenda

Posto 1		Posto 2		Posto 3		Posto 4		Postos 5 e 6		Posto 7 e 8	
Local	Código	Local	Código	Local	Código	Local	Código	Local	Código	Local	Código
F	321036	A	321016	B	321017	I	371009	L	311083	P	421092
G	321035	B	321017	C	321053	J	311080	M	261003	Q	421343
H	341158	C	321053	D	330003	K	217003	N	315001	R	411022
		D	330003	E	311079			O	390036		
		E	311079								

Quadro de Tempos com 5 Pessoas:

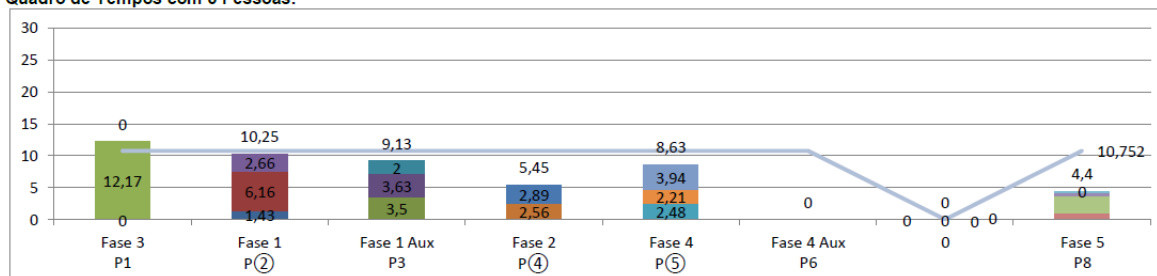


Figura 5.8 - Folha de normalização da referência 21013 - Interruptor com sinalização.

5.3. Teste do Produto

Uma das tarefas definidas na conceção desta linha de montagem, esquematizada na Figura 5.9, foi o ensaio da funcionalidade elétrica a 100% dos produtos obtidos.

Para isso foi desenvolvido um equipamento que permita a realização deste ensaio garantindo a qualidade no produto final ao menor custo possível.

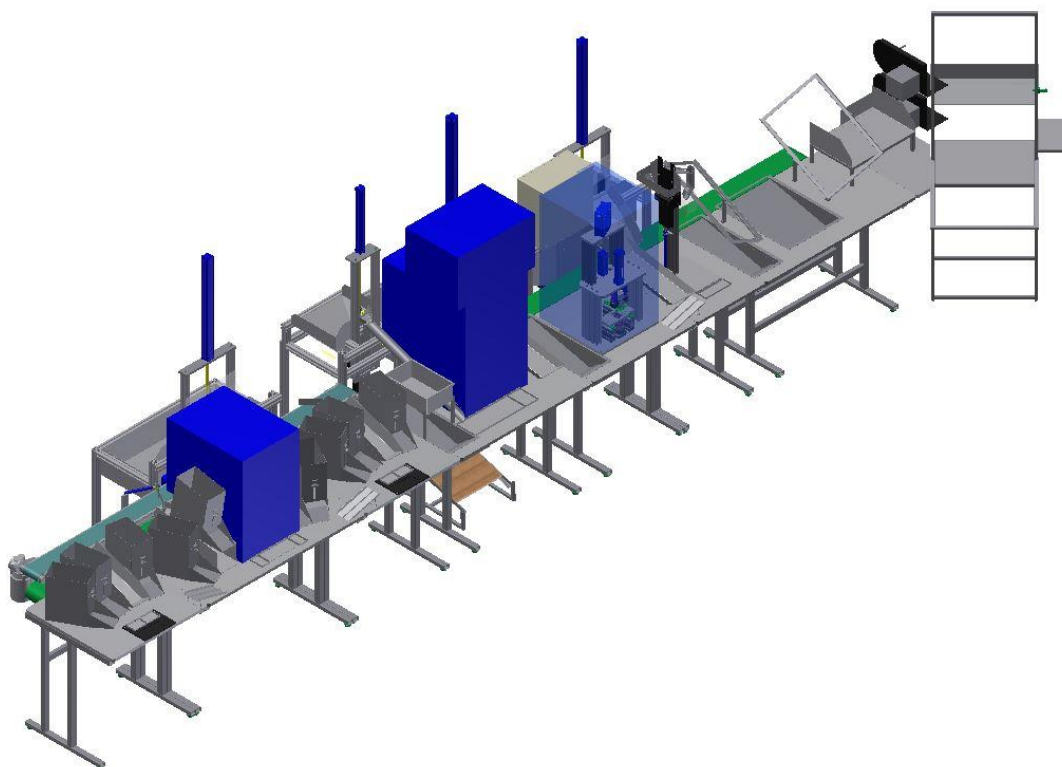


Figura 5.9 - Linha de produção de interruptores de embeber da série 21.

5.3.1. Descrição do equipamento de ensaio elétrico

O equipamento de ensaio dos interruptores de embeber da série 21, apresentado na Figura 5.10, cumpre duas funções: *clipar* o porta teclas dos interruptores e efetuar o teste elétrico de funcionalidade aos interruptores. A máquina efetuará o teste de acordo com a referência selecionada.

O equipamento foi concebido para trabalhar em cima de uma mesa e para ser manobrado por um operador sentado. A operação é semiautomática: a carga de componentes é manual e as operações de calcar o porta teclas, do ensaio elétrico e da extração são automáticas. A extração é feita para o tapete transportador da linha onde a máquina será instalada.

Os movimentos realizados pelo equipamento são de ação pneumática, possuindo um comando bi-manual para acionamento.

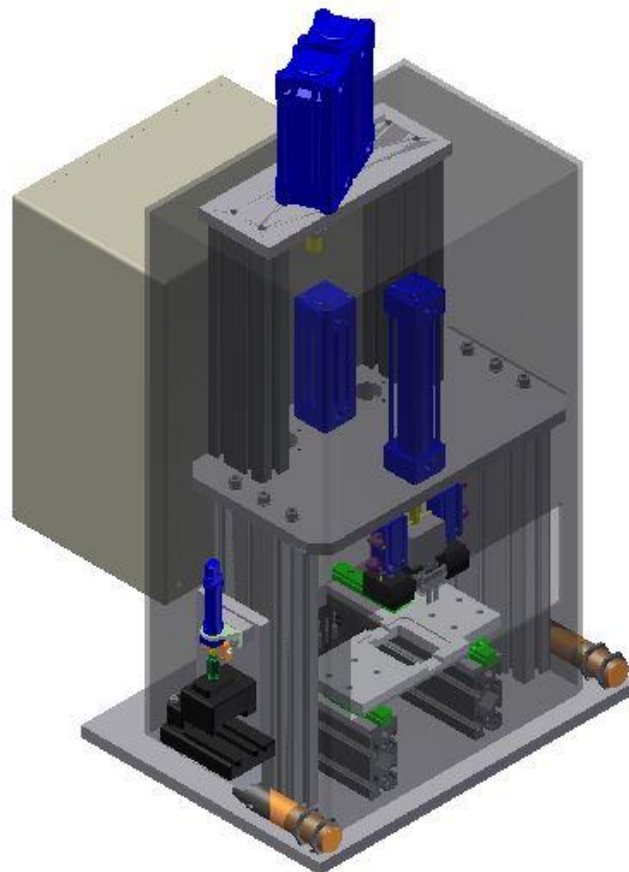


Figura 5.10 - Equipamento de teste de interruptores da série 21

5.3.2. Características gerais do equipamento de ensaio elétrico

As características gerais do equipamento de ensaio elétrico são as que a seguir se apresentam:

- Pressão pneumática de funcionamento: $P = 6$ bar;
- Potência total instalada: 1 kW;
- Intensidade nominal: 4 A;
- Tensão de alimentação: 230 V AC;

- Tensão do circuito de comando: 24 V DC;
- Peso da máquina: 175 *Kgf*;
- Dimensões da máquina:
 - Largura: 500 *mm*;
 - Comprimento: 735 *mm*;
 - Altura: 765 *mm*.

5.3.3. Elementos do equipamento de ensaio elétrico

O equipamento de ensaio dos interruptores de embeber da série 21 é uma máquina que constituída pelos seguintes elementos:

- Uma estrutura de perfil e placas de alumínio que serve de proteção e de suporte aos vários sistemas/equipamentos constituintes da máquina;
- Um sistema de calcamento do porta teclas;
- Um sistema de transferência linear;
- O sistema de teste elétrico;
- Um sistema de extração de interruptores;
- Uma platine de fixação de componentes pneumáticos;
- Um painel de comando;
- Uma consola para interação homem/máquina;
- Um armário elétrico;
- Um sistema de calcamento do shunt

5.3.4. Descrição do processo de ensaio elétrico

O processo inicia-se com o carregamento da base de interruptor e do porta tecla, já com mola e cursor, no posicionador (ver Figura 5.11). Terminada a operação de carregamento o equipamento fica em condições de realizar o ciclo automático.

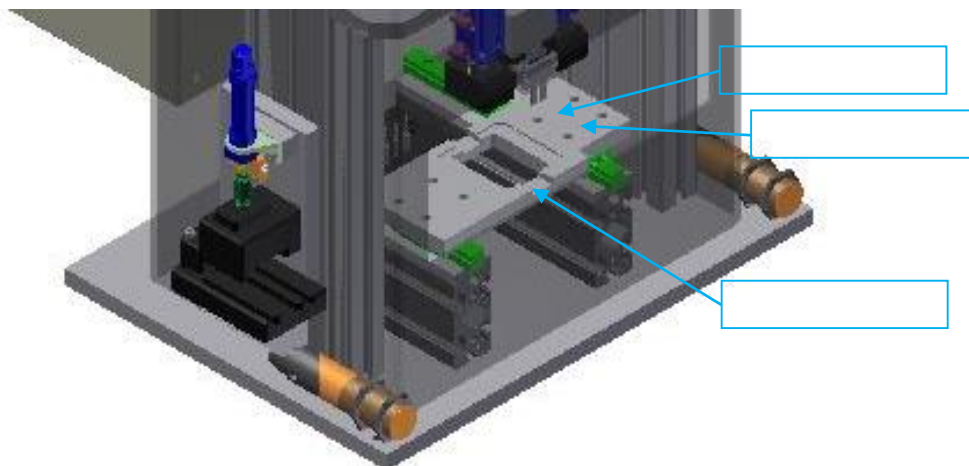


Figura 5.11 - Identificação do posicionador.

O ciclo automático inicia-se com o acionamento simultâneo dos comandos bimanuais e começa com a descida do sistema de calcamento do porta teclas. Depois de calcado o porta teclas e de o calcador retomar à posição inicial, o sistema de transferência transporta o interruptor para o posto de ensaio elétrico.

O teste elétrico é feito na parte posterior do equipamento. Quando chegar um posicionador com peça à zona de teste, desce o suporte dos calcadores e sobem os pinos e o teste é iniciado automaticamente. Se o teste for feito com sucesso, ou seja se a peça estiver *OK*, é feita a extração do interruptor. Se o interruptor não passar no teste elétrico, não há extração e o interruptor é devolvido ao operador.

O calcamento do porta teclas e o teste elétrico são processos independentes.

5.3.5. Ciclo do equipamento de ensaio elétrico

O equipamento de ensaio de interruptores 21 tem o seguinte ciclo em funcionamento automático:

1. Alimentação dos componentes. Operação manual realizada pelo operador;
2. Início de ciclo;
3. Descida do calcador do porta teclas. Operação automática;
4. Identificação da posição da peça. Operação automática;

5. Avanço do sistema de transferência linear. Operação automática;
6. Descida do suporte dos calcadores. Operação automática;
7. Subida dos pinos. Operação automática;
8. Teste elétrico. Operação automática;
9. Extração, se o resultado do teste for positivo. Operação automática;
10. Devolução, se o resultado for negativo. Operação automática;

5.3.6. Sistemas de segurança

O cumprimento da legislação aplicável é extremamente importante, sendo o fator-chave para um local de trabalho saudável.

O princípio geral estabelecido na Diretiva Máquinas [29] indica que a entrada em serviço das máquinas e componentes de segurança abrangidos só é possível se não comprometer a segurança e a saúde de quem quer que seja.

E, em tal contexto, a norma refere que o fabricante deverá conceber e fabricar os equipamentos em função da avaliação de riscos que previamente deve ter realizado sobre o equipamento projetado.

Uma avaliação de riscos adequada inclui, entre outros aspetos, a garantia de que todos os riscos relevantes são tidos em consideração (não apenas os mais imediatos ou óbvios); a verificação da eficácia das medidas de segurança adotadas; o registo dos resultados da avaliação e a revisão da avaliação a intervalos regulares, para que esta se mantenha atualizada.

São várias as etapas da avaliação de riscos de um equipamento:

- Etapa 1. Identificação das condições perigosas e dos riscos associados;
- Etapa 2. Avaliação e priorização dos riscos;
- Etapa 3. Decisão sobre medidas prevenção;
- Etapa 4. Adoção de medidas;
- Etapa 5. Acompanhamento e revisão.

Para o equipamento de ensaio elétrico foi efetuada uma análise de risco (ver Tabela 5.2). Esta análise teve como objetivo identificar os riscos e determinar as medidas de prevenção para

este equipamento, tendo como base as Diretiva Europeias e as Normas que definem as regras para máquinas e equipamentos e que são indicadas na Tabela 5.5.

Num contexto global, as medidas de segurança integradas são uma combinação das medidas incorporadas na fase de conceção conjugadas com as que devem ser tomadas pelo utilizador. A análise de integração das medidas de segurança no projeto segue a seguinte ordem:

- Especificação dos limites de utilização da máquina:
 - Função para que a máquina está concebida;
 - Identificação das zonas da máquina - postos de trabalho e tipo, zonas de ação do operador, etc. e identificação das zonas funcionais da máquina;
 - Identificação do modo de funcionamento.
- Identificação dos fenómenos perigosos:
- Avaliação dos fenómenos perigosos - riscos;
- Fases da integração da segurança:
 - Prevenção intrínseca: evitar ou reduzir os fenómenos perigosos, tanto quanto possível, pela escolha conveniente de certas características de conceção ou limitando a exposição de pessoas aos fenómenos perigosos pela redução da necessidade de intervenção nesses locais;
 - Proteção: devem ser utilizados protetores ou dispositivos de proteção contra os riscos que a técnica de prevenção intrínseca não permite razoavelmente, nem evitar, nem limitar o suficiente;
 - Informação para utilização: informar os utilizadores sobre os riscos residuais e medidas adicionais que se entendam necessárias para casos de emergência.

Tabela 5.3 - Avaliação de risco

Identificação de condições perigosas	Risco associado	Avaliação de risco - Categoria do circuito de proteção	Identificação das medidas de prevenção			Documentos técnicos associados
			Prevenção intrínseca	Proteção	Medidas adicionais	
Contactos com as peças das máquinas	Corte	1.2.1 - b → B	<ul style="list-style-type: none"> Peças com arestas quebradas para evitar que sejam lesivas, mesmo quando estáticas. 			ISO EN 12100-1:2003 [32]; EN ISO 12100-2:2003 [33];
Ergonómicos	Vários danos fisiológicos (podem resultar em problemas de saúde não imediatos).	1.2.1 - b → B	<ul style="list-style-type: none"> Equipamento definido segundo os princípios ergonómicos das normas. 			ISO EN 12100-1:2003 [32]; EN ISO 12100-2:2003 [33];
Riscos elétricos	Electrocussão; Queimaduras; Incêndio.	1.2.1 - b → B	<ul style="list-style-type: none"> Seccionador geral que corta toda a energia da máquina; Secção e cor dos condutores escolhida de acordo com o tipo de tensão; Disjuntores diferenciais com sensibilidade de 30 mA; Utilização de disjuntores magneto-térmicos; Pontos de massa da instalação são ligados à terra assim como os armários elétricos; Terminais dos condutores protegidos com ponteiras adequadas à sua secção; Utilização de sinalética para alerta dos riscos elétricos. 			ISO EN 12100-1:2003 [32]; EN ISO 12100-2:2003 [33];
Riscos elétricos/ pneumáticos	Arranque intempestivo	1.2.1 - b → B	<ul style="list-style-type: none"> Válvula de corte manual; Válvula de corte elétrico; Válvula de arranque progressivo; Comandos Bi-manuais; Indicação no manual dos procedimentos de segurança que os operadores têm que cumprir para uma utilização segura da máquina; Integração de dispositivos de segurança no circuito elétrico (potência e comando) que efetuam a ordem de paragem enquanto não for manualmente rearmado. 			ISO EN 12100-1:2003 [32]; EN ISO 12100-2:2003 [33]; NP EN 983:1996 [36]; NP EN 999:2000 [37]; NP EN 1037:1995 [38];
Descida/subida do Calçador porta teclas	Esmagamento	1.2.2 - c → 2	<ul style="list-style-type: none"> Comandos Bi-manuais; Proteção fixa; Paragem de emergência; Aplicação de reguladores de caudal. 			ISO EN 12100-1:2003 [32]; EN ISO 12100-2:2003 [33]; ISO EN 13857-1:2008 [34]; NP EN 418:1996 [35]; NP EN 983:1996 [36]; NP EN 999:2000 [37]; NP EN 1037:1995 [38];

Tabela 5. 3 - Avaliação de risco (cont.)

Identificação de condições perigosas	Risco associado	Avaliação de risco - Categoria do circuito de proteção	Identificação das medidas de prevenção			Documentos técnicos associados
			Prevenção intrínseca	Proteção	Medidas adicionais	
Descida/subida do Calçador	Esmagamento	1.2.2 - c → 2	<ul style="list-style-type: none"> • Comandos Bi-manuais; • Proteção fixa; • Paragem de emergência; • Aplicação de reguladores de caudal. 			ISO EN 12100-1:2003 [32]; EN ISO 12100-2:2003 [33]; ISO EN 13857-1:2008 [34]; NP EN 418:1996 [35]; NP EN 983:1996 [36]; NP EN 999:2000 [37]; NP EN 1037:1995 [38];
Avanço do carro	Corte por cisalhamento	1.2.2 - c → 2	<ul style="list-style-type: none"> • Comandos Bi-manuais; • Proteção fixa; • Paragem de emergência; • Aplicação de reguladores de caudal. 			ISO EN 12100-1:2003 [32]; EN ISO 12100-2:2003 [33]; ISO EN 13857-1:2008 [34]; NP EN 418:1996 [35]; NP EN 983:1996 [36]; NP EN 999:2000 [37]; NP EN 1037:1995 [38];
Avanço do carro	Choque ou impacto	1.2.1 - b → B	<ul style="list-style-type: none"> • Comandos Bi-manuais; • Proteção fixa; • Paragem de emergência; • Aplicação de reguladores de caudal. 			ISO EN 12100-1:2003 [32]; EN ISO 12100-2:2003 [33]; ISO EN 13857-1:2008 [34]; NP EN 418:1996 [35]; NP EN 983:1996 [36]; NP EN 999:2000 [37]; NP EN 1037:1995 [38];
Rampa de extração	Choque ou impacto	1.2.1 - b → B	<ul style="list-style-type: none"> • Comandos Bi-manuais; • Proteção fixa; • Paragem de emergência; • Aplicação de reguladores de caudal. 			ISO EN 12100-1:2003 [32]; EN ISO 12100-2:2003 [33]; ISO EN 13857-1:2008 [34]; NP EN 418:1996 [35]; NP EN 983:1996 [36]; NP EN 999:2000 [37]; NP EN 1037:1995 [38];

A metodologia seguida para determinar a categoria do circuito de proteção foi efetuada segundo as indicações das normas ISO 13849-1 [39] e ISO 14121-1 [40]. As tabelas 5.3 e 5.4 permitem determinar a categoria dos Sistemas de Controlo de Segurança (SRP/CS):

Tabela 5. 4 - Caracterização do perigo

Tabela para determinação da probabilidade de falhas exigida por hora do SRP/CS (PL _r)							
Gravidade da lesão (S)	Frequência de exposição ao perigo (F)	Possibilidade de evitar o perigo (P)	PL _r				
			a	b	c	d	e
Reversível (1)	Ocasional (1)	Possível (1)					
		Improvável (2)					
	Frequente (2)	Possível (1)					
		Improvável (2)					
Irreversível (2)	Ocasional (1)	Possível (1)					
		Improvável (2)					
	Frequente (2)	Possível (1)					
		Improvável (2)					

- Probabilidade de falha exigida;
 - Probabilidade de falha acima do exigido.

com,

PL_r = a ⇒ 10⁻⁴ < PL ≤ 10⁻⁵; PL_r = b ⇒ 10⁻⁵ < PL ≤ 3 x 10⁻⁶; PL_r = c ⇒ 3 x 10⁻⁶ < PL ≤ 10⁻⁶; PL_r = d ⇒ 10⁻⁶ < PL ≤ 10⁻⁷; PL_r = e ⇒ 10⁻⁷ < PL ≤ 10⁻⁸.

Tabela 5. 5 - Relação entre PL e a Categoria do SRP/CS

Relação entre PL e a Categoria do SRP/CS	
PL	Categoria do SRP/CS
a	Categoria B
b	Categoria B
c	Categoria 2
d	Categoria 3
e	Categoria 4

Notas:

A relação estabelecida entre PL (Performance Level) e a Categoria do SRP/CS tem como princípio a situação mais crítica da Tabela 7 da ISO 13849-1 [39].

Com aplicação de proteções fixas, como medida de segurança, não é necessária a aplicação de um circuito de comando.

Especificações do circuito de comando de acordo com a sua categoria:

Categoria B: partes relativas ao sistema de comando da máquina conforme as normas relevantes. As partes relativas à segurança dos sistemas de controlo e/ou os seus dispositivos de proteção, bem como os seus componentes, devem estar concebidos, estruturados, selecionados, compilados e combinados de acordo com as normas respetivas para poder suportar as condições previstas. Comportamento do sistema: a ocorrência de um erro pode provocar uma perda da função de segurança. Princípio: caracterizado principalmente pela seleção dos componentes.

Categoria 1: inclui a categoria B e a utilização de componentes e princípios bem experimentados. Devem cumprir-se os requisitos da categoria B e utilizar-se componentes e princípios de segurança de eficácia comprovada. Comportamento do sistema: a ocorrência de um erro pode provocar uma perda da função de segurança, mas a probabilidade de tal ocorrência é menor do que na categoria B. Princípio: caracterizado principalmente pela seleção dos componentes.

Categoria 2: inclui a categoria 1 e a verificação da função de segurança em intervalos de tempo regulares. Devem cumprir-se os requisitos da categoria B e utilizar-se princípios de segurança de eficácia comprovada. A função de segurança deve ser comprovada com uma periodicidade adequada mediante o sistema de comando da máquina. Comportamento do sistema: a ocorrência de um erro pode provocar a perda da função de segurança durante os intervalos entre testes. Os testes reconhecem a perda da função de segurança. Princípio: caracterizado principalmente pela estrutura.

Categoria 3: inclui a categoria 1 e a deteção de uma única falha, falha essa que não conduza à perda da função de segurança. Devem cumprir-se os requisitos da categoria B e utilizar-se princípios de segurança de eficácia comprovada. Os elementos relativos à segurança devem ser concebidos para que um erro individual em cada um deles não provoque a perda da função de segurança; e que o erro individual seja sempre corretamente detetado. Comportamento do sistema: se se produzir um erro individual, a função de segurança mantém-se sempre intacta. Reconhecem-se vários erros, mas não todos. Uma acumulação de erros não reconhecidos pode provocar a perda da função de segurança. Princípio: caracterizado principalmente pela estrutura.

Categoria 4: inclui a categoria 1 e a deteção de uma única falha na realização ou antes da chamada da função de segurança uma única falha não deve conduzir à perda da função de segurança e essa falha é detetável. Devem cumprir-se os requisitos da categoria B e utilizar-se

princípios de segurança de eficácia comprovada. Os elementos relativos à segurança devem ser concebidos de maneira que um erro individual em cada um deles não provoque a perda da função de segurança e que se reconheça qualquer erro individual durante ou antes da seguinte petição da função de segurança ou, se isso não for possível, que uma acumulação de erros não possa provocar a perda da função de segurança. Comportamento do sistema: se se produzir um erro individual, a função de segurança mantém-se sempre intacta. Os erros são reconhecidos com o tempo suficiente para evitar uma perda da função de segurança. Princípio: caracterizado principalmente pela estrutura.

E a deteção de uma única falha, falha essa que não conduza à perda da função de segurança

Tabela 5. 6 - Legislação e documentos técnicos associados.

Documento	Título
Diretiva 2006/42/CE [29]	Diretiva relativa às máquinas e que altera a Diretiva 95/16/CE
Diretiva 2006/95/CE [30]	Diretiva relativa à harmonização das legislações dos Estados-Membros no domínio do material elétrico
Diretiva 2004/108/CE [31]	Diretiva relativa à aproximação das legislações dos Estados-Membros respeitantes à compatibilidade eletromagnética
ISO EN 12100-1:2003 [32]	Segurança de máquinas. Conceitos fundamentais, princípios gerais de conceção. Parte 1: Terminologia básica, metodologia.
ISO EN 12100-2:2003 [33]	Segurança de máquinas. Conceitos fundamentais, princípios gerais de conceção. Parte 2: Princípios técnicos e especificações.
ISO EN 13857-1:2008 [34]	Segurança Máquina - Distância de segurança para impedir que os membros superiores alcancem zonas perigosas.
NP EN 418:1996 [35]	Segurança Máquina - Equipamentos de paragem de emergência, aspetos funcionais - Princípios de conceção.
NP EN 983:1996 [36]	Segurança de Máquinas - Requisitos de segurança para sistemas e componentes de transmissões hidráulicas e pneumáticas - Pneumática.
NP EN 999:2000 [37]	Segurança de máquinas - Posicionamento de equipamento de proteção em relação às velocidades de aproximação das partes do corpo humano.
NP EN 1037:1995 [38]	Segurança Máquinas - Prevenção a um arranque inesperado.

5.3.7. Interação homem-máquina

Para o comando da máquina estão instalados na zona frontal um terminal de diálogo *Beijer Operator panel iX T4A* e uma caixa de botoneiras. O controlo é feito por um autómato S7-200 (Siemens) CPU226.

5.3.7.1. Caixa de Botoneiras

Como se pode observar na Figura 5.12, a caixa inclui 3 botoneiras: de emergência, de rearme e uma botoneira sinalizadora que indica o estado da máquina.



Figura 5.12 - Caixa de botoneiras.

A botoneira de “Rearme” coloca a máquina em serviço desde que não esteja pressionada a botoneira de “Emergência” e que a máquina se encontre alimentada pelas diversas fontes de alimentação.

A botoneira de “Emergência” coloca a máquina fora de serviço.

5.3.7.2. Terminal de diálogo *Beijer Operator panel iX T4A*

O diálogo com o operador é executado através do terminal de diálogo *Operator panel iX T4A (BEIJER) “Touch-Screen”* (ver Figura 5.13).



Figura 5.13 - BEIJER Operator panel ix T4A.

5.3.7.3. Descrição dos Menus

Na Figura 5.14 apresenta-se o fluxograma dos menus disponíveis na consola táctil.

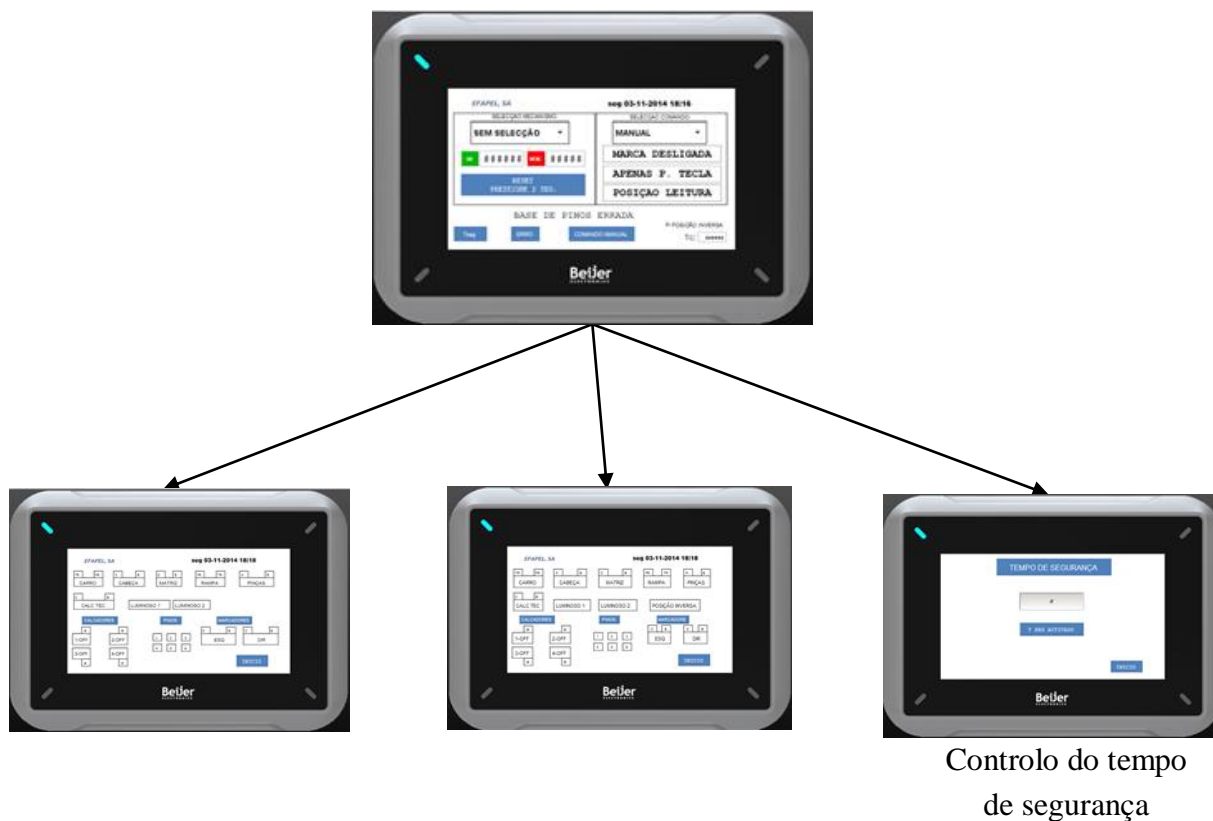


Figura 5.14 - Fluxograma menus consola táctil.

Menu Principal

O menu Principal, cuja imagem se mostra na Figura 5.15, contém informação relativa ao estado de funcionamento da máquina.

Neste menu é seleccionado o modo de funcionamento da máquina assim como o tipo de produto que vai ser ensaiado.



Figura 5.15 - Menu principal.

Seleção do Modo de Funcionamento (Ciclo)

A máquina permite o funcionamento em três modos diferentes:

1. Automático: depois de dada a ordem de início de ciclo a máquina efetua um ciclo automático completo;
2. Passo a Passo: a cada ordem recebida a máquina efetua um passo do ciclo automático;
3. Manual: este modo permite acionar os atuadores pneumáticos de forma independente.

No exemplo mostrado na Figura 5.16, foi seleccionado o modo de funcionamento manual.



Figura 5.16 - Seleção do modo de funcionamento.

Para seleccionar um dos modos de funcionamento deve ser premida a seta na caixa de seleção “SELEÇÃO DE COMANDO” (lado direito do menu principal) e surgirá a caixa de seleção para escolher o modo pretendido.

Seleção do Produto

Premindo o botão da caixa “SELEÇÃO MECANISMO” (lado esquerdo do menu principal, como mostrado na Figura 5.17) irá surgir uma caixa de seleção com as referências possíveis de teste ao equipamento. Escolhida a referência do teste, deve premir-se o interruptor correspondente.



Figura 5.17 - Seleção do produto.

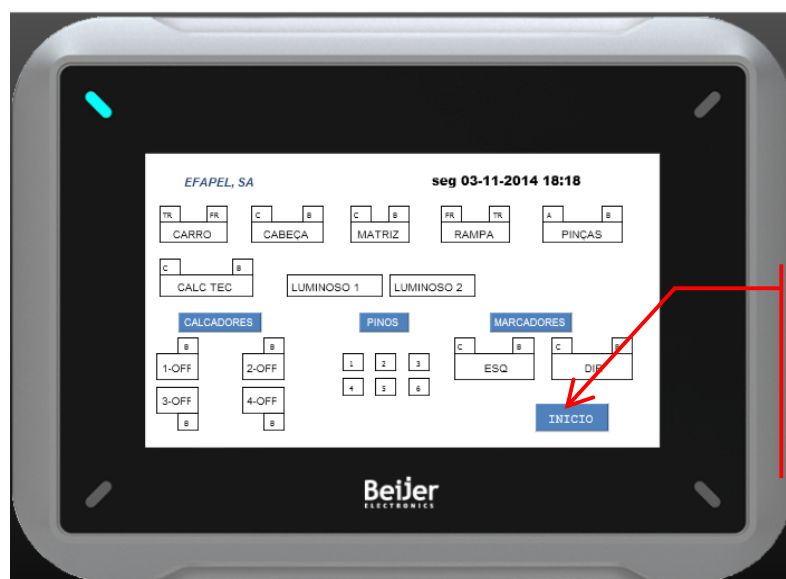
Comandos Manuais

Na Figura 5.18 destaca-se a localização do botão que dá acesso aos menus dos comandos manuais e que está situado na parte inferior do menu principal.



Figura 5.18 - Seleção dos Comandos Manuais.

Se estiver selecionado o ciclo Manual, pressionando o botão “Comandos Manuais” ficará disponível o menu comandos manuais, mostrado na Figura 5.19. Neste menu existem botões que permitem selecionar os diversos conjuntos de atuadores que compõem a máquina.



Botão de acesso
ao menu principal

Figura 5.19 - Menu Comandos Manuais.

5.3.8. Conceção e desenvolvimento do equipamento

Para a realização do ensaio elétrico dos interruptores foi realizada uma matriz de 6 pinos de modo a permitir simular todas as ligações possíveis nos interruptores. Cada um destes pinos pode estar ligado à fase ou ao neutro, conforme a sequência do teste.

No esquema elétrico da matriz dos pinos de teste apresentado na Figura 5.20 pode observar-se a existência de relés que foram instalados de modo a verificar a existência de tensão em cada pino.

No anexo I e II estão apresentados os esquemas elétrico e pneumático do equipamento.

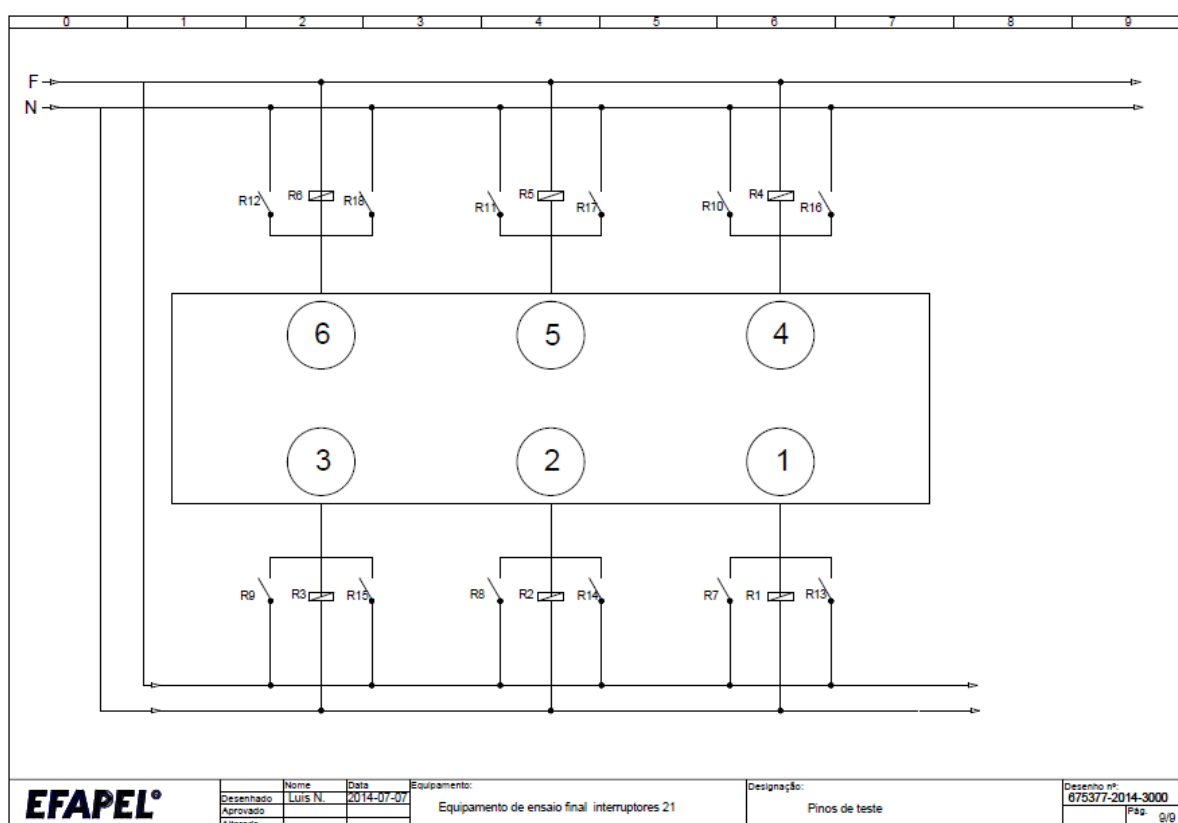


Figura 5.20 - Esquema elétrico - pinos de teste.

A matriz de pinos é constituída por uma base móvel e por pinos com mola que encostam à metalização do interruptor (ver Figura 5.21).

A atuação do interruptor é feita através de 4 calçadores que permitem atuar nos porta teclas, possibilitando a simulação de todas as situações possíveis (ver Figura 5.21).

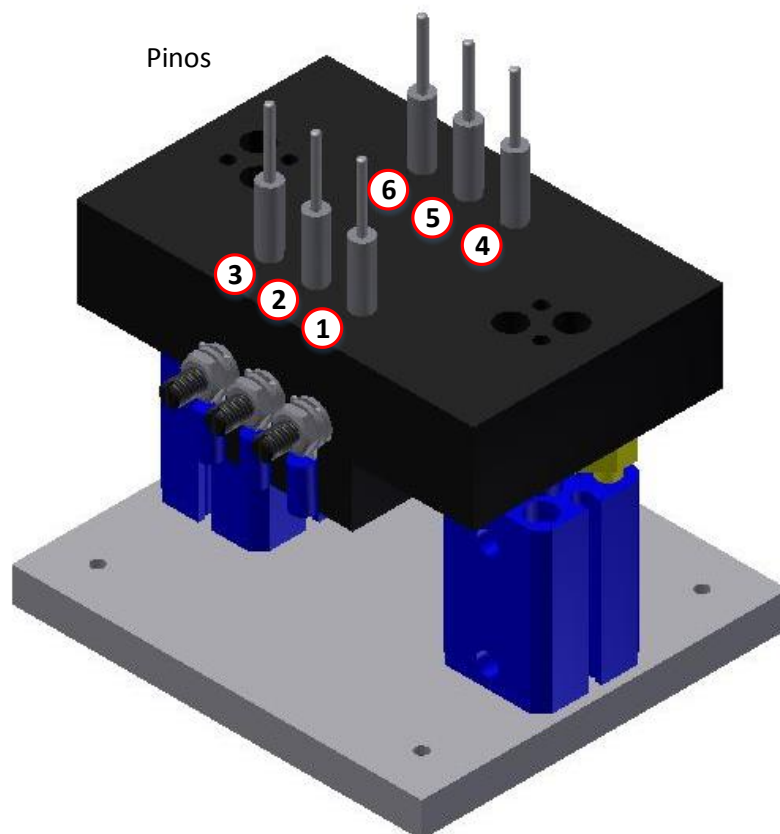


Figura 5.21 - Matriz de pinos.

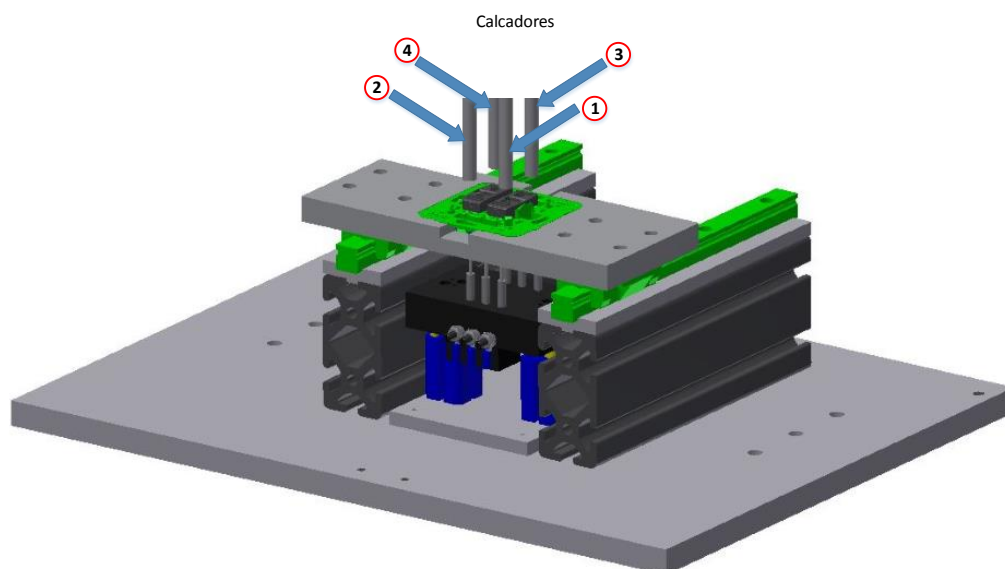


Figura 5.22 - Calcadores de teste.

5.3.9. Peças a testar e descrição do teste

Faz-se de seguida uma descrição do teste a realizar ao interruptor unipolar e ao comutador de lustre.

5.3.9.1. Interruptor unipolar

Para o interruptor unipolar, cujo esquema é apresentado na Figura 5.23, o teste a efetuar incluirá:

- Baixar calcadores 1 e 2;
- Colocar tensão no pino 2;
- Soltar calcadores;
- Verificar descontinuidade do pino 2 para o pino 4;
- Baixar calcadores 3 e 4;
- Soltar calcadores;
- Verificar continuidade do pino 2 para o pino 4;

A parte do programa do autómatos relativa a este ciclo de teste do interruptor unipolar está apresentada na figura 5.24.

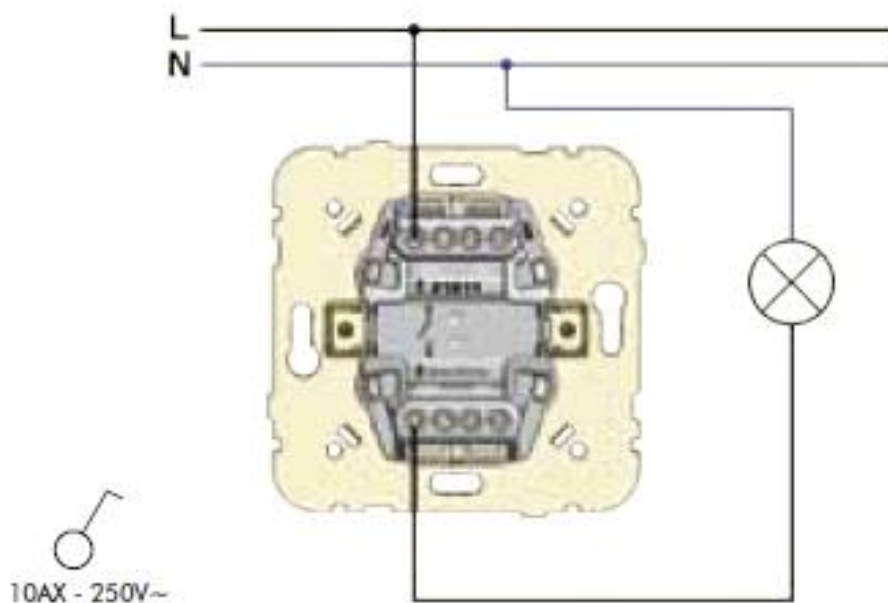


Figura 5.23 - Interruptor unipolar ref.21011.

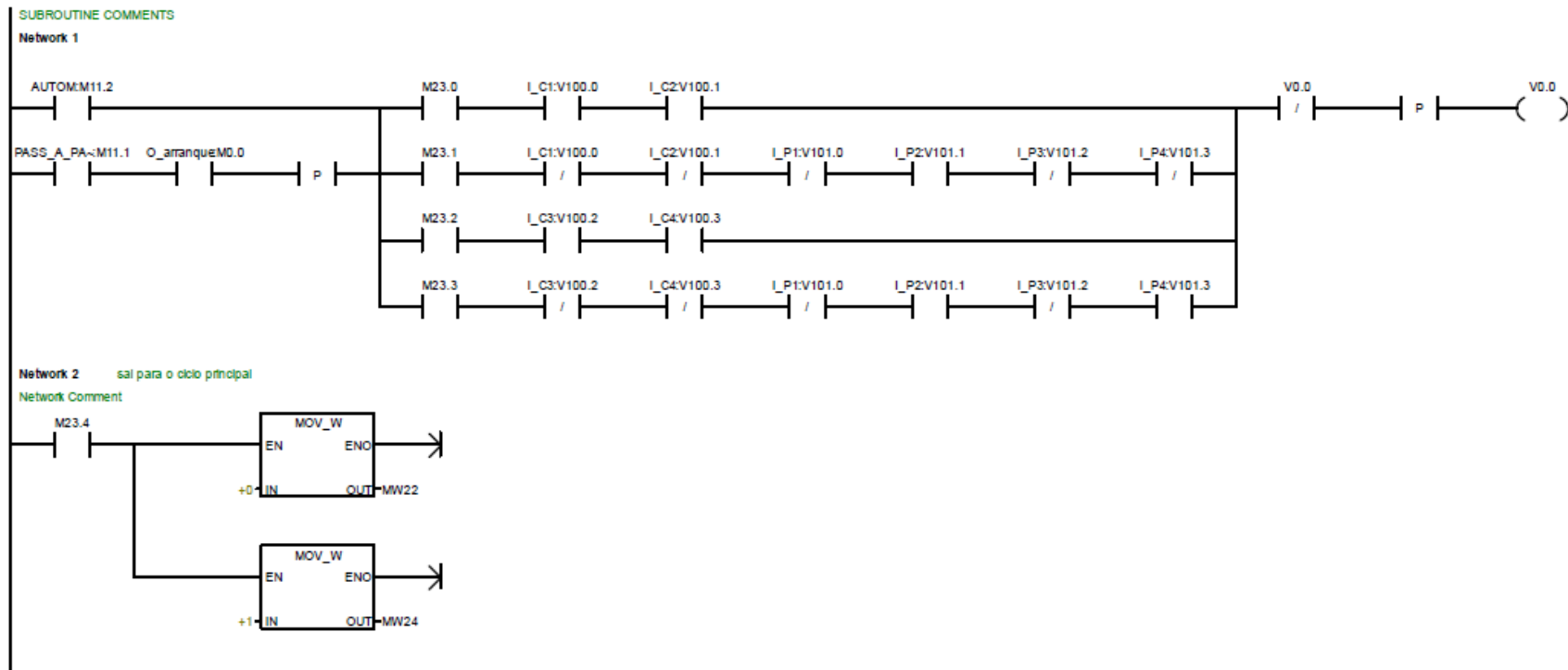


Figura 5.24 - Programa *Ladder* para o teste do interruptor 21011.

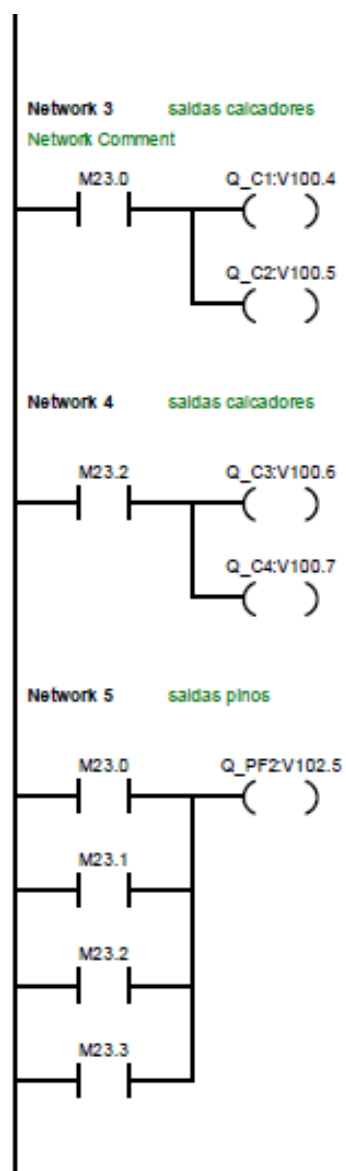


Figura 5.24 (cont.) - Programa Ladder para o teste do interruptor 21011.

5.3.9.2. Comutador de lustre

Para o comutador de lustre, cujo esquema é apresentado na Figura 5.25, o teste a efetuar incluirá:

- Baixar calcadores 1 e 2;
- Colocar tensão no pino 2;
- Soltar calcadores;
- Verificar descontinuidade do pino 2 para o pino 3 e para o pino 4;
- Baixar o calcador 3;
- Soltar calcador;
- Verificar continuidade do pino 2 para o pino 4;
- Baixar o calcador 4;
- Soltar calcador;
- Verificar continuidade do pino 2 para os pinos 4 e 6.

A parte do programa do autómato relativa a este ciclo de teste do interruptor unipolar está apresentada na figura 5.26.

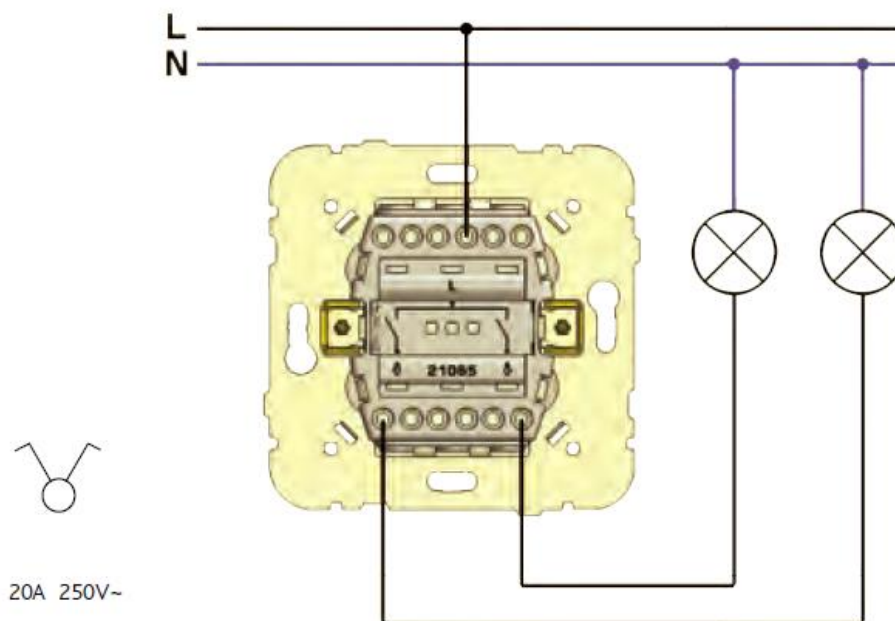


Figura 5.25 - Comutador de lustre ref.21061.

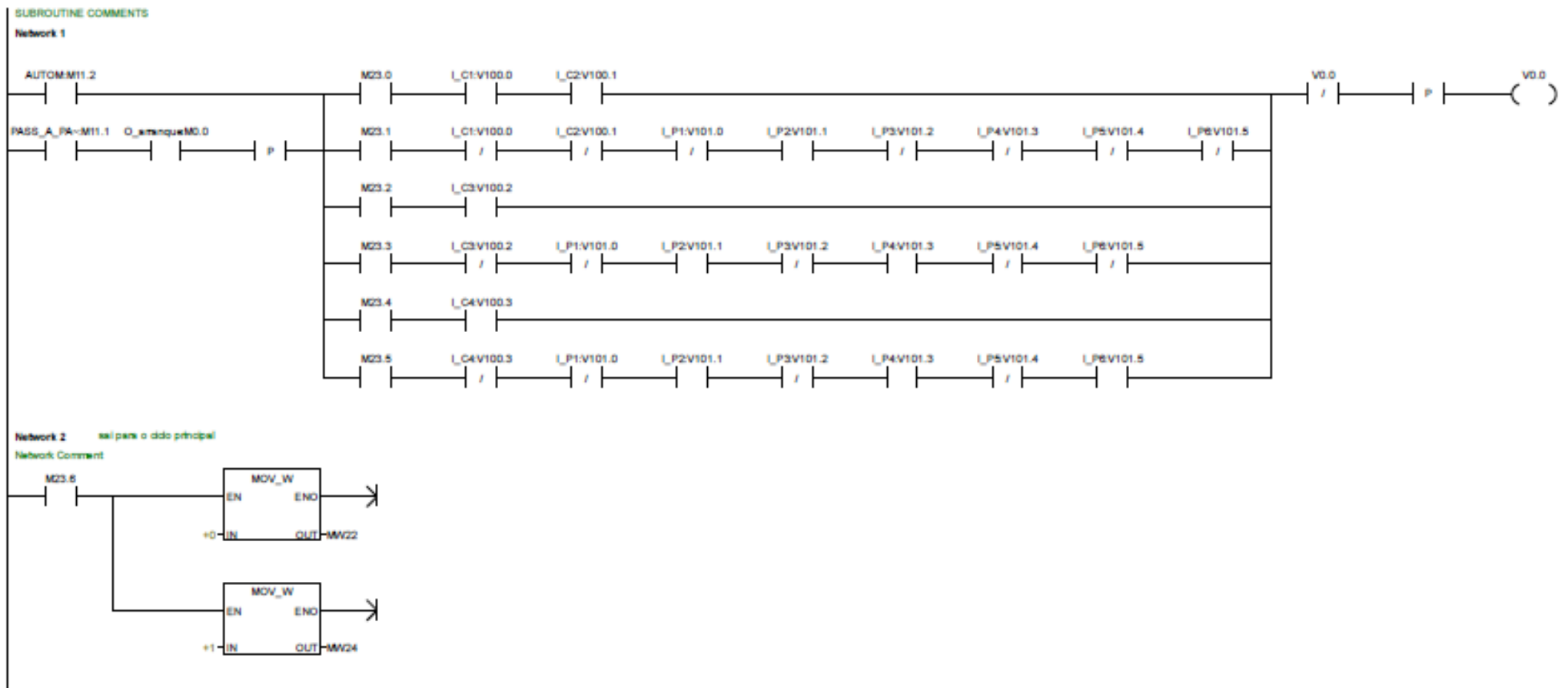


Figura 5.26 - Programa Ladder para o teste do interruptor 21061.

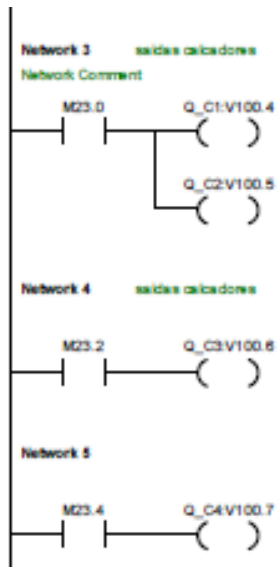


Figura 5.26 (cont.) - Programa Ladder para o teste do interruptor 21061.

6. CONCLUSÕES

O trabalho de Estágio realizado na EFAPEL, Empresa Fabril de Produtos Elétricos que desenvolve e fabrica produtos de qualidade para instalações elétricas de baixa tensão, para além de se ter revelado uma experiência enriquecedora a nível pessoal, permitiu a aplicação e o aperfeiçoamento dos conhecimentos obtidos durante a formação académica, nomeadamente dos conceitos nas áreas do desenvolvimento de processos produtivos e do desenvolvimento de equipamentos. Proporcionou, ainda, a obtenção de novos conhecimentos nas áreas dos tempos e dos métodos, da automação e do projeto de equipamentos.

Este Estágio revelou-se particularmente importante na aprendizagem e acompanhamento das várias etapas da elaboração de um projeto, desde a fase inicial de planeamento até à fase de execução. O sucesso do trabalho de Estágio muito se deve à colaboração dos colegas de trabalho, que muito contribuíram através da partilha de conhecimentos e experiências.

Tendo em vista a promoção da Melhoria Contínua e o incremento da eficácia e da produtividade da EFAPEL, imprescindíveis numa empresa que tem como objetivo ser uma referência no seu sector de negócio, foram desenvolvidas ao longo do trabalho de Estágio diversas tarefas na área do processo produtivo da empresa.

No processo de impressão de componentes, onde as peças são carregadas manualmente num posicionador sendo posteriormente impressas e extraídas de modo automático, foram implementados posicionadores à prova de erros (poka yoke) de modo a evitar a ocorrência de erros humanos. O método poka-yoke, não permitindo a produção de peças defeituosas, mesmo que em quantidades muito reduzidas, tornou o processo de impressão não só mais fiável como também mais eficiente.

Foram remodelados alguns dos equipamentos existentes de modo a possibilitarem a automatização de algumas tarefas, até então realizadas manualmente. A tarefa de aplicar os buçins nas tomadas e interruptores da série estanque passou a ser feita de modo automático, conduzindo a ganhos de eficiência mas também melhorias ergonómicas e ao aumento da capacidade produtiva, uma vez que a execução manual desta tarefa ocupava mais de 1000 horas por ano. No processo de impressão de componentes, os produtos com função estética (como teclas, centros e espelhos) passaram a ser paletizados com o auxílio de um robô de forma a evitar riscos, melhorando a qualidade do produto.

Para além das tarefas referidas, constituiu a atividade principal deste trabalho de Estágio a conceção e otimização de uma linha de montagem de interruptores de embeber, cuja descrição

é apresentada no capítulo 5. Esta otimização da linha de montagem passou pela identificação e implementação de soluções para incrementar a eficiência do processo produtivo e também para garantir a qualidade do produto fabricado.

Para melhorar a eficiência do processo produtivo na linha de montagem de interruptores de embeber recorreu-se a uma metodologia que permitisse a otimização de todas as tarefas manuais realizadas pelos operadores bem como a otimização dos postos de trabalho. Para o efeito, seleccionou-se o Methods-Time Measurement, um método de medida do trabalho que utiliza tempos previamente estabelecidos para a execução de procedimentos totalmente influenciáveis pelo elemento humano. A escolha do MTM deve-se ao facto de o método poder ser utilizado para a otimização de todos os processos manuais de trabalho; obrigar a pensar em grandezas de influência e evitar custos; ser aplicável em todos os ramos e sectores de negócios; ser fácil de aprender e ajudar a fazer bem desde o início!

Para garantir uma qualidade de excelência aos produtos fabricados, foi implementado um equipamento que permite a realização de um ensaio elétrico a 100% dos produtos fabricados de forma eficiente e ao menor custo possível. Na construção deste equipamento foi garantido que o teste fosse feito de forma simples e rápida, simplificando ao máximo a interação homem-máquina através de uma consola táctil. De modo a garantir a segurança dos operadores, este equipamento foi idealizado e construído tendo como base as Diretivas Europeias que definem as regras para máquinas e equipamentos.

Após a implementação da linha de montagem de interruptores de embeber foram verificados ganhos de eficiência de aproximadamente 3%. Este valor pode parecer, numa primeira análise, muito modesto e, portanto, pouco significativo. No entanto, tendo em consideração que este ganho é obtido num processo maduro que já se encontrava numa fase avançada de desenvolvimento e que é o processo respeitante aos produtos com maior volume de produção da empresa, podemos considerar estes resultados muito animadores. Assim o entendeu a administração da EFAPEL que decidiu pela implementação de mais 4 linhas de montagem de interruptores de embeber. Também nestas 4 linhas se obtiveram ganhos de eficiência similares aos obtidos na primeira linha de montagem.

Com base nos resultados obtidos nas 5 linhas de montagem de interruptores de embeber, a administração está a ponderar a implementação desta solução de processo produtivo em toda a área de montagem da empresa. A implementação iniciar-se-á nas linhas de montagem de

interruptores e tomadas salientes e estanques, sendo progressivamente alargada a todo o processo de montagem de produto final.

Nas linhas de montagem de interruptores e tomadas salientes e estanques, que envolvem processos que não se encontravam num grau de maturidade tão elevado como os processos das linhas de montagem de interruptores de embeber, são esperados ganhos de eficiência ainda mais significativos, prevendo-se que atinjam os 10%.

A Melhoria Contínua é imprescindível numa empresa que tem como objetivo ser uma referência no seu sector de negócio e que assume o compromisso de entregar produtos e serviços de alta qualidade utilizando processos eficientes. A melhoria dos processos produtivos existentes, bem como o desenvolvimento de novos processos produtivos eficientes serão uma realidade inevitável que permitirá não só o incremento do negócio das empresas mas também um crescimento profissional e pessoal aos seus colaboradores. Nesse sentido, a EFAPEL faz todos os anos um investimento na formação e qualificação profissional e pessoal dos seus colaboradores.

REFERÊNCIAS

- [1] CITEVE (2005). Manual do Formando. Módulo 2: Planeamento e Organização da Produção, Vila Nova de Famalicão.
- [2] OECD (2010). Measuring productivity. Measurement of aggregate and industry-level productivity growth. Disponível em www.oecd.org.
- [3] Mora, J. N. C. (2014). "Continuous Improvement Strategy", *European Scientific Journal* 10.34.
- [4] Dahlgaard, Jens J. (2014). "From Organisational Assessment and Continuous Improvement to Learnability, Innovability and Sustainability." *Total Quality Management & Business Excellence* 25.9-10 967-968.
- [5] Mesquita, Melissa, and D. H. Alliprandini (2003). "Competências essenciais para melhoria contínua da produção: estudo de caso em empresas da indústria de autopeças." *Gestão & Produção* 10.1 17-33.
- [6] Bessant, J., S. Caffyn, and M. Gallagher (2001). "An evolutionary model of continuous improvement behaviour." *Technovation* 21.2 67-77.
- [7] Singh, J., and H. Singh (2009). "Kaizen philosophy: a review of literature." *The Icfai University Journal of Operations Management* 8.2 51-72.
- [8] Kaizen Institute. <http://pt.kaizen.com/quem-somos/significado-de-kaizen.html>
- [9] (GIKA) KAIZEN - A melhoria Contínua na Prática, disponível em: <http://www.key.pt/cursos/gestao-industrial-kaizen-a-melhoria-continua-na-pratica>
- [10] Kaizen - Melhoria Contínua. Disponível em: <http://www.projetqualidade.com/page/kaizen.html>.
- [11] Karkoszka, T., and J. Honorowicz (2009). "Kaizen philosophy a manner of continuous improvement of processes and products." *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 35.2 197-203.

-
- [12] Joshi, Asmita (2013). "Implementation of Kaizen as a continuous improvement tool-A case study." *ASM's E-Journal of Ongoing Research in Management and IT* 1-9.
- [13] Santos, R. Lu., and F. C. Pierre (2014). "Melhoria da Eficiência Operacional com Filosofia Kaizen: Um Estudo de Caso em uma Empresa Metalúrgica." *Tekhne e Logos* 5.2 140-152.
- [14] Andersson, A., B. Nordgren, and J. Hall (1996). Measurements of movements during highly repetitive industrial work. *Applied Ergonomics*, 27 (5): 343-344.
- [15] Dağdeviren, Metin, Ergün Eraslan, and Fatih V. Çelebi (2011). An alternative work measurement method and its application to a manufacturing industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 24 (5): 563-567.
- [16] Jianxin Jiao, Mitchell M. Tseng (1999). A pragmatic approach to product costing based on standard time estimation. *International Journal of Operations & Production Management*, 19 (7): 738-755.
- [17] AEP - Associação Empresarial de Portugal (2003). Métodos e Tempos. Manual Pedagógico PRONACI.
- [18] Atalay, Kumru Didem, Ergün Eraslan, and M. Oya Çinar (2014). A hybrid algorithm based on fuzzy linear regression analysis by quadratic programming for time estimation: An experimental study in manufacturing industry. *Journal of Manufacturing Systems*.
- [19] Laring, J., M. Forsman, R. Kadeforsa, R. Ortengren (2002). MTM-based ergonomic workload analysis. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 30:135-148.
- [20] Cohen, Y., B. Bidanda, and R. E. Billo (1998). Accelerating the generation of work measurement standards through automatic speech recognition: a laboratory study. *International Journal of Production Research*, 36 (10): 2701-2715.
- [21] Eraslan, Ergün (2009). The estimation of product standard time by artificial neural networks in the molding industry. *Mathematical Problems in Engineering*.
- [22] Priore, P., De La Fuente, D., Puente, J., & Parreño, J. (2006). A comparison of machine-learning algorithms for dynamic scheduling of flexible manufacturing systems. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 19 (3): 247-255.
-

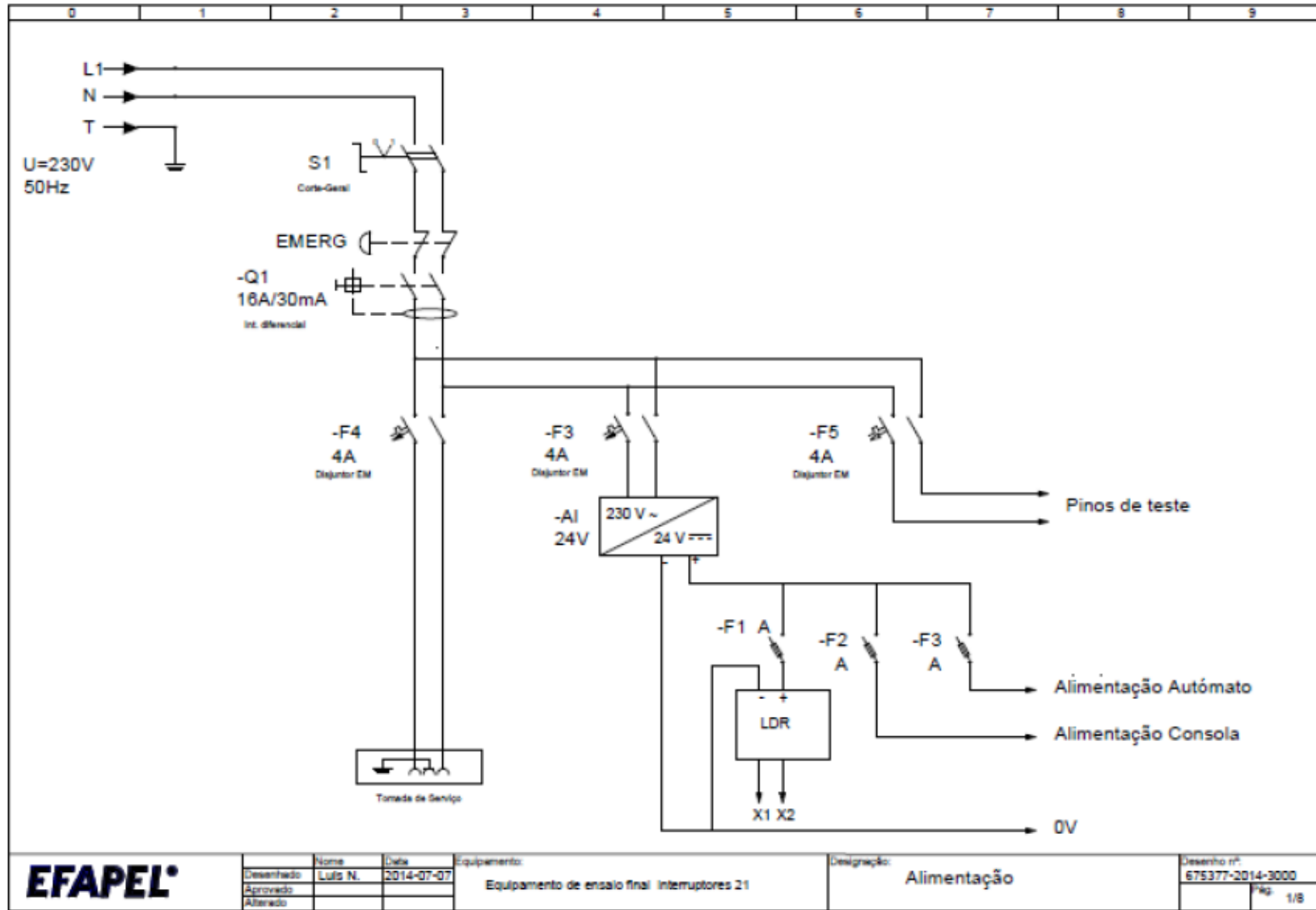
- [23] IST-Instituto Superior Técnico Estudo dos Tempos (2014), obtido em dezembro 2014 em <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571245991/Estudo>
- [24] REFA, Instituto. (1991). Organização de empresas - Metodologia REFA do estudo do trabalho. Vol. 2. REFA - Verband fur Arbeitsstudien u. Betriebsorganisation e. V.: Instituto REFA.
- [25] Almeida, Denis Leandro Monteiro (2008). Análise da Aplicação do Método MTM em Empresas de Manufatura: Estudos de Caso. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.
- [26] Christmansson, M., Falck, A. C., Amprazis, J., Forsman, M., Rasmusson, L., & Kadefors, R. (2000). Modified method time measurements for ergonomic planning of production systems in the manufacturing industry. *International Journal of Production Research*, 38 (17): 4051-4059.
- [27] Novaski, O., Sugai, M., & Barbosa, J. (2003). Engineering Focused in Human Resources Case Study of a MTM Application in a Workstation. 17th International Congress of Mechanical Engineering, November 10-14, 2003, São Paulo, Brasil.
- [28] Silveira, Thiago, Arnaldo Vieira Jacob, and Mirna de Borba. "O Método MTM (Methods Time Measurement) para o aumento da produtividade e melhorias das práticas de trabalho." Programa de Educação Tutorial Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.
- [29] Diretiva 2006/42/CE do Parlamento Europeu e do Conselho. *Jornal Oficial da União Europeia*, de 9.6.2006, L 157/24.
- [30] Diretiva 2006/95/CE do Parlamento Europeu e do Conselho. *Jornal Oficial da União Europeia*, de 27.12.2006, L 374/10.
- [31] Diretiva 2004/108/CE do Parlamento Europeu e do Conselho. *Jornal Oficial da União Europeia*, de 31.12.2004, L 390/24.
- [32] ISO EN 12100-1 (2003). Segurança de máquinas. Conceitos fundamentais, princípios gerais de conceção. Parte 1: Terminologia básica, metodologia.

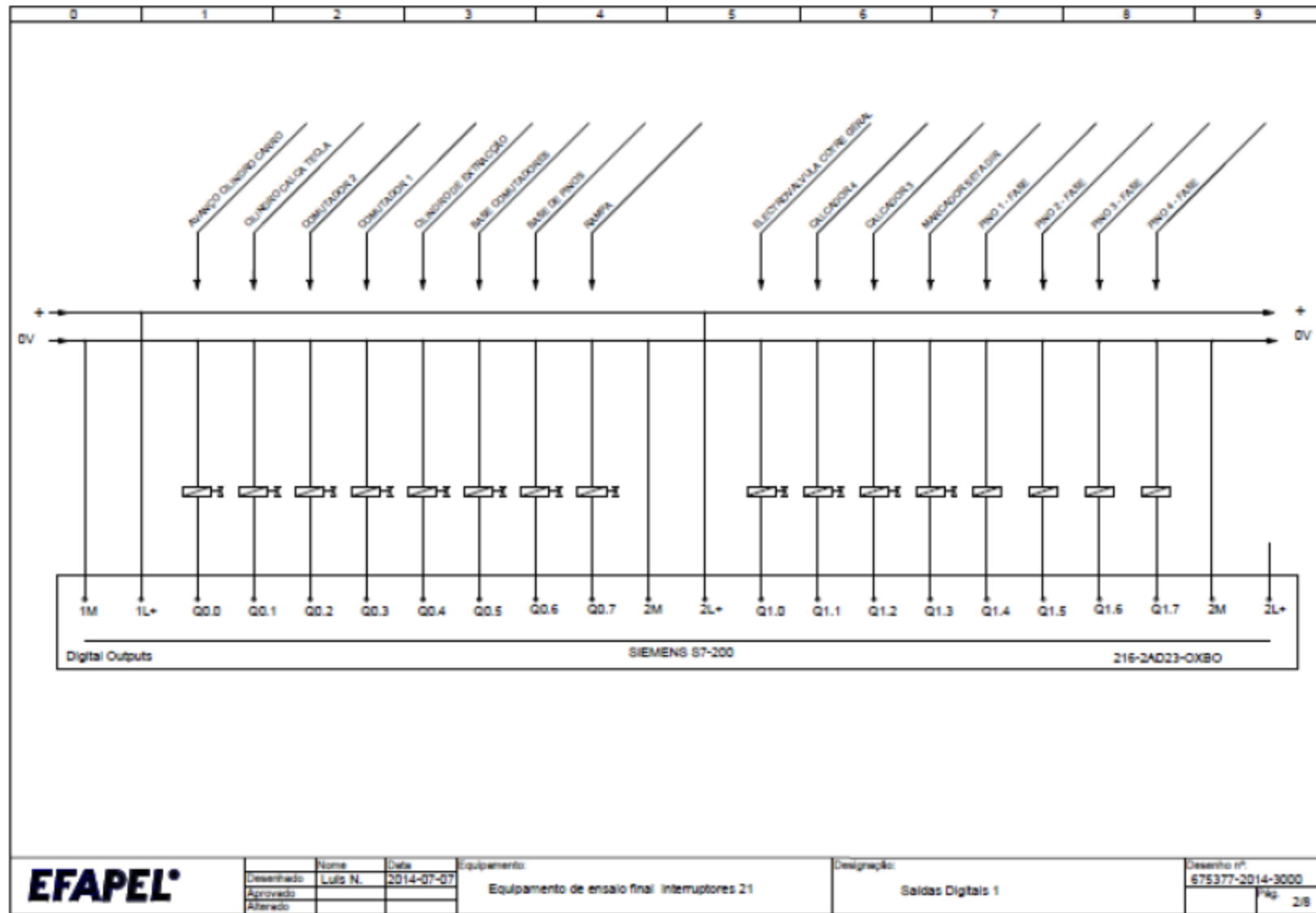
-
- [33] EN ISO 12100-2 (2003). Segurança de máquinas. Conceitos fundamentais, princípios gerais de concepção. Parte 2: Princípios técnicos e especificações.
- [34] ISO EN 13857-1 (2008). Segurança Máquina - Distância de segurança para impedir que os membros superiores alcancem zonas perigosas.
- [35] NP EN 418 (1996). Segurança Máquina - Equipamentos de paragem de emergência, aspetos funcionais - Princípios de concepção.
- [36] NP EN 983 (1996). Segurança de Máquinas - Requisitos de segurança para sistemas e componentes de transmissões hidráulicas e pneumáticas - Pneumática.
- [37] NP EN 999 (2000). Segurança de máquinas - Posicionamento de equipamento de proteção em relação às velocidades de aproximação das partes do corpo humano.
- [38] NP EN 1037 (1995). Segurança Máquinas - Prevenção a um arranque inesperado.
- [39] EN ISO 13849-1 (2008). Segurança de máquinas - Partes dos sistemas de comando relativos à segurança.
- [40] EN ISO 14121-1 (2008). Segurança de máquinas - Avaliação de risco.

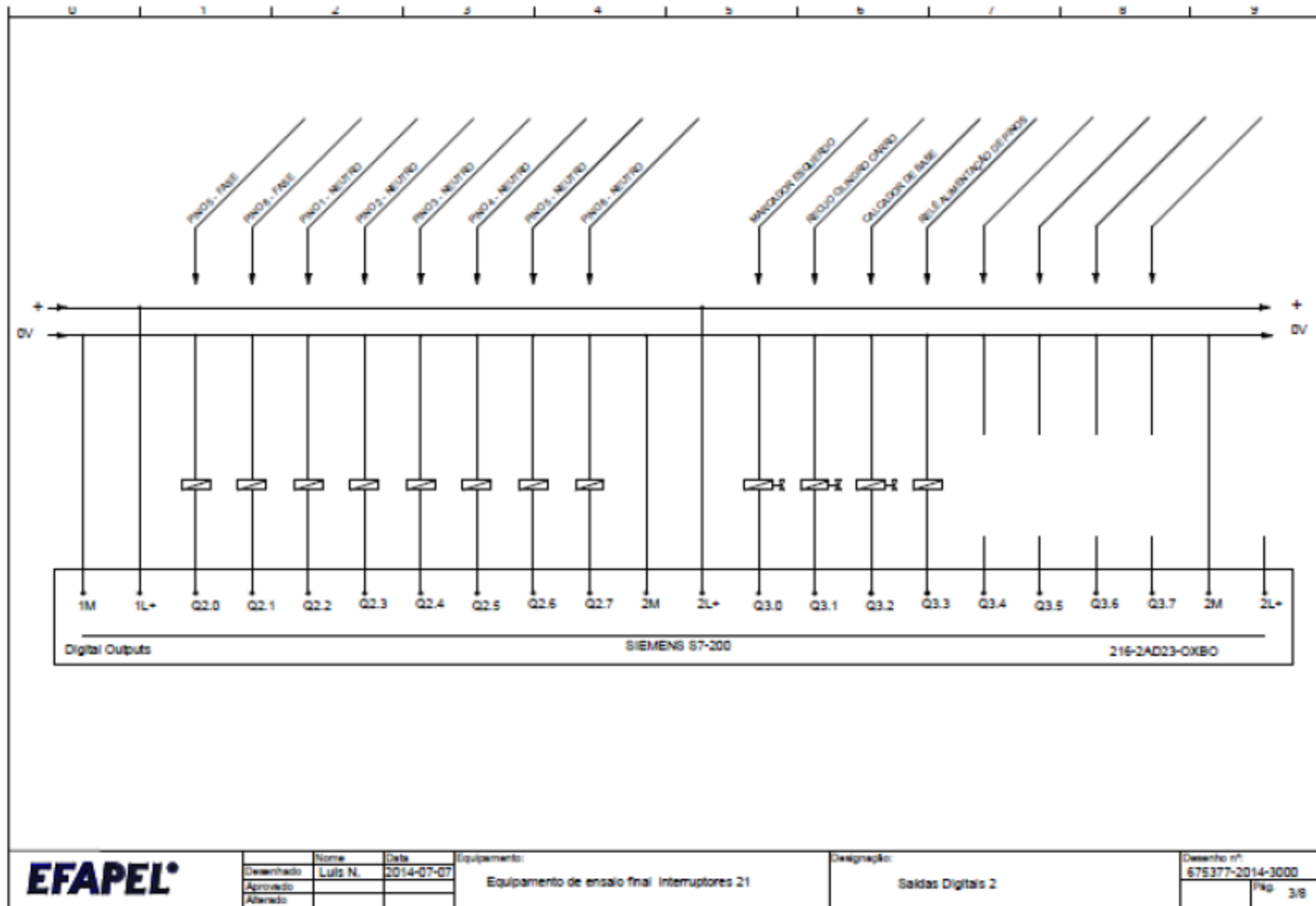
ANEXOS

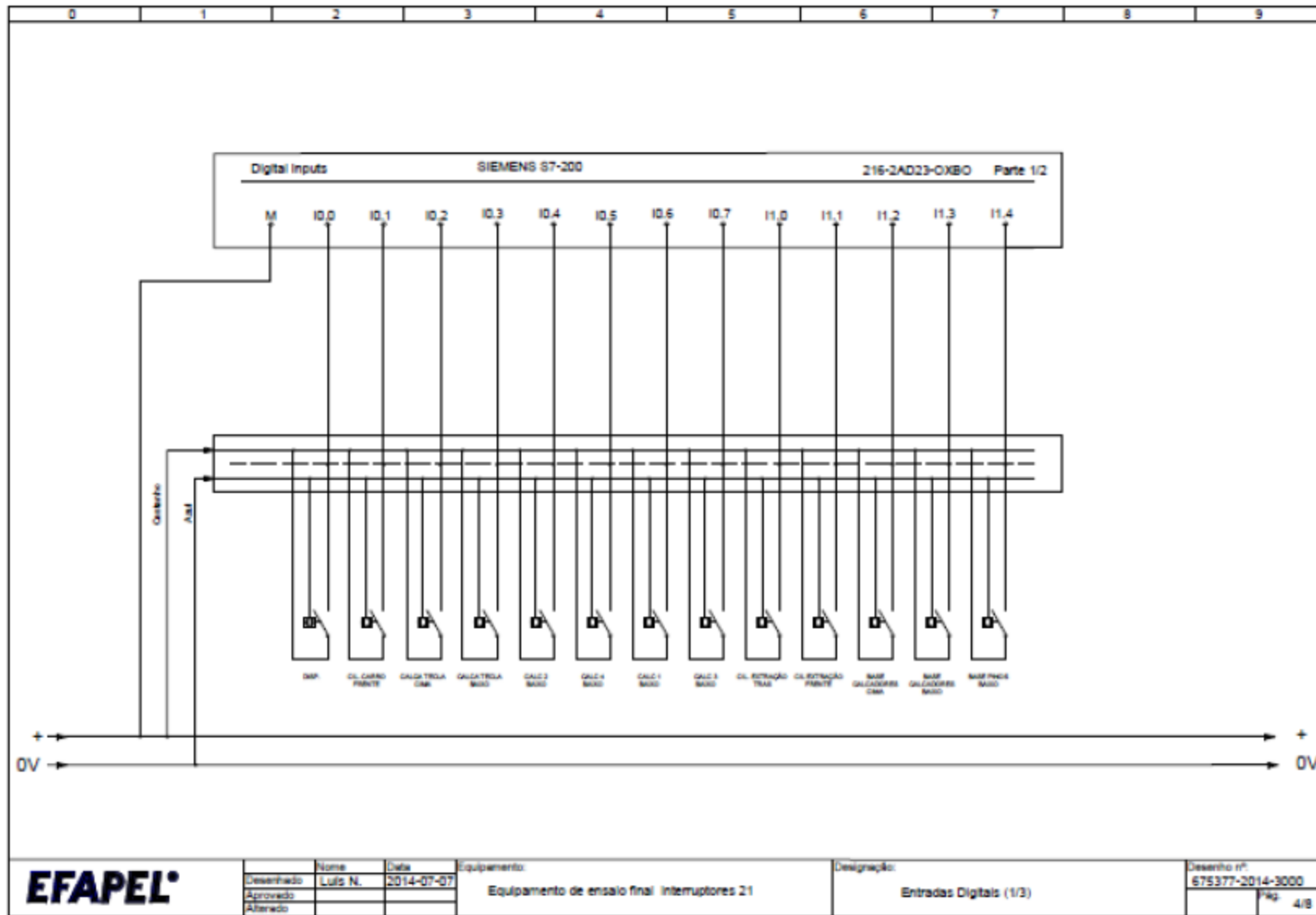
ANEXO I - Esquema elétrico

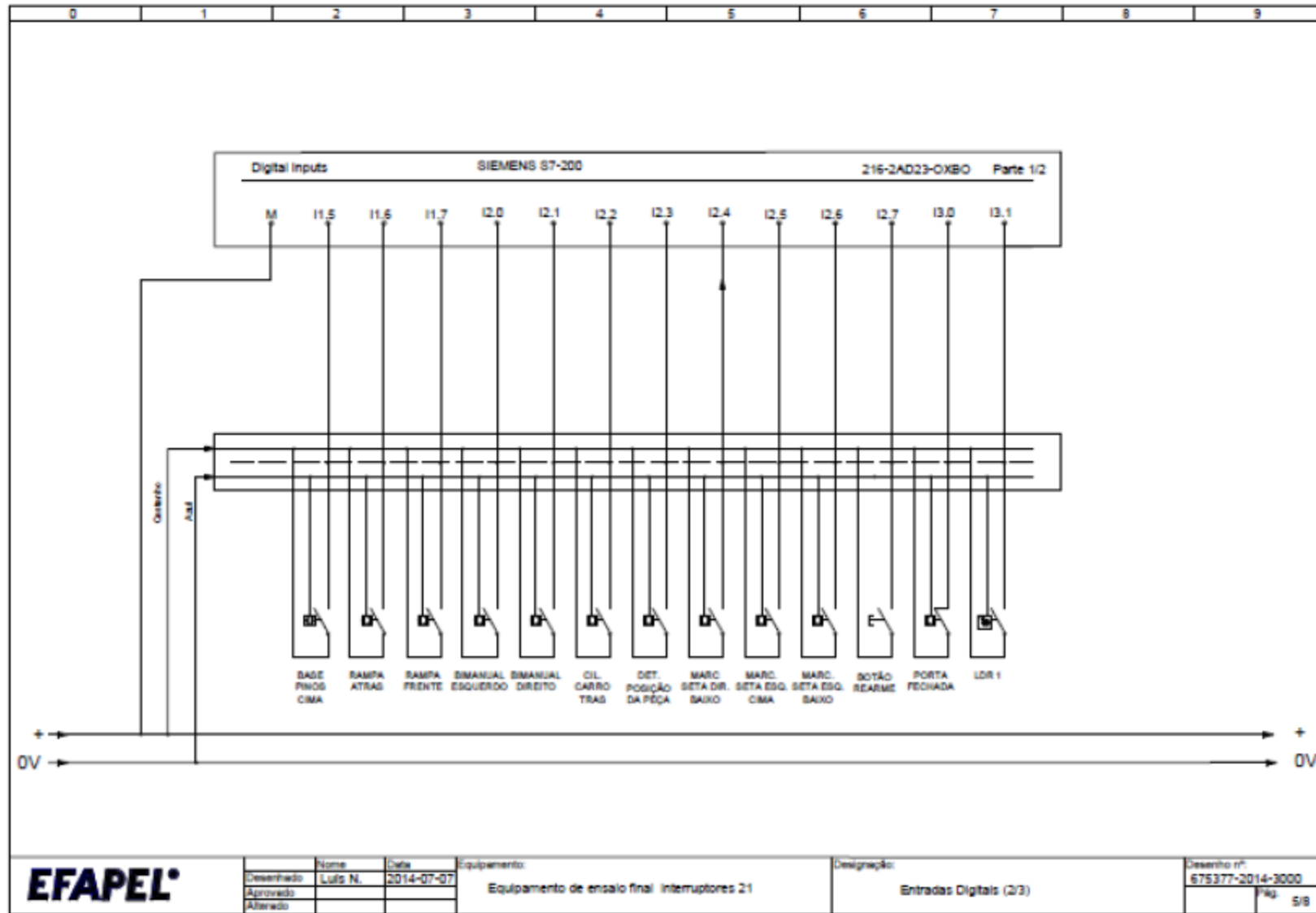
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<h1>Esquema Eléctrico</h1> <p>EQUIPAMENTO DE ENSAIO DE INTERRUPTORES 21 M Cod. Equip.: 675377</p>									
EFAPEL	Desenhado	Nome	Data	Equipamento	Designação	Desenho nº	675377-2014-3000		
	Aprovado	LUIS N.	2014-07-07				Fig. 0		
	Alterado								

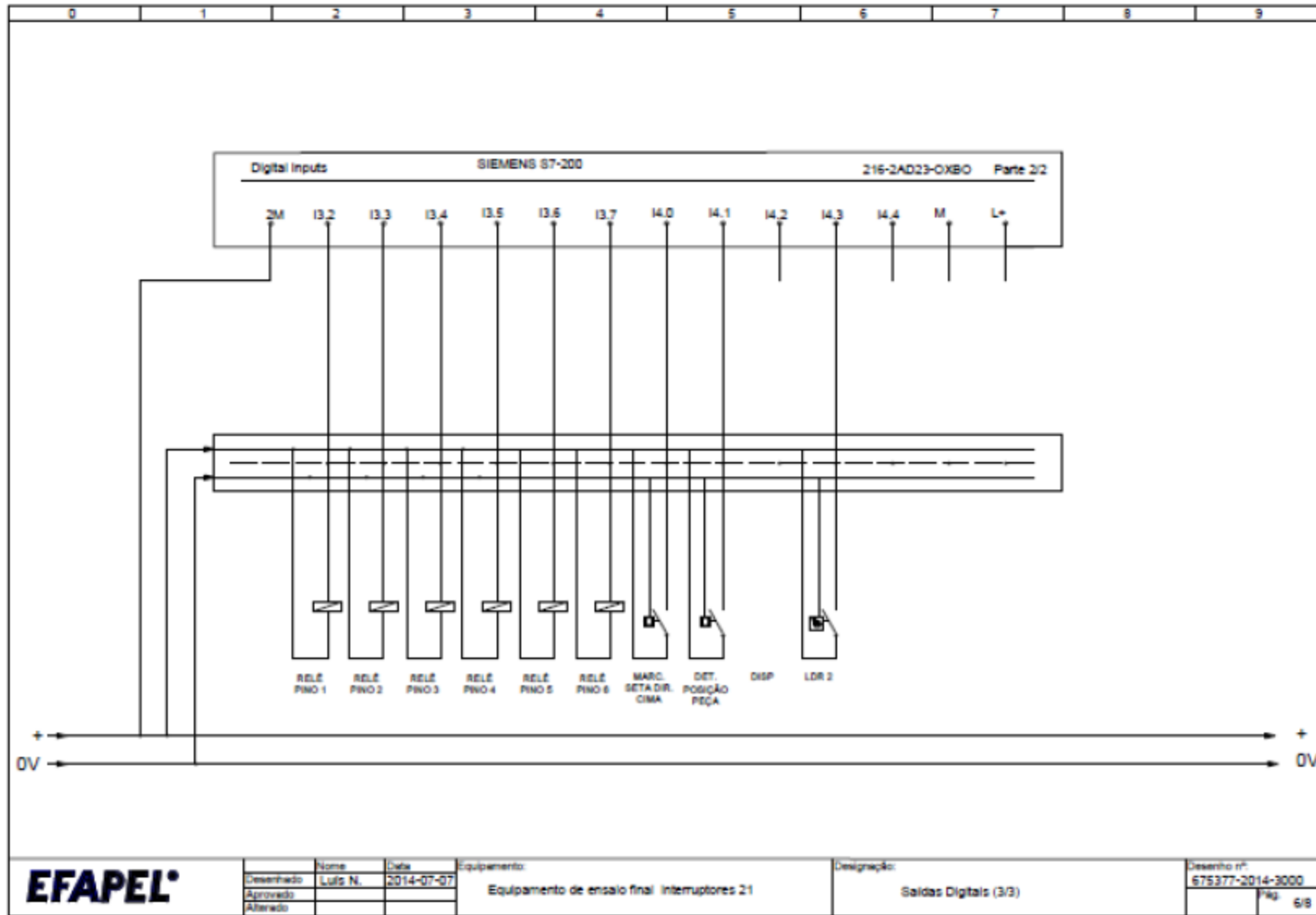


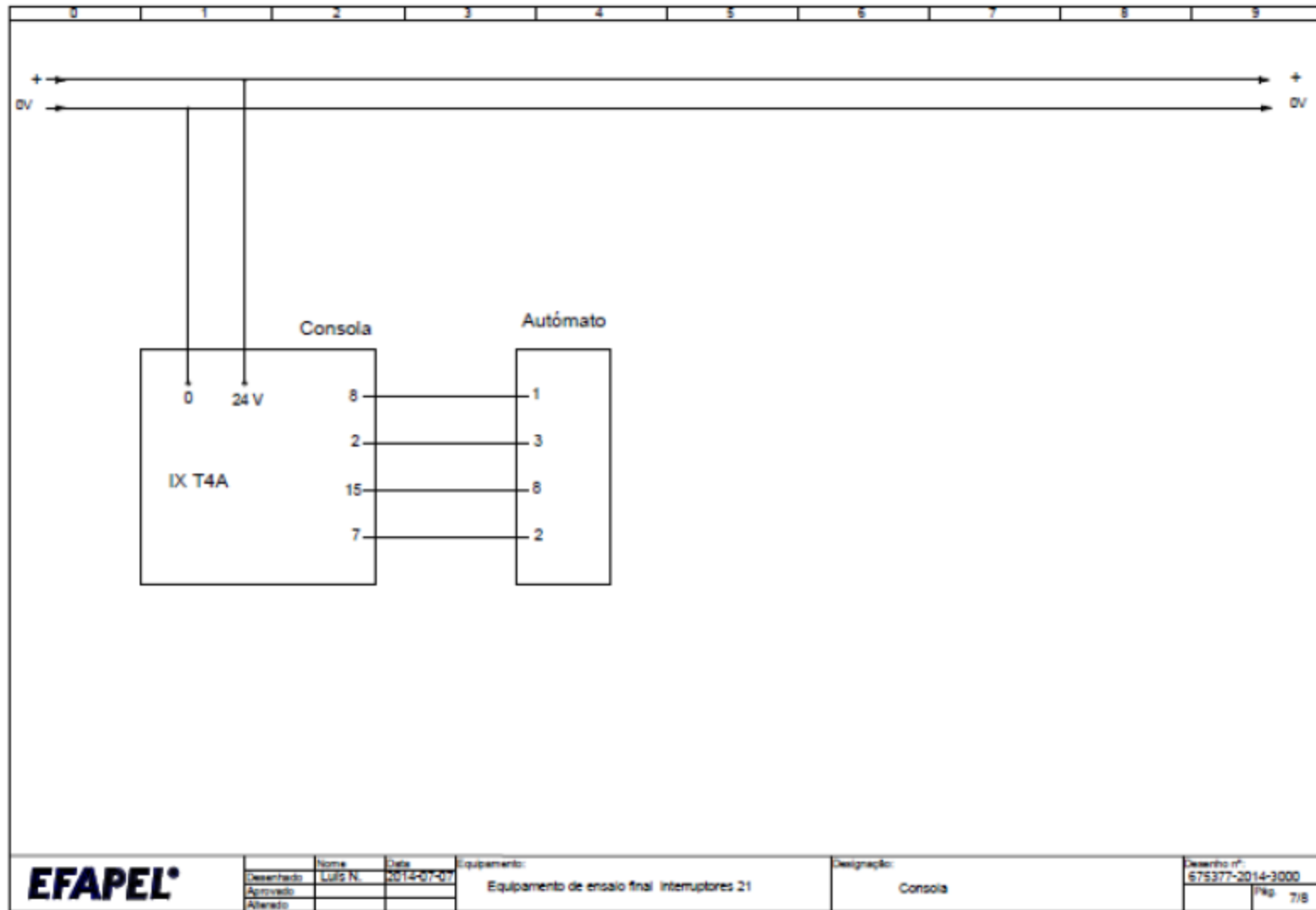


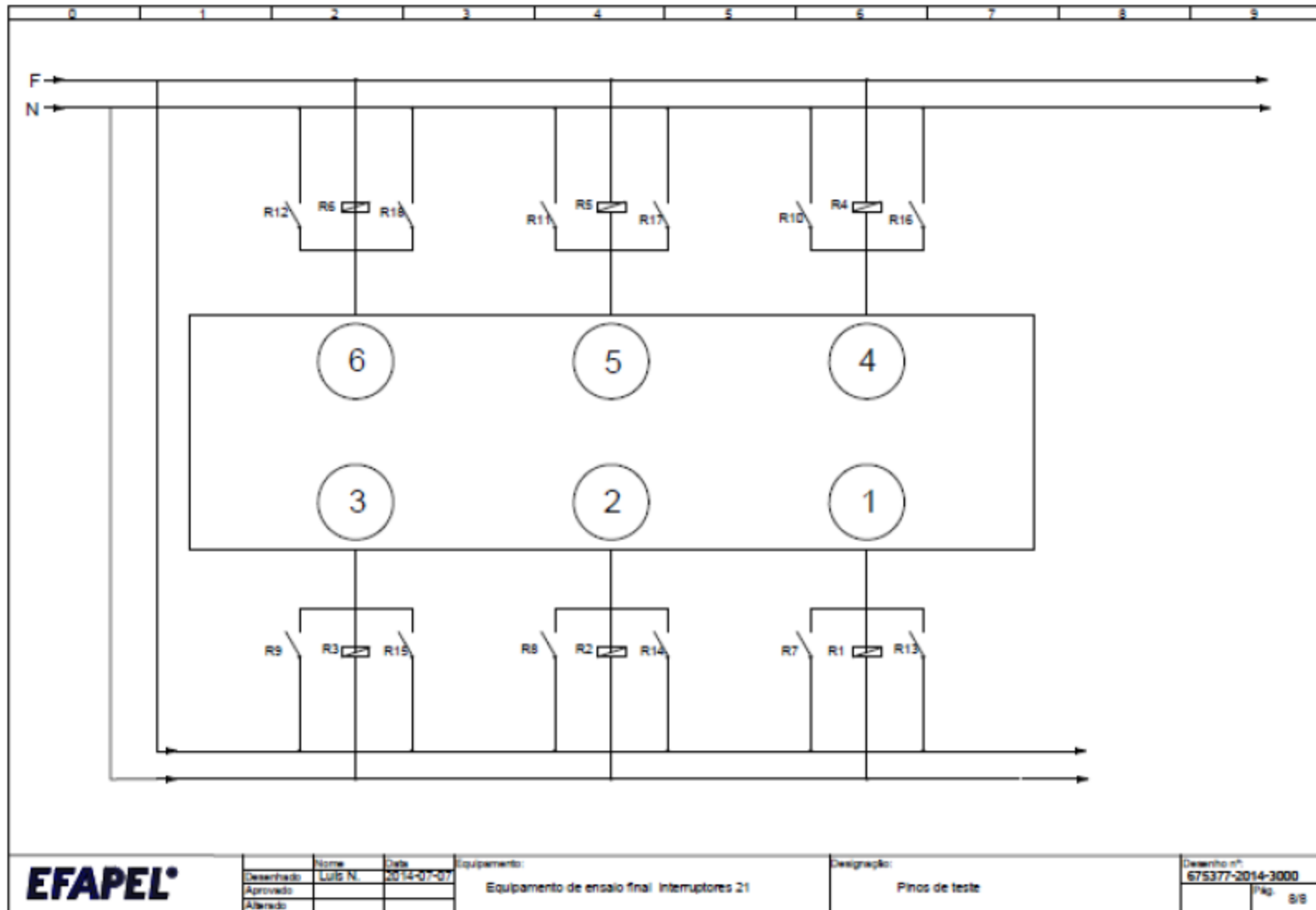












Anexo II - Esquema Pneumático

