



Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA E
BIOLÓGICA

Gestão de Projetos – A utilização da metodologia PERT/CPM na manutenção de uma prensa de extrusão de alumínio

Trabalho de Projeto para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia e Gestão de Ativos Físicos

Autor

Victor Tambellini Cordeiro

Orientadores

José Manuel Torres Farinha

Ana Carla Vieira



INSTITUTO POLITÉCNICO DE
COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

Coimbra, abril, 2024

RESUMO

Esse relatório aborda a importância da utilização de metodologias de projeto no auxílio da gestão da manutenção industrial. No caso de grandes manutenções, onde há uma paragem da produção por tempo determinado, torna-se obrigatório que o gestor de manutenção tenha conhecimento em técnicas de planeamento e projetos para que sejam respeitados custos e prazos, de modo a evitar alterações no budget e atrasos na produção.

O trabalho em questão trata-se da aplicação de uma técnica de gestão de projetos em uma manutenção industrial de grande porte, em que foi necessária uma paragem da produção por cerca de 45 dias, onde a metodologia de planeamento de projeto utilizada foi a técnica PERT/CPM. Esta técnica consiste em identificar as tarefas do projeto, a ordem destas tarefas e o tempo estimado para cada uma delas e permite elaborar e executar um plano onde é possível identificar as atividades críticas e as folgas do projeto.

A manutenção foi realizada em uma indústria de extrusão de alumínio, onde as tarefas utilizadas para a criação do projeto foram realizadas na prensa hidráulica, que é considerada o principal ativo físico de uma extrusora.

A utilização da técnica PERT/CPM permitiu analisar quais tarefas podiam ser realizadas em paralelo com outras e identificar os gargalos, possibilitando priorizar as tarefas mais críticas.

Palavras chave: PERT/CPM; Manutenção industrial, Metodologias de projeto

ABSTRACT

This paper addresses the importance of using project methodologies in order to improve management of industrial maintenance. In the case of high-scale maintenance, where there is a need for an interruption of the production process for a specified period of time, it is mandatory for the maintenance manager to have knowledge of planning and project techniques so that costs and deadlines are kept, in order to avoid delays in production and deviations in the budget.

The work described in this article demonstrates the application of a project management technique in a large industrial maintenance, in which it was necessary to interrupt production for around 45 days, where the project planning methodology used was the PERT technique. /CPM. This technique consists of identifying the project tasks, the right sequence for these tasks, the estimated time for each of them individually and allows you to create and execute a plan where it is possible to identify the critical activities and slack in the project.

Maintenance was carried out in an aluminum extrusion industry, where the tasks used to create the project were done in the hydraulic press, which is considered the main physical asset of an extruder.

The PERT/CPM technique made it possible to analyze which tasks could be carried out in parallel with others and identify bottlenecks, making it possible to prioritize the most critical tasks.

Keywords: PERT/CPM; Industrial Maintenance; Project Methodologies

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha linda esposa, pelo carinho, companheirismo e compreensão nos momentos de ocupação com este projeto.

Agradeço ao meu filho Arthur e à minha filha Alice por sempre me apoiarem e se interessarem por meus projetos.

Agradeço aos meus pais pelo amor, carinho e educação que me deram durante todos os anos da minha vida.

Agradeço aos meus orientadores, professor doutor José Manuel Torres Farinha e professora doutora Ana Carla Vieira, pelo incentivo, acompanhamento, auxílio com a estrutura deste projeto e principalmente por estarem sempre disponíveis.

Agradeço também a todos os professores pelo conhecimento que me foi transmitido durante as aulas e que contribuíram com minha formação profissional.

Agradeço aos meus colegas de classe por toda amizade, aprendizagem e pelo tempo que passamos juntos.

E agradeço principalmente à Deus, por me permitir concluir mais uma etapa e por me dar saúde e graça para continuar a cada dia.

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| Resumo | i |
| Abstract..... | ii |
| Agradecimentos | iii |
| Índice..... | iv |
| Índice de figuras..... | vi |
| Índice de Tabelas | viii |
| Lista de abreviaturas..... | ix |
| 1 Introdução | 1 |
| 1.1 Estrutura do Projeto | 2 |
| 2 Gestão da Manutenção..... | 4 |
| 2.1 Tecnologias de Manutenção | 9 |
| 2.2 Técnicas avançadas de manutenção..... | 10 |
| 2.2.1 TPM: <i>Total Productive Maintenance</i> | 10 |
| 2.2.2 RCM: <i>Reliability Centered Maintenance</i> | 14 |
| 2.2.3 Tecnologias de monitorização | 16 |
| 2.3 Normas relativas à Manutenção | 17 |
| 3 Gestão de Ativos..... | 19 |
| 3.1 Tipos de Ativos | 19 |
| 3.2 Gestão de Ativos nas Empresas..... | 21 |
| 3.3 Ferramentas de Gestão de Ativos | 23 |
| 3.3.1 Custo do ciclo de vida..... | 23 |
| 3.3.2 Análise de falhas de um ativo..... | 25 |
| 4 Gestão de Projetos..... | 30 |
| 4.1 Definição de projeto | 30 |
| 4.2 Ciclo de vida da gestão de projetos..... | 31 |
| 4.3 Áreas de conhecimento na gestão de projetos | 33 |
| 4.4 Ferramentas e Metodologias de Gestão de projetos..... | 35 |
| 4.4.1 Estrutura analítica do projeto (EAP) | 36 |
| 4.4.2 Gráficos de Gantt..... | 37 |
| 4.4.3 <i>Softwares</i> | 37 |
| 4.5 Redes PERT/CPM | 37 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.5.1 | Diferenças e Processo de construção | 38 |
| 4.5.2 | Metodologia PERT/CPM do projeto..... | 40 |
| 5 | Enquadramento Operacional | 44 |
| 5.1 | Linha de Extrusão de Alumínio | 44 |
| 6 | Desenvolvimento do projeto..... | 50 |
| 6.1 | Atividades do projeto | 50 |
| 6.1.1 | Descrição das atividades | 52 |
| 6.2 | Estrutura e planeamento do projeto..... | 59 |
| 6.3 | Execução do Projeto..... | 60 |
| 6.3.1 | Construção da EAP do projeto de manutenção..... | 60 |
| 6.3.2 | Estimativa da duração das tarefas..... | 60 |
| 6.3.3 | Determinação das atividades precedentes | 62 |
| 6.3.4 | Construção do diagrama de Gantt | 63 |
| 6.3.5 | Construção do diagrama de redes PERT/CPM..... | 65 |
| 6.3.6 | Determinar o caminho crítico..... | 68 |
| 7 | Conclusão | 70 |
| | Bibliografia | 72 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 2.1: Melhoria dos resultados em função do volume de aplicação das técnicas de manutenção | 6 |
| Figura 2.2: Óticas de manutenção | 6 |
| Figura 2.3: Aplicação das políticas de manutenção pelas classes de empresas | 7 |
| Figura 2.4: Evolução das estratégias de manutenção. | 8 |
| Figura 2.5: Atividades relacionadas com a eng. de manutenção..... | 9 |
| Figura 2.6: Pilares da TPM | 12 |
| Figura 2.7: Regras para a obtenção de avaria/falha zero | 13 |
| Figura 2.8: Gráficos de Modos de Falhas vs Tempo de Operação (até ocorrer a falha)..... | 15 |
| Figura 3.1: Tipos de ativos | 20 |
| Figura 3.2: Área cinzenta das organizações a ser coberta pela Gestão de Ativos..... | 22 |
| Figura 3.3: Representação esquemática dos custos e proveitos durante o ciclo de vida. Fonte: Amaral (2016)..... | 24 |
| Figura 3.4: Custo do ciclo de vida | 24 |
| Figura 3.5: Exemplo diagrama de causa e efeito..... | 27 |
| Figura 4.1: Ciclo de vida de um projeto..... | 33 |
| Figura 4.2: Rede PERT | 40 |
| Figura 4.3: Representação do nó utilizado para cada atividade | 41 |
| Figura 4.4: Diagrama de redes com a duração de cada atividade | 41 |
| Figura 4.5: Primeira data de início e primeira data de término do diagrama de redes | 42 |
| Figura 4.6: Diagrama de redes completo | 42 |
| Figura 4.7: Atividades críticas | 43 |
| Figura 4.8: Atividades com folga | 43 |
| Figura 5.1: Biletes de alumínio. | 45 |
| Figura 5.2: Matrizes. | 45 |
| Figura 5.3: Fornos de matrizes..... | 46 |
| Figura 5.4: Forno de biletes..... | 46 |
| Figura 5.5: Cisalha Quente | 47 |

| | |
|---|----|
| Figura 5.6: Prensa de extrusão | 47 |
| Figura 5.7: Pullers. | 48 |
| Figura 5.8: Encestadora. | 48 |
| Figura 5.9: Forno de envelhecimento | 49 |
| Figura 6.1: Casquilho antigo com ranhuras para as cintas..... | 53 |
| Figura 6.2: Casquilho de bronze montado na prensa..... | 53 |
| Figura 6.3: Vedantes e cintas para substituição | 54 |
| Figura 6.4: Parafusos da prensa | 55 |
| Figura 6.5: Verificação do alinhamento da prensa através de teodolito | 56 |
| Figura 6.6: Retirada do cilindro para retificação | 56 |
| Figura 6.7: Fissuras no cilindro | 57 |
| Figura 6.8: Motores das bombas hidráulicas | 58 |
| Figura 6.9: manutenção dos motores das bombas | 58 |
| Figura 6.10: Mangueiras da central hidráulica da prensa | 59 |
| Figura 6.11: EAP do projeto | 60 |
| Figura 6.12: Gráfico Gantt gerado no Microsoft Project..... | 64 |
| Figura 6.13: Visão calendário do Microsoft Project..... | 65 |
| Figura 6.14: Diagrama de redes no Microsoft Project..... | 66 |
| Figura 6.15: Diagrama de Redes das atividades do projeto..... | 66 |
| Figura 6.16: Diagrama de redes com a duração de cada atividade | 67 |
| Figura 6.17: Primeira data de início e primeira data de término do diagrama de redes | 67 |
| Figura 6.18: Diagrama de redes completo | 68 |
| Figura 6.19: Identificação do caminho crítico..... | 69 |

ÍNDICE DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 4.1: Lista de atividades e competências por área de conhecimento | 34 |
| Tabela 6.1: Lista de atividades..... | 51 |
| Tabela 6.2: Sequência das tarefas na atividade 1..... | 61 |
| Tabela 6.3: Sequência das tarefas na atividade 3..... | 62 |
| Tabela 6.4: ordem das tarefas e predecessoras..... | 63 |

LISTA DE ABREVIATURAS

BSI – *British Standards Institute*

CMMS – *Computerized Maintenance Management Systems*

EAM – *Enterprise Asset Management*

EAP – *Estrutura Analítica do Projeto*

EN – *Norma Europeia*

FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*

IAM – *Institute of Asset Management*

IoT – *Internet of Things*

ISO – *International Organization for Standardization*

KPI – *Key Performance Indicator*

LCC – *Life Cycle Cost*

NP – *Norma Portuguesa*

NPR – *Number Of Priority Risk*

PAS – *Publicly Available Specification*

PCM – *Planeamento e Controlo de Manutenção*

PMBOK – *Project Management Body Of Knowledge*

PMI – *Project Management Institute*

QRcode – *Quick-Response code*

RCM – *Reliability Centered Maintenance*

RFID – *Radio Frequency Identification*

TPM – *Total Productive Maintenance*

TQM – *Total Quality Management*

RCA – *Root Cause Analysis*

1 INTRODUÇÃO

Nos ambientes industriais contemporâneos, a busca incessante por eficiência operacional e a otimização dos recursos impulsionam as organizações a aprimorarem constantemente suas práticas de gestão. Dentro desse contexto, a gestão de projetos emerge como uma ferramenta estratégica fundamental, desempenhando um papel crucial na administração eficaz dos ativos e da manutenção. A interseção entre a gestão de projetos e a gestão da manutenção de ativos não apenas promove a sustentabilidade das operações, mas também oferece uma abordagem integrada para lidar com os desafios complexos enfrentados pelas organizações contemporâneas.

Amaral (2016) ressalta que nos últimos 50 anos a função manutenção tem acontecido de forma consistente e exponencial; devido às novas realidades e novas exigências, existe a necessidade de uma nova postura por parte dos responsáveis de manutenção que apela a novos comportamentos e aplicações de metodologias pró-ativas, abandonando o tipo de manutenção reativo e trocando a atividade de “gestor de máquina” pela atividade de “gestor de ativos”.

Lafraia (2015) afirma que o elemento-chave para o bom desempenho das organizações é o uso eficiente e eficaz dos ativos. Por isso, toda organização precisa gerir seus ativos físicos para a garantia da qualidade e fiabilidade dos equipamentos, da produção, dos bens e dos serviços.

As grandes organizações industriais têm periodicamente a necessidade de determinadas ações de manutenção que envolvem grandes custos, paragem da produção, mão de obra qualificada, peças e materiais. Essas atividades de manutenção são denominadas correntemente no setor da manutenção por “Grandes Paragens”. Em geral, estas intervenções excepcionais são intervenções para recuperação de ativos, melhorias no processo e trocas de grandes componentes que são realizadas em determinados períodos pré-definidos e na maioria das vezes ocorre em período de férias coletivas (NP EN 13306: 2021; Pereira, 2019).

As “Grandes Paragens” são consideradas eventos críticos, que envolvem riscos de planeamento os quais podem ocasionar grandes perdas, caso algo saia fora do esperado.

De acordo com Pereira (2019), nesse contexto, fica claro a necessidade de inserção de atividades que suporte a todo o planeamento da manutenção, permitindo manter o prazo, custo, integridade dos equipamentos e dos colaboradores e ainda obter a qualidade requerida.

Desse modo, a gestão de projetos veio a ser uma grande aliada para a gestão da manutenção e de ativos, pois através das metodologias e técnicas de gestão de

projetos, podemos minimizar os riscos e aumentar a segurança do cumprimento de prazos e *budget*.

Entretanto, a importância da gestão de projetos no contexto da manutenção de ativos vai além do controlo da execução de tarefas específicas; ela permite uma monitorização contínua do plano de manutenção que abrange desde a conceção e planeamento até o encerramento do projeto.

Este trabalho busca explorar a relação entre gestão de projetos e a gestão de ativos, analisando de que maneira a aplicação eficiente de metodologias de gestão de projetos pode potenciar a eficácia das práticas de manutenção e otimizar a utilização dos ativos industriais. Para tanto, utiliza-se um *software* de projetos e a metodologia PERT/CPM como forma de otimizar uma manutenção excepcional com uma duração prevista de 45 dias.

1.1 Estrutura do Projeto

No próximo capítulo (capítulo 2) é feita uma abordagem sobre a gestão da manutenção, onde é enfatizado para além dos tipos e óticas da manutenção, algumas técnicas de manutenção importante que vem sendo utilizadas nas indústrias com o intuito de melhorar tanto a qualidade da manutenção, quanto a eficiência dos equipamentos e da produção.

No capítulo 3 é feito uma pequena introdução aos tipos de ativos e à importância da gestão de ativos nas empresas. Para além disso, é feito uma explanação de algumas ferramentas de gestão de ativos, como o custo do ciclo de vida e outras.

No capítulo 4 é trabalhado a gestão de projetos, desde sua definição, até as fases do ciclo de vida de um projeto, passando pelas áreas de conhecimento. Conclui-se o capítulo com algumas ferramentas de planeamento e a metodologia PERT/CPM que será utilizada no desenvolvimento do projeto.

O capítulo 5 é dedicado à apresentação de uma linha de extrusão de alumínio, destacando os principais equipamentos e a linha de produção. Este é o objeto de estudo escolhido para aplicação do projeto.

O capítulo 6 é destinado ao desenvolvimento do projeto. Nesse capítulo, consideram-se as atividades de manutenção que serviram de objeto de estudo para o desenvolvimento do projeto. Estas atividades fazem parte da manutenção excepcional cujo plano de manutenção se pretendia otimizar, com recurso à metodologia PERT/CPM. Para além das tarefas de manutenção, considerou-se igualmente a gestão das ferramentas utilizadas e outros recursos necessários para a gestão e coordenação de todo o trabalho. A utilização do diagrama de redes do projeto e o caminho crítico validam o plano de manutenção proposto.

No capítulo 7 é feita a conclusão do relatório, com as considerações finais e referência a trabalho futuro.

2 GESTÃO DA MANUTENÇÃO

A gestão da manutenção significa basicamente gerir os recursos humanos, as ferramentas, os equipamentos e os materiais necessários para a realização da manutenção (corretiva e preventiva) de uma organização, seja na manutenção de ativos, do parque de máquinas de uma indústria, ou até mesmo das instalações prediais (NP EN 13306:2021; Pereira, 2021).

Para isso, cabe à gestão da manutenção planejar treinamentos e a qualificação da equipa para garantir os melhores índices de fiabilidade e disponibilidade dos ativos. Significa também gerir todos os serviços realizados através de registos que deverão gerar indicadores de desempenho (*Key Performance Indicator* – KPIs) e controlar os custos de manutenção e o *stock* de peças e materiais no caso da indústria.

Para Cabral (2006) é importante que os objetivos da manutenção estejam ligados aos objetivos globais da empresa, uma vez que a manutenção afeta a rentabilidade do processo produtivo e é preciso encontrar o ponto de equilíbrio entre o benefício de melhorar o desempenho do equipamento e da produção e o custo investido, de modo a maximizar a contribuição positiva que a manutenção irá gerar para a rentabilidade geral da empresa.

Uma boa gestão da manutenção consegue identificar oportunidades para um maior índice de fiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, reduzindo assim os custos e aumentando a qualidade dos produtos de uma empresa (Pereira, 2019).

Segundo a norma NP EN 13306:2021 & Cabral (2013) Os principais objetivos da manutenção são:

- Minimizar o tempo de inatividade não planeado e maximizar a disponibilidade dos ativos, garantindo que estejam disponíveis quando necessário;
- Otimizar os custos operacionais e de manutenção através do equilíbrio entre a manutenção preventiva e corretiva;
- Prolongar a vida útil dos ativos implementando práticas que visam reduzir a necessidade de substituição precoce de componentes ou dos equipamentos.
- Garantir a segurança dos ativos mantendo-os em boas condições para a operação, atendendo a normas e regulamentações de segurança.

É através de um bom planeamento que o gestor avalia e programa a execução dos trabalhos de manutenção corretiva, preventiva, de melhoria (ou outros tipos como será referido mais à frente), o que gera várias vantagens como:

- Planear os recursos humanos de modo a evitar a contratação de terceiros;
- Planear os equipamentos, materiais e consumíveis que serão utilizados de modo a poupar custos de mão de obra e aquisição de sobressalentes;

- Melhor elaboração de cronogramas de trabalho de modo a aumentar o senso de comprometimento com prazos;
- Possibilita as melhorias nos equipamentos quando há paragens na produção (por falta de matéria-prima por exemplo);
- Melhor gestão de custos da manutenção.

Existem vários tipos de manutenção sendo os principais (Pinto, 2013; Cabral, 2013):

- **Manutenção Preventiva Sistemática:** Atividades programadas para evitar falhas, incluindo inspeções regulares, substituição de peças desgastadas e lubrificação periódica.
- **Manutenção Preditiva:** Utilização de tecnologias como sensores e monitorização contínua para prever falhas antes que ocorram, permitindo intervenções no momento certo.
- **Manutenção Condicionada:** Inclui a avaliação dos parâmetros escolhidos para a análise de condição dos ativos físicos, sua análise e possíveis ações de manutenção decorrentes.
- **Manutenção Corretiva:** Intervenções realizadas após a ocorrência de uma falha, visando restaurar os ativos ao seu estado operacional.

Cabral (2006) menciona ainda a manutenção sistemática e a manutenção condicionada (preditiva ou não), sendo uma divisão da manutenção preventiva. No caso da manutenção sistemática, as ações de manutenção são realizadas em intervalos preestabelecidos que podem ser por horas de funcionamento, tempo de calendário, unidades produzidas, *etc.*, e tem como objetivo manter o funcionamento do equipamento através de substituições periódicas de componentes. Já no caso da manutenção condicionada, as ações de manutenção são baseadas na observação do funcionamento do equipamento e a partir das evidências de defeito toma-se decisões e ações para evitar o desgaste ou paragem do equipamento, como foi dito também sobre a manutenção preditiva.

Kardec *et al.* (2014) ressalta que o caminho para a excelência na manutenção envolve a implementação de técnicas preditivas e inspeção em contraste com a manutenção corretiva e preventiva e ainda destaca a importância das atividades sistematizadas de engenharia de manutenção, conforme Figura 2.1:

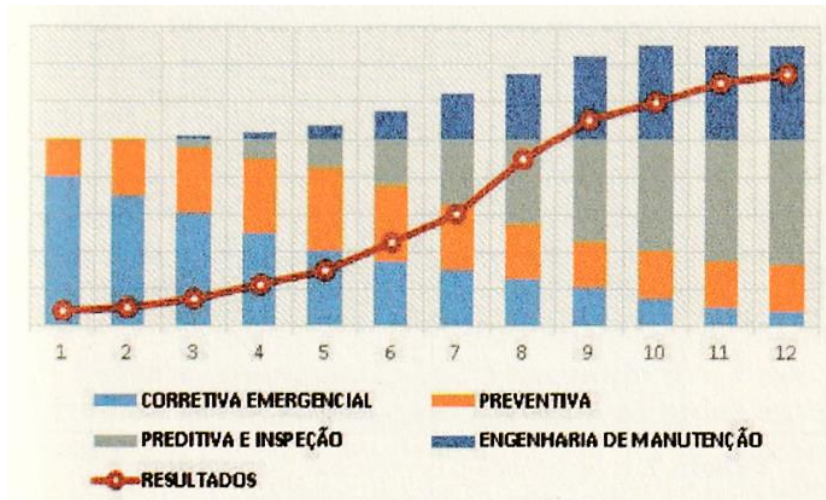


Figura 2.1: Melhoria dos resultados em função do volume de aplicação das técnicas de manutenção

Fonte: Kardec *et al.* (2014)

Para Amaral (2016) é importante também ter em conta as óticas da manutenção de acordo com a Figura 2.2 (reativa, preventiva e pró-ativa), e o modo como se comportam os agentes da manutenção diante dos problemas existentes. Assim, pode-se caracterizar os conceitos “reativo” (atuar após as falhas acontecerem), “preventivo” (foco em evitar as falhas) e “pró-ativo” (identificar as potenciais falhas e seus efeitos antes de ocorrerem e trabalhar no sentido de reduzir ou até eliminar suas conseqüências) em função do comportamento e das respectivas competências.

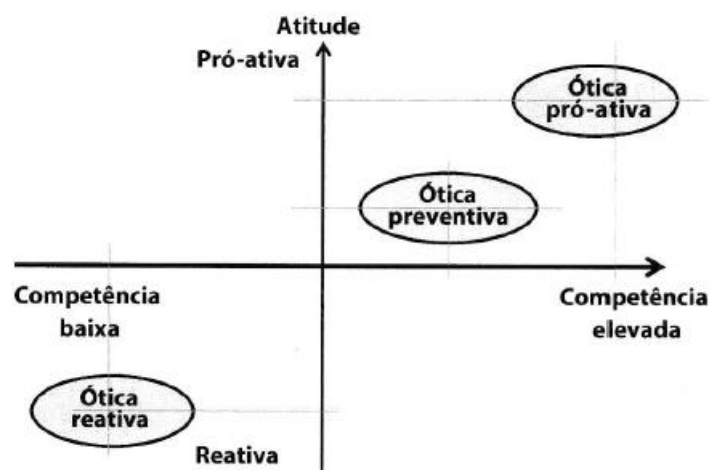


Figura 2.2: Óticas de manutenção

Fonte: Amaral (2016)

Para Kardec *et al.* (2014) a ótica pró-ativa é fundamental nas empresas que alcançaram a excelência, enquanto empresas “atrasadas” têm ainda utilizado muito a ótica reativa, conforme demonstrado na Figura 2.3:

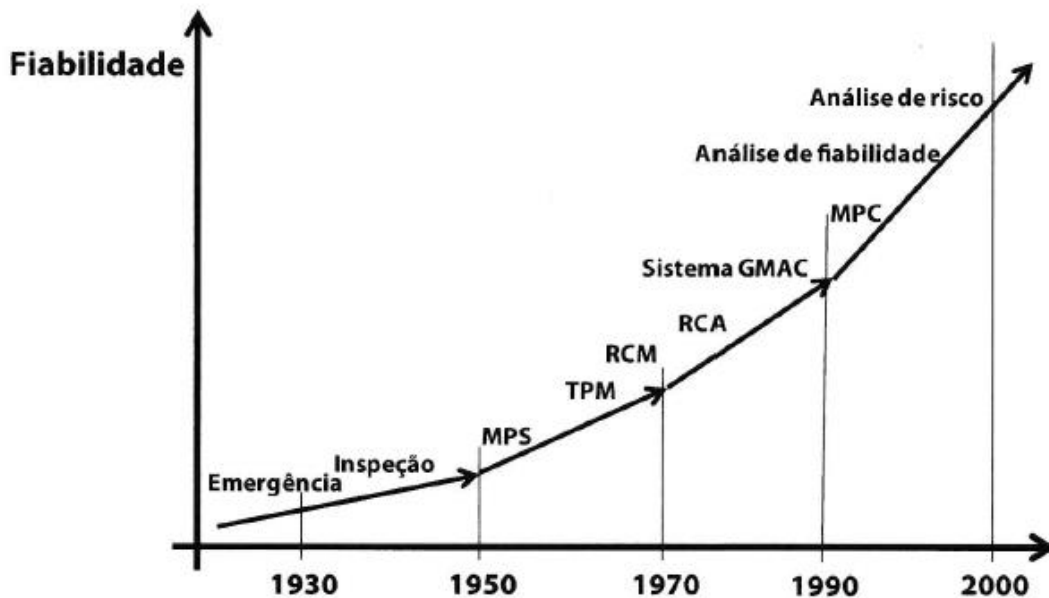
| Processos/ Estágio | Tipo de Empresa | | |
|-----------------------|--------------------------------------|------------------------------|--|
| | Atrasada | Mediana | Classe Mundial |
| REATIVA | Praticamente 100% | 30% – 50% | < 10% |
| PREVENTIVA | Incipiente | 60 – 40% | Máximo 30% |
| CONTROLADORA | Preditiva inexistente | Preditiva 0 a 9% | Preditiva > 50% |
| INOVADORA | Eng. de Manutenção Quase inexistente | Eng. de Manutenção Ocasional | Eng. de Manutenção Sistematizada, com aplicação frequente. |
| CLASSE MUNDIAL | Inexistente | Inexistente | Benchmark via <i>kpi</i> ; Estabelecimento de Diretrizes para melhorar a competitividade; Processos de análise e estudos frequentes. |

Figura 2.3: Aplicação das políticas de manutenção pelas classes de empresas
Fonte: Kardec *et al.* (2014)

Segundo Pereira (2021) quando houve um aumento da produtividade em 1990 houve também um aumento nos investimentos em alta tecnologia, que possibilitou o desenvolvimento de equipamentos mais fiáveis, com menos redundâncias e melhor disponibilidade. Foi necessário a reestruturação da função manutenção, com o objetivo de reduzir os custos e aumentar a qualidade dos produtos, investindo em formações e treinamento, mão de obra mais qualificada e algumas tecnologias para uma melhor eficácia no desempenho da manutenção.

De acordo com Amaral (2016) desde os anos 30 as empresas têm evoluído na escolha das estratégias de manutenção, visando sempre o aumento da fiabilidade dos equipamentos. A Figura 2.4 mostra que enquanto nos anos 30 a manutenção

era basicamente de “emergência”, nos anos 50 começou a desenvolver-se o uso da manutenção preventiva sistemática e a preocupação com o meio ambiente. Já nos anos 70 surgiram diversas ferramentas de tecnologias preditivas, sistemas de controlo e metodologias como *Total Productive Maintenance* (TPM), *Reliability Centered Maintenance* (RCM), *Root Cause Analysis* (RCA), e mais no final do século XX as análises de risco e fiabilidade.



MPC – Manutenção preventiva condicionada; GMAC – Gestão da manutenção assistida por computador; RCA – Análise de causa raiz (do inglês *root cause analysis*); RCM – Manutenção centrada na fiabilidade; TPM – Manutenção produtiva total; MPS – Manutenção preventiva sistemática.

Figura 2.4: Evolução das estratégias de manutenção.

Fonte: Amaral (2016)

Com o surgimento dessas estratégias, ferramentas e metodologias de manutenção, começou a desenvolver-se o termo engenharia de manutenção, que passou a ser responsável por tarefas que requerem tempo e conhecimento que os técnicos de Planeamento e Controlo de Manutenção (PCM) e de manutenção não tinham.

Como pode ser observado na Figura 2.5, a Engenharia de manutenção deve trabalhar juntamente com o PCM e a Execução, mesmo tendo tarefas diferentes (Kardec *et al.*, 2014).

| Atividade | Eng. Manutenção | Execução | PCM |
|--|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Análise de Falhas | Coordena, Controla | Participa sempre | Participa eventualmente |
| Revisão dos Planos de Manutenção | Coordena | Participa | Quando solicitado |
| Melhoria de Manutenibilidade | Estuda, Propõe, Contrata | Solicita, Participa | Solicita, Participa |
| Manut. Centrada na Confiabilidade | Coordena Estuda | Participa | Participa |
| Participação em novos projetos | Participa | Participa | Quando solicitado |
| Análise de LCC (Custo do Ciclo de Vida) | Participa | Quando solicitado | |
| Treinamento externo | Coordena | Participa | Participa |
| Treinamento no trabalho | Participa | Coordena | Participa eventualmente |
| Pequenas melhorias (sustaining) | Coordena Contrata, fiscaliza, testa | Participa, quando solicitado | Participa, quando solicitado |

Figura 2.5: Atividades relacionadas com a eng. de manutenção

Fonte: Kardec *et al.* (2014)

2.1 Tecnologias de Manutenção

Além das estratégias de manutenção, existem várias tecnologias e ferramentas na gestão da manutenção que são essenciais para enfrentar os desafios modernos e garantir a eficiência operacional de uma organização. Essas soluções não apenas melhoram a eficácia das estratégias de manutenção, mas também possibilitam uma abordagem mais proativa, preditiva e sustentável na gestão de ativos. Ao integrar tecnologias adequadas, as organizações podem não apenas prolongar a vida útil de seus ativos, mas também melhorar a confiabilidade operacional, reduzir custos e promover uma cultura de manutenção eficiente.

Algumas dessas tecnologias são:

- Sistemas EAM/CMMS: Os Sistemas de Gestão de Ativos Empresariais (*Enterprise Asset Management – EAM*) ou Sistemas Computadorizados de Gestão de Manutenção (*Computerized Maintenance Management Systems – CMMS*) ajudam a programar, acompanhar e gerir as atividades de manutenção. Esses sistemas permitem o agendamento eficiente de atividades de manutenção, otimizando recursos, peças de reposição e equipamentos e podem gerar vários relatórios e indicadores que auxiliam o gestor na tomada de decisões importantes. A gestão eletrónica de documentos facilita o armazenamento, organização e acesso rápido através de ferramentas que auxiliam na organização, execução e controlo de documentos relacionados com a manutenção, como manuais, certificados e registos de manutenção.;
- Tecnologias de suporte à Manutenção Preditiva: Sensores, análise de dados avançada e IoT (*Internet of Things*) são usados para monitorizar ativos em tempo real, identificando padrões que indiciam potenciais de falha, possibilitando a implementação de estratégias de manutenção preditiva, reduzindo o tempo de inatividade não planeado;
- RFID (*Radio Frequency Identification*) e QRcode (*Quick-Response code*) Códigos de Barras: Utilizados para rastrear e identificar ativos, facilitando a gestão de inventário e a localização rápida de componentes.

2.2 Técnicas avançadas de manutenção

Existem alguns conceitos ou modelos avançadas de manutenção que podem ser utilizadas pelos gestores em indústrias de modo a auxiliar na gestão, ampliar a vida útil dos ativos e instalações e incrementar os resultados e os índices de Disponibilidade e Fiabilidade, como por exemplo o TPM (*Total Productive Maintenance*) e o RCM (*Reliability Centered Maintenance*).

2.2.1 TPM: *Total Productive Maintenance*

O TPM é um conceito de melhoria contínua que busca atingir melhores índices de disponibilidade e fiabilidade de um equipamento ou máquina inserido em um sistema de produção. Tem como principal objetivo um maior cuidado e conservação das máquinas e equipamentos, e consiste em envolver a produção e operações nas atividades de manutenção das máquinas (Pereira, 2021; Farinha, 2018).

Cabral (2006) ressalta algumas perdas que o TPM pretende eliminar, como por exemplo, as paragens acidentais por avarias, os longos tempos de *setup* para mudança de ferramentas ou produtos, funcionamento de equipamentos sem carga, quebra de velocidade, defeitos na produção e retrabalho.

Existem oito pilares fundamentais que formam a base do TPM, conforme ilustra a Figura 2.6. Cada um deles representa uma área-chave de foco para alcançar a excelência operacional e a eficiência dos equipamentos. São eles (Pinto, 2013):

- **Manutenção Autônoma:** Este pilar envolve capacitar os operadores para realizar tarefas de manutenção preventiva e cuidados diários em seus próprios equipamentos. Os operadores se tornam responsáveis pela limpeza, inspeção e pequenas manutenções, reduzindo a dependência da equipa de manutenção centralizada.
- **Manutenção Planeada:** Aqui, a ênfase é colocada na execução de atividades de manutenção planeada de forma proativa. Isso inclui a implementação de práticas de manutenção preventiva e preditiva, programação de paragem de máquinas para manutenção, e a utilização de técnicas como a análise de modos de falha e efeitos (*Failure Mode and Effect Analysis* – FMEA).
- **Melhoria Específica:** Também designado Melhoria Focalizada, este pilar incentiva a identificação e resolução contínua de problemas para aprimorar os processos e a eficiência operacional. Isso envolve a participação ativa dos colaboradores na busca por melhoria contínua, seja no aumento da produtividade, redução de perdas ou eliminação de desperdícios.
- **Controlo Inicial:** Por vezes referido como Gestão Inicial do Equipamento, concentra-se na manutenção da qualidade do equipamento, garantindo que ele permaneça capaz de produzir produtos de alta qualidade. Isso inclui práticas para prevenir a degradação das condições do equipamento e manter a eficácia ao longo do tempo.
- **Formação e Treino:** Este pilar enfatiza a importância do treinamento contínuo e desenvolvimento de habilidades para todos os colaboradores. As equipas são treinadas para operar, manter e melhorar seus equipamentos, contribuindo para a eficácia geral da equipa.
- **Office TPM (Administração):** É fundamentado em cinco sentidos, frequentemente conhecidos como os "5S", que envolvem a organização e limpeza do ambiente de trabalho. São eles:
 - *Seiri* (Senso de Utilização): Separar o necessário do desnecessário.
 - *Seiton* (Senso de Organização): Organizar e identificar itens essenciais.
 - *Seiso* (Senso de Limpeza): Manter a limpeza e a ordem.
 - *Seiketsu* (Senso de Saúde): Estabelecer padrões para manter o ambiente.
 - *Shitsuke* (Senso de Autodisciplina): Desenvolver hábitos para manter os padrões.

- **Manutenção para a Qualidade:** Concentra-se em melhorias específicas para garantir a qualidade do produto, eliminando defeitos e reduzindo variações. Essas melhorias estão diretamente relacionadas à integração da manutenção com práticas de gestão da qualidade total (*Total Quality Maintenance* – TQM).
- **Segurança, Meio Ambiente e Saúde:** Este pilar destaca a importância da segurança, saúde e proteção ambiental em todas as atividades. Ele se concentra em garantir que todas as operações ocorram em um ambiente seguro, saudável e sustentável.

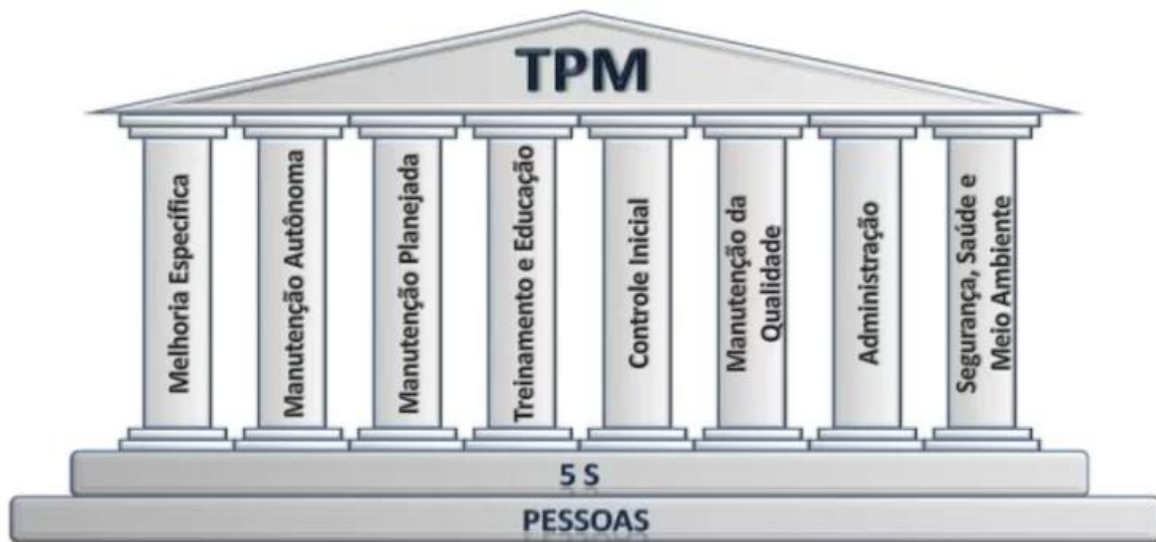


Figura 2.6: Pilares da TPM

fonte: <https://www.abecom.com.br/manutencao-productiva-total-tpm/>

Cabral (2006) define a manutenção autônoma como o principal pilar da TPM e destaca algumas etapas para a aplicação deste conceito, como por exemplo a limpeza inicial e melhorias quanto à fonte de sujidades, normas de limpeza e lubrificação, inspeção geral e autônoma para detecção de falhas e a organização e padronização dos itens de controle e dos locais de trabalho, como enunciado pelos 5S. Para além disso, cita que o maior desafio é ter zero avarias através de uma análise aprofundada dos motivos das falhas, mostrando-os através da Figura 2.7:

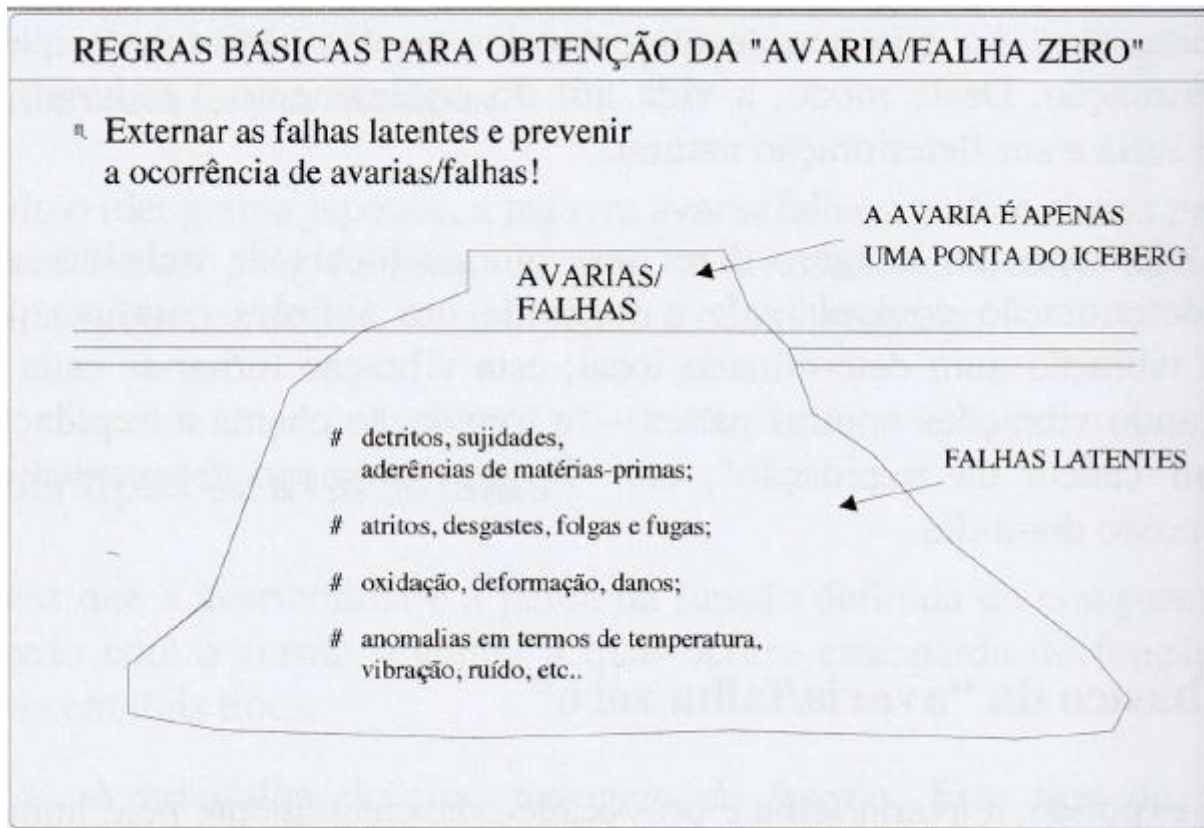


Figura 2.7: Regras para a obtenção de avaria/falha zero
Fonte: Cabral (2006)

Os oito pilares TPM são interdependentes e trabalham em conjunto para criar uma abordagem abrangente para a gestão eficaz de equipamentos e processos. Ao incorporar esses pilares, as organizações podem alcançar uma produção eficiente, confiável e de alta qualidade e ainda obter vários benefícios para a gestão da manutenção como (Pinto, 2017):

- **Aumento da Eficiência Operacional:** O TPM visa maximizar a eficiência dos equipamentos, reduzindo tempos de paragem não planeados e aumentando a produtividade geral.
- **Redução de Custos de Manutenção:** Ao implementar práticas de manutenção preventiva e ao envolver operadores na manutenção autónoma, os custos de manutenção corretiva podem ser reduzidos.
- **Melhoria Contínua:** O foco na melhoria contínua leva a uma cultura organizacional que busca constantemente aprimorar processos, identificar e eliminar desperdícios.
- **Envolvimento dos Colaboradores:** O envolvimento ativo dos operadores na manutenção de equipamentos promove um maior senso de responsabilidade e envolvimento, resultando em uma cultura mais eficiente.

- **Fiabilidade dos Equipamentos:** A manutenção preventiva e a abordagem proativa ajudam a melhorar a fiabilidade dos equipamentos, reduzindo falhas inesperadas.
- **Qualidade do Produto:** Ao integrar práticas de TQM, o TPM contribui para a produção de produtos de alta qualidade desde o início, evitando retrabalho e melhorando a satisfação do cliente.

Amaral (2016) ressalta ainda que a TPM não é apenas uma *checklist*, ou uma técnica exclusiva da manutenção. Também não é isenta de custos, nem de curta duração, mas prioriza a formação dos recursos humanos para responder às novas exigências das empresas mais automatizadas e modernas.

2.2.2 RCM: *Reliability Centered Maintenance*

A RCM (Manutenção centrada na fiabilidade) é uma metodologia que tem como objetivo garantir o melhor desempenho e eficiência de um equipamento e com a melhor relação custo-benefício. Utiliza-se essa metodologia para identificar e antecipar falhas e minimizar perdas no processo produtivo.

Segundo Pereira (2021), com o tempo de operação de um equipamento, vários fatores como desgaste de materiais e peças, acidentes, corrosão, e a própria manutenção que vai sendo feita, alteram as condições iniciais do equipamento e passam a degradá-lo fazendo com que os componentes do equipamento não mais apresentem as funções e o desempenho pretendido. Assim sendo, com o passar do tempo, os equipamentos tornam-se cada vez menos fiáveis, sendo necessário uma análise e estudo para tentar reduzir as falhas e aumentar a vida útil do equipamento.

Assis (2014) faz uma distinção entre a manutenção tradicional e o RCM sugerindo que enquanto no primeiro caso o enfoque está no “equipamento + prevenção de falhas”, no caso do RCM o enfoque está nas “funções do equipamento + prevenção das consequências das falhas”.

Para que a metodologia RCM funcione corretamente o primeiro passo é identificar os ativos mais críticos para o desenvolvimento operacional e então documentar, analisar, corrigir e divulgar todo o processo de falhas do equipamento para evitar a recorrência dessas falhas.

Ao analisar esses pontos e conhecendo a idade e desgastes dos equipamentos pode-se estabelecer ações de manutenção que antecipem a falha, aumentando a fiabilidade dos equipamentos.

Pereira (2021), informa que alguns estudos de “modo de falhas vs tempo” utilizaram gráficos de falha demonstrados na Figura 2.8 e definiram o comportamento das falhas em relação à idade do equipamento em 2 grupos:

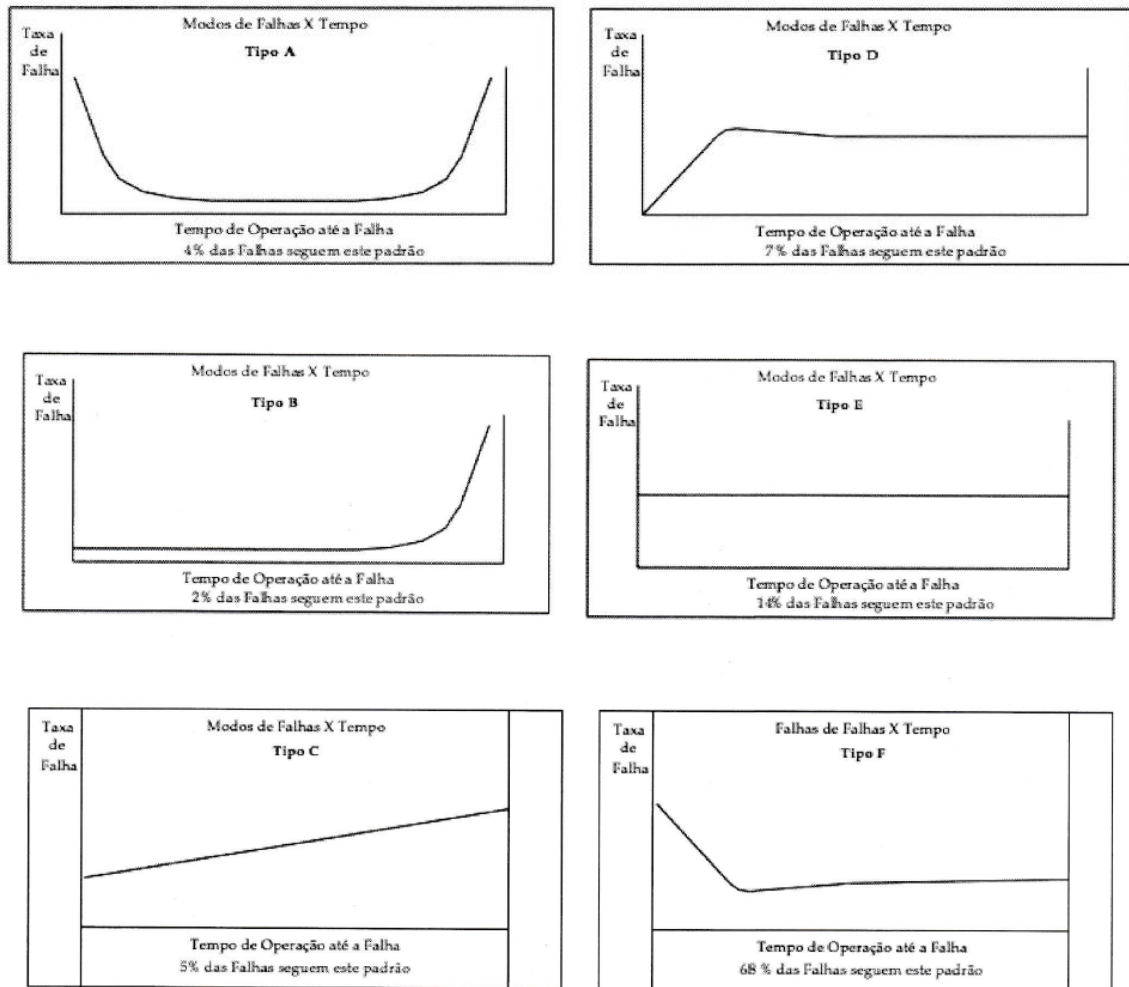


Figura 2.8: Gráficos de Modos de Falhas vs Tempo de Operação (até ocorrer a falha).
Fonte: Universidade Jean Piaget de Angola, Disciplina: Manutenção. *apud* Pereira (2021)

- Gráficos A, B e C - Falhas que estão proporcionalmente ligadas ao tempo de funcionamento do equipamento: falhas como desgastes de peças, corrosão, quantidade de manutenções já realizadas, *etc.* Nesse grupo de falhas encontramos o tradicional conceito de “Curva da Banheira”.
- Gráficos D, E e F - Falhas dos componentes e peças que não estão diretamente ligadas ao tempo em operação do equipamento. Nesse grupo de falhas encontramos principalmente falhas do tipo elétrico e eletrônico como queima (não por desgaste) de algum componente, acidentes, má operação, *etc.*

Esses estudos de RCM procuram identificar os modos de falhas de um equipamento para que a Gestão da Manutenção possa trabalhar em um plano de manutenção mais preciso e fiável.

Ainda citando Pereira (2021), alguns itens relevantes para o levantamento dos dados a serem analisados pela Gestão da Manutenção são:

- Seleção do sistema: máquinas, ferramentas, equipamentos/utilidades;
- Definição das funções (componentes) e de desempenho (fiabilidade);
- Determinação das falhas funcionais (interrompe o funcionamento);
- Análise dos modos de falha e efeitos (FMEA);
- Análise do histórico dos reparos (corretivas) e dos manuais técnicos;
- Determinação do plano preventivo – tarefas, frequência, hh necessário, *etc.*

Amaral (2016) lista algumas melhorias identificadas após a implementação da metodologia RCM:

- Redução dos custos de manutenção;
- Melhor controlo da carga de trabalho da equipa de manutenção;
- Melhoria da segurança dos equipamentos e instalações;
- Melhor comunicação entre manutenção e operação;
- Maior motivação dos trabalhadores;
- Aumento da disponibilidade dos equipamentos;
- Maior proatividade para execução das atividades.

Através dessa análise, são desenvolvidas estratégias de manutenção específicas para cada ativo e, assim, a RCM pode aumentar o índice de disponibilidade e fiabilidade dos sistemas, melhorando a gestão e o planeamento da manutenção e ainda reduzindo os custos de manutenção e consumo de peças.

2.2.3 Tecnologias de monitorização

A Manutenção preditiva fundamenta-se no princípio que a maioria dos equipamentos ou componentes vão apresentar, no decorrer da vida útil, sinais de desgaste e sintomas que indicam a iminência de uma falha. Entre esses sintomas encontramos, por exemplo, vibrações fora do padrão, ruídos estranhos, presença de contaminantes no óleo e fissuras na carcaça da máquina, *etc.*

Embora se possa recorrer a observação visual para detetar fugas de óleo ou sujidade, por exemplo, uso da audição ou análise acústica para avaliação de ruído, para detetar fugas de água, por exemplo, *etc.*, na aplicação de tipos de manutenção condicionada, podemos explorar a vantagem de utilizar tecnologias de monitorização, acompanhando um equipamento ou sistema para determinar o tempo em que certa ação de manutenção deverá ser executada. Quando se recorre a tecnologias de monitorização pode-se inclusive optar por avaliar de forma contínua a evolução dos parâmetros em avaliação.

Enquanto o uso dos sentidos envolve muitas vezes a análise e interpretação subjetiva do técnico, as opções tecnológicas permitem a recolha de informação e a análise de dados que suportam e apoiam a tomada de decisão fundamentada.

As tecnologias de monitorização envolvem a análise de grandezas elétricas (em máquinas elétricas *e. g.*), análise de vibrações (em máquinas rotativas *e.g.*), termografia (em quadros elétricos *e. g.*), análise de óleos (em transformadores *e. g.*), análise acústica (em rolamentos *e. g.*), análise estroboscópica (em veios e acoplamentos *e. g.*), *etc.* (Araújo & Câmara, 2010; ISO 17359:2018(E)).

2.3 Normas relativas à Manutenção

As atividades de manutenção e gestão de ativos, pela diversidade dos domínios técnicos da sua atuação, estão enquadradas por um conjunto vastíssimo de normas de engenharia – mecânica, eletricidade, construção, segurança, ambiente, combustíveis, entre muitas outras – algumas de aplicação obrigatória, e ainda normas específicas da manutenção e gestão de ativos. De acordo com Cabral (2006), todas essas normas se devem manter razoavelmente à mão dos técnicos e gestores de manutenção e ativos.

No caso de empresas ativo-intensivas, cujo negócio está fundamentado na operação de ativos físicos, as normas trazem uma inovação quanto à vida do ativo, não mais limitada ao período entre aquisição e descarte, mas compreendida desde o momento em que se deteta a necessidade de elaborar uma especificação para um novo ativo até às responsabilidades remanescentes após o fim do uso desses ativos.

De acordo com Cabral (2013) algumas normas que se destacam são (NP EN 13269:2007; NP EN 15341:2009; NP EN 13460:2009; NP EN 13306:2021):

NP EN 13306:2021 – “Manutenção, Terminologia de manutenção”: é um documento básico sobre a forma como se fala, se entende e se pode desenvolver as atividades de manutenção, pelo que deve ser referência obrigatória e estar acessível a qualquer participante dessa área;

NP EN 15341:2009 – “Indicadores de desempenho da Manutenção (KPIs)”: a ideia dessa norma é introduzir alguns indicadores considerados expressivos da gestão, com formulações perfeitamente definidas e uniformes, que possam ser utilizados e compreendidos por todos independentemente do local onde são calculados;

NP EN 13269:2007 – “Manutenção, Instruções para a preparação de contratos de manutenção”: essa norma define uma estrutura tipo para elaborar um contrato de prestação de serviços de manutenção. Constitui um bom documento de consulta para apoiar na elaboração de um contrato de manutenção;

NP EN 13460:2009 – “Manutenção, Documentação para a manutenção”:
define o conjunto da documentação que deve estar presente num sistema de gestão de manutenção e especifica os requisitos de cada um desses documentos;

3 GESTÃO DE ATIVOS

De acordo com Sartori *et al.* (2020), a disciplina gestão de ativos tem tido um crescimento em todo o mundo. Em 2004, a *British Standards Institute* (BSI) publicava as *Publicly Available Specification* (PAS) referente à otimização da gestão de ativos, as PAS 55, definindo os requisitos para a otimização de um sistema de gestão de ativos nas indústrias. Pouco depois, em 2008, uma nova versão da PAS 55 foi desenhada ampliando os conhecimentos em uma série de segmentos industriais. Devido ao crescimento progressivo dessa área nas organizações, em 2014 foi publicada, pela primeira vez, a família de normas ISO 5500x, entretanto já traduzidas para português. As normas que constituem esta série são (NP ISO 55000:2016; NP ISO 55001:2016; NP ISO 55002:2016):

ISO 55000:2016 – “Gestão de ativos, Visão Geral, Princípios e Terminologia”: refere as melhores práticas na Gestão Otimizada de Ativos Físicos e Infraestruturas, descrição, conceitos e terminologia na área da Gestão da Manutenção.

ISO 55001:2016 – “Gestão de ativos, Requisitos básicos do sistema de gestão de ativos”: fornece uma abordagem estruturada, suportada num conjunto de requisitos, para a conceção, implementação, manutenção e melhoria de um sistema de gestão de ativos. Esta norma é aplicável a qualquer tipo de organização independentemente da sua dimensão, do seu tipo de atividade e das características dos seus ativos.

ISO 55002 :2016- “Guia geral da aplicação e implantação do sistema de gestão ISO 55001”: Interpretação e orientação de implementação para o sistema de Gestão da Manutenção.

3.1 Tipos de Ativos

Para começar a falar de ativos físicos, é necessário considerar a definição de ativo. A ISO 55000, define ativo como um item, coisa ou entidade que representa potencial ou atual valor a uma instituição; como muitos termos, há várias definições possíveis que se adaptam à realidade, sendo que, no fundo, todas elas acabam por dizer que um ativo é um bem ou recurso na posse de uma organização e do qual se espera obter proveitos, atual e/ou futuramente. Pode-se dizer que um ativo é tudo aquilo que representa valor a uma organização.

A Figura 3.1 demonstra os 5 tipos de ativos (Satori *et al.*, 2020)

- Ativos Financeiros;
- Ativos Físicos;
- Ativos Humanos;

- Ativos de Informação;
- Ativos Intangíveis.

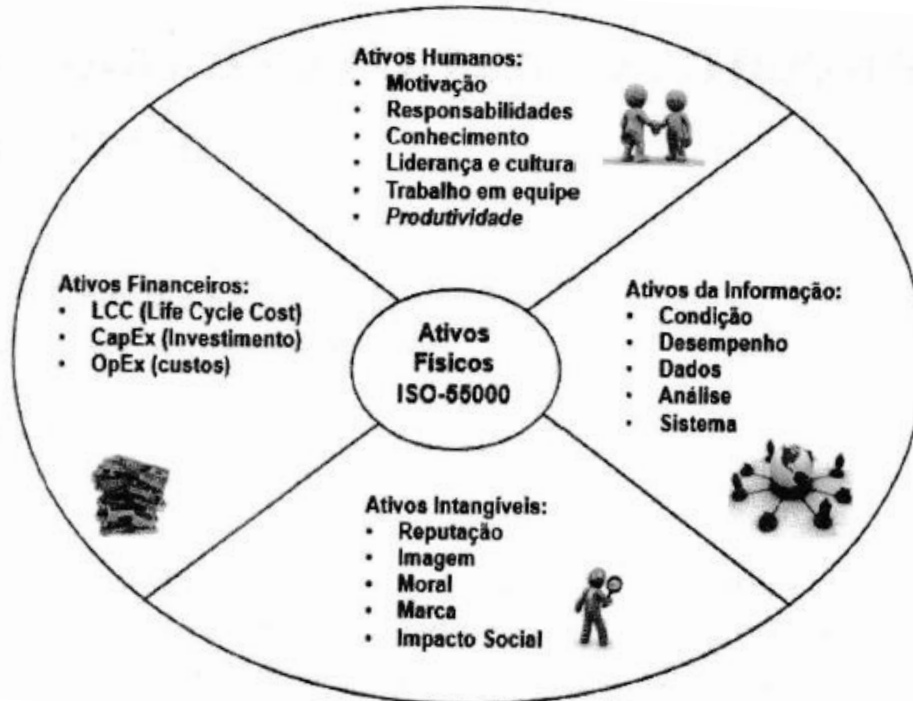


Figura 3.1: Tipos de ativos
Fonte: Sartori *et al.*, 2020

Sendo que: ativos financeiros são todos os ativos não físicos que podem ser adquiridos, como depósitos bancários e ações; ativos humanos representam os trabalhadores e todas as suas características enquanto profissionais; ativos de informação representam os conhecimentos adquiridos através de experiência ou outro tipo de aprendizagem; e ativos intangíveis são todos os ativos que não são físicos; estes abrangem vários definidos acima, incluindo alguns itens, como licenças de autor ou patentes.

Ativos físicos são definidos como os ativos na posse de uma organização que têm formato físico. Neste contexto, ativos físicos são os equipamentos, os edifícios, as infraestruturas, os veículos, *etc.* Estes ativos, pela sua virtude física, requerem um grau de foco que os outros ativos, seja por serem autossuficientes ou por serem intangíveis, não necessitam. Assim, a sua gestão precisa de ser efetuada de forma bem orientada.

Essencialmente, a gestão de ativos permite às entidades que os possuem usar os seus recursos para atingir os seus objetivos de negócio da maneira mais eficiente possível, do ponto de vista financeiro. Ou seja, a Gestão de Ativos contribui

fortemente para a realização do valor estimado de um ativo para a organização, ao equilibrar as várias variáveis associadas, como custos financeiros, riscos financeiros, ambientais e sociais, qualidade de serviço e, claro, desempenho do próprio ativo.

3.2 Gestão de Ativos nas Empresas

A PAS 55 (*Publicly Available Specification on Asset Management*), norma BSI, define Gestão de Ativos como as atividades e práticas sistemáticas e coordenadas através das quais uma organização gere otimamente e de forma sustentável os seus ativos e sistemas de ativos, bem como os seus desempenhos, riscos e despesas associadas ao longo dos seus ciclos de vida, de forma a atingir o plano estratégico da organização. Uma definição mais simples será a gestão ótima do ciclo de vida dos ativos para de maneira sustentável atingir os objetivos de negócio traçados (PAS 55-1: 2008; PAS 55-2: 2008, Kardec *et al.*, 2014).

Um gestor de ativos tem de ser responsável pelo planeamento, desenvolvimento e implementação dos mesmos, bem como das definições de utilização, planeamento de artigos consumíveis ou de substituição, aplicação de sistemas, desenvolvimento e gestão de manutenção e confirmação de procedimentos.

De acordo com Kardec *et al.* (2014) na cadeia hierárquica, a Gestão de Ativos toma um lugar entre a Gestão da Manutenção, a Gestão de Operações e a Gestão de Topo. No passado, conforme ilustra a Figura 3.2, essa era uma área cinzenta nas organizações, que separava os executivos e acionistas de um lado, a olhar apenas para a parte financeira, e de outro lado os gestores de produção, projetos e manutenção, a conduzir o negócio de acordo com as atividades executadas nos ativos.

Assim, a função da Gestão de Ativos será a de transmitir informação relativa aos ativos, conjugando os conhecimentos técnicos e de gestão, no intuito de consolidar ideias de forma eficiente e eficaz da maneira mais global possível.

A falta de foco na área dos Ativos pode levar aos mais diversos problemas, nomeadamente falhas de comunicação, devido à diferença de linguagem usada na gestão de topo e no chão de fábrica. Isto aplica-se não só ao conhecimento físico das situações, como também aos processos financeiros que são necessários aplicar em qualquer atual ou potencial problema.

Já os benefícios, são muito proveitosos, sendo que são principalmente organizacionais e redução de custos (Kardec *et al.*, 2014).

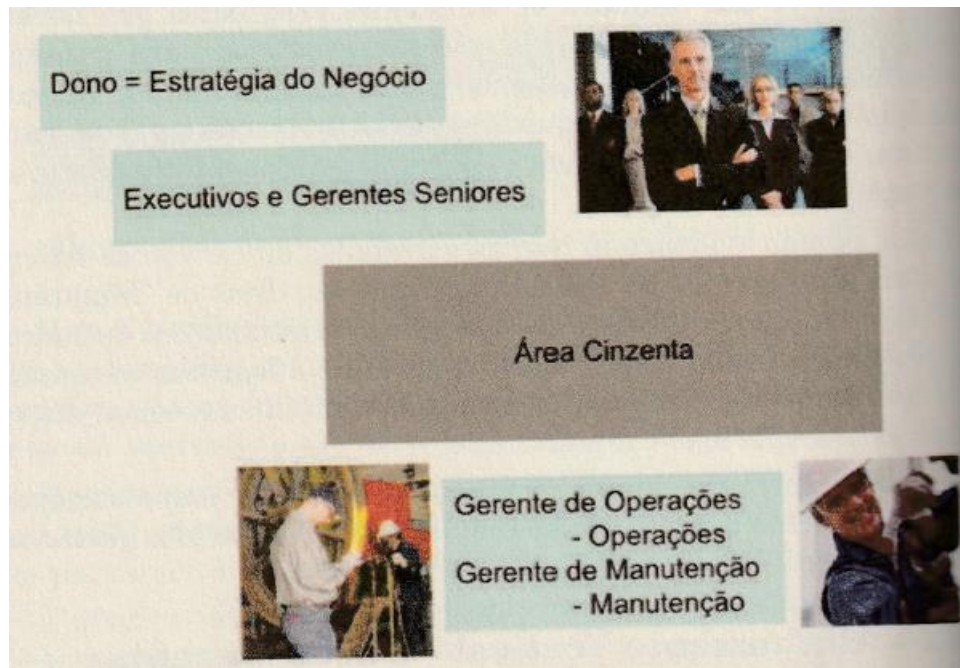


Figura 3.2: Área cinzenta das organizações a ser coberta pela Gestão de Ativos
Fonte: Kardec *et al.* (2014)

Como já foi mencionado, contrariamente a outras áreas, como Recursos Humanos ou o setor de Informática, a área de Gestão de Ativos, encontra-se numa área cinzenta, sendo que em momentos de aquisição ou desenvolvimento de ativos, o grupo determinado para a tomada de decisão é muito disperso, contando, normalmente, com os trabalhadores mais experientes, não contando com um gestor de ativos físicos. Para uma área de Gestão de Ativos ser bem-sucedida, esta deve ser devidamente reconhecida e as funções dadas devem estar de acordo com aquelas que são as competências da área (Kardec *et al.*, 2014; PAS 55-2:2008)

A gestão de ativos físicos resulta em uma política clara de renovação de ativos, os quais devem ser substituídos não somente quando estão irremediavelmente danificados, mas quando:

- Os custos operacionais e/ou de manutenção durante a vida remanescente do ativo excedam o custo de substituição;
- Há risco iminente de falha do ativo;
- O impacto de uma provável avaria supera o custo de substituição;
- Uma provável avaria pode comprometer a fiabilidade e a segurança de pessoas e bens;
- Os ativos tornaram-se obsoletos e ineficientes para operar e manter o negócio;
- Os ganhos com a substituição incluem melhorias de indicadores relativos à segurança de pessoas, do meio ambiente e desempenho da empresa.

Tanto a Gestão da Manutenção como a Gestão de Ativos Físicos tendem a ser cada vez mais uma condição essencial para empresas e indústrias que pretendem melhorar o desempenho e a longevidade dos equipamentos, melhorar os tempos de produção, reduzir custos, e manter o funcionamento da produção e conservação das infraestruturas.

A Gestão de Ativos representa uma evolução da Gestão de Manutenção e uma mudança cultural no planeamento estratégico das empresas que adicionam à tradicional visão sobre produtos e clientes a visão dos ativos e do valor que estes são capazes de gerar para o negócio.

Para as empresas que se dispõem a buscar padrões internacionais de desempenho dentro de mercados competitivos, a gestão de ativos traz, a partir do contexto da organização, uma nova proposta para a realização dos objetivos estratégicos, integrando todas as áreas da empresa, de forma que cada uma delas reconheça o seu papel e sua responsabilidade na obtenção de valor por intermédio dos ativos da organização.

3.3 Ferramentas de Gestão de Ativos

3.3.1 Custo do ciclo de vida

Uma eficaz gestão de ativos vai além da simples aquisição e operação; ela requer uma avaliação abrangente dos custos associados durante todo o ciclo de vida do ativo. O Custo do Ciclo de Vida (*Life Cycle Cost - LCC*) é uma abordagem que engloba todos os custos desde a conceção até a desativação de um ativo.

Conforme Amaral (2016) a vida esperada dos equipamentos é muito variável. Enquanto equipamentos de grande porte podem ter 20 ou 30 anos de vida útil esperada, outros como os equipamentos eletrónicos têm uma vida estimada de 4 ou 5 anos. Ao longo de todo o ciclo de vida, os equipamentos têm custos e geram proveitos.

Através da Figura 3.3 pode-se verificar os custos e os proveitos de um equipamento ao longo do tempo.

O custo do ciclo de vida representa uma estimativa do custo de aquisição, comissionamento, operação, manutenção e venda ou desativação de um equipamento, ou seja, refere-se ao custo total incorrido desde a fase inicial de planeamento, aquisição, operação, manutenção, até o eventual descarte ou desativação do ativo. O objetivo principal do custo do ciclo de vida é certificar que todos os custos relevantes estão identificados e que os custos durante a operação do ativo são considerados nas fases de planeamento e aquisição.

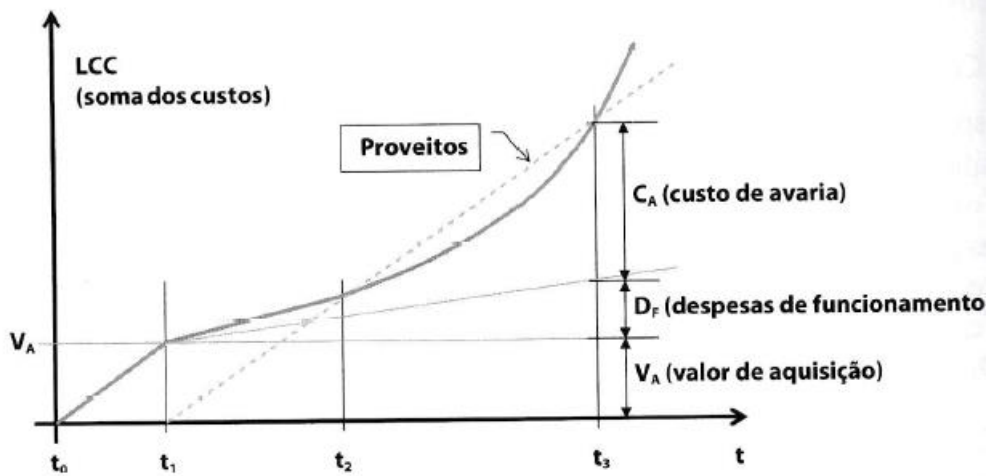


Figura 3.3: Representação esquemática dos custos e proveitos durante o ciclo de vida. Fonte: Amaral (2016)

De acordo com Assis (2014) o LCC de um equipamento é composto por dois custos: o custo de propriedade e o custo de operação. No que se refere ao custo de propriedade, temos o somatório dos custos originados na aquisição do equipamento, custos da manutenção e os custos de desativação e eliminação do equipamento. Relativamente ao custo de operação, temos os custos variáveis para a utilização do equipamento, como, mão de obra, energia e consumíveis.

Ainda citando Assis (2014), na Figura 3.4 podemos acompanhar a evolução dos custos e verificar que ao longo do tempo de vida do equipamento, o custo de aquisição acaba por ser menos expressivo em comparação com os custos de operação e manutenção.

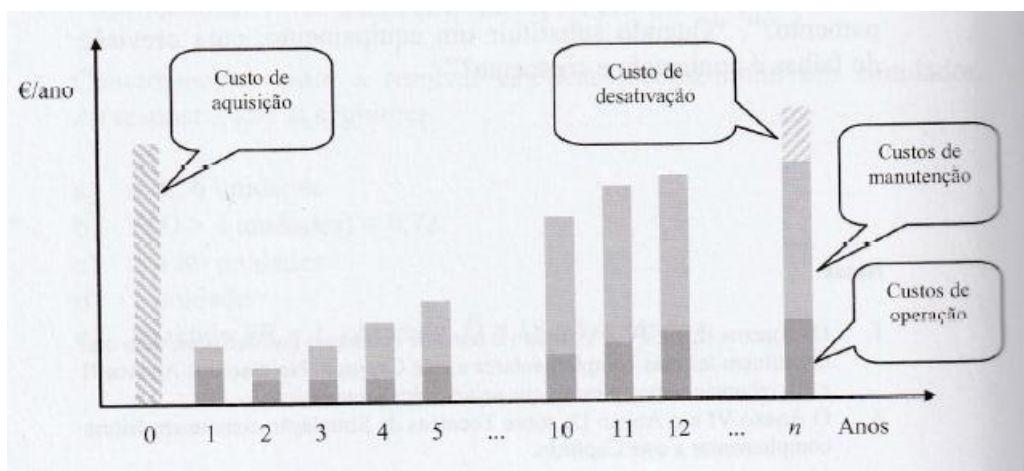


Figura 3.4: Custo do ciclo de vida
Fonte: Assis (2014)

A importância da análise do LCC dos ativos em uma organização vai desde a tomada de decisões mais eficaz e otimização de recursos, até uma análise e planejamento estratégico para antecipação de custos futuros, contribuindo para orçamentos realistas e metas financeiras alcançáveis (Assis, 2014).

Na prática uma análise do LCC permite avaliar diferentes opções de aquisição contando não apenas com os custos iniciais, mas também os custos operacionais e de manutenção ao longo do tempo, e assim, selecionar estratégias de manutenção como a manutenção preventiva, preditiva ou não, e/ou corretiva considerando os custos associados a cada abordagem.

No que se refere a renovação ou substituição de um ativo, o LCC ajuda a determinar se é mais econômico manter o ativo existente ou investir em uma nova solução.

O LCC proporciona uma perspectiva abrangente dos impactos financeiros ao longo do tempo, pois ao considerar todos os custos desde a concepção até a desativação do ativo, permite que as organizações otimizem seus investimentos, maximizem a eficiência operacional e alcancem seus objetivos estratégicos.

3.3.2 Análise de falhas de um ativo

A análise de falhas de um equipamento é uma prática essencial na gestão de ativos, envolvendo a investigação e compreensão das causas subjacentes a falhas operacionais, para além do acesso a informação histórica e atualizada confiável sobre a condição de funcionamento dos ativos.

Conforme Kardec *et al.* (2014) esse é um procedimento sistematizado que busca o bloqueio das causas de falhas nos ativos através de estudos e análise dos problemas.

Esse método é utilizado para identificar as causas mais prováveis de falha dos componentes de uma máquina, tem diversas aplicações e é utilizado por boa parte dos fabricantes de equipamentos, para obter uma garantia na qualidade, fiabilidade e segurança dos seus equipamentos.

A eficácia dessa análise não apenas minimiza o tempo de inatividade, mas também contribui para estratégias de manutenção preventiva e melhoria contínua.

São muitas as causas de uma falha em equipamentos e é importante saber analisar a raiz da falha para identificar melhores soluções de manutenção. Podemos citar algumas causas principais como (Pereira, 2021):

- Erro de projeto
- Defeito do material de construção do equipamento;
- Erro na montagem e/ou instalação;

- Condições de serviços inadequadas, isto é, divergente do projeto;
- Deficiências na execução da manutenção (falta de manutenção preventiva);
- Erro operacional (falta de treinamento ou displicência)

As causas de falhas de uma máquina ou equipamento podem ser descritas por modos de falhas que representam o modo como um componente apresenta determinada falha. Assim, o modo de falha é resultado de uma longa cadeia de causas e efeitos que vão culminar em uma falha concreta, por exemplo, corrosão de um rolamento, danos pequenos em engrenagens, desgastes, *etc.*

A análise de falhas de ativos envolve a redução do tempo de inatividade, economia de custos, segurança operacional e a otimização da manutenção preventiva, daí a sua importância.

Existem várias ferramentas utilizadas para identificar e analisar as causas de falhas em equipamentos, como por exemplo:

- Diagrama de causa e efeito;
- FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*);
- Criticidade e Probabilidade;

3.3.2.1 Diagrama de causa e efeito (Diagrama de espinha de peixe);

Também conhecido como diagrama de Ishikawa, o diagrama de causa e efeito é uma ferramenta gráfica utilizada para identificar e analisar as possíveis causas de um problema específico.

De acordo com Amaral (2016) o diagrama foi desenvolvido pelo engenheiro japonês Kaoru Ishikawa e tem uma estrutura semelhante à espinha de um peixe, com uma linha central que representa o problema ou efeito que está a ser analisado. Essa linha central é dividida em categorias de causas que podem variar dependendo do contexto. As categorias mais comuns incluem Mão-de-obra, Medições/Processos, Máquinas/Equipamentos, Materiais, Métodos e Meio Ambiente, motivo pelo qual também é referido como diagrama 6M.

O diagrama de Ishikawa é mais utilizado para a análise de problemas complexos, e auxilia a equipa a perceber as principais causas dos problemas e a tomar medidas apropriadas.

A Figura 3.5 ilustra um diagrama de Ishikawa com várias causas para o efeito a ser analisado.

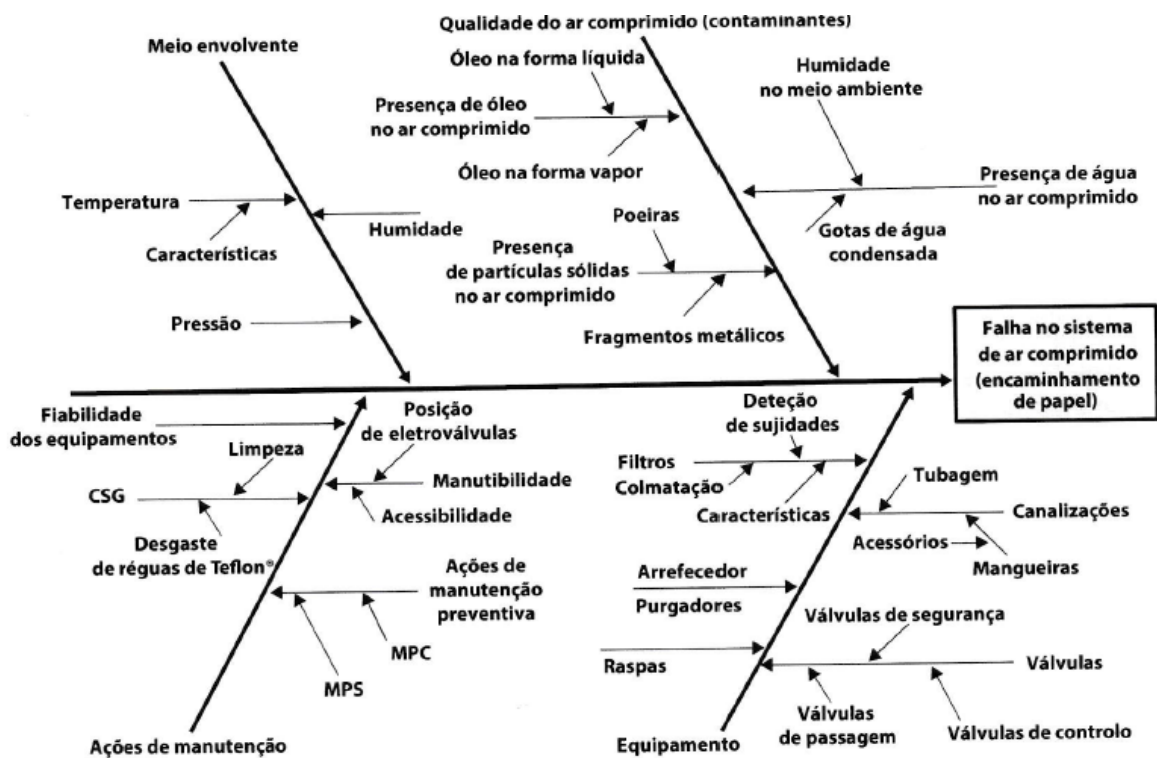


Figura 3.5: Exemplo diagrama de causa e efeito
 Fonte: Amaral (2016)

3.3.2.2 FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

FMEA é uma metodologia sistemática que identifica modos potenciais de falha em um sistema, avalia seus efeitos e prioriza as ações de mitigação. Esse método fornece uma visão abrangente das possíveis falhas e suas consequências e é de grande importância para melhorar a fiabilidade, qualidade e a segurança de produtos e processos, principalmente em setores onde a prevenção de falhas é crucial para garantir a qualidade e desempenho adequado dos produtos ou processos.

De acordo com Pinto (2013) os principais componentes do FMEA são:

- Modo de Falha: Refere-se à maneira específica pela qual um equipamento, componente ou processo pode falhar;
- Efeito da Falha: Descreve as consequências e impactos resultantes da falha;
- Causa da Falha: Identifica as razões ou condições que levam ao modo de falha;

- Severidade: Atribui uma pontuação de severidade para avaliar a gravidade do impacto do modo de falha. Geralmente, é classificada em uma escala de 1 a 10, sendo 10 o impacto mais severo.
- Probabilidade de Ocorrência: Avalia a probabilidade de que o modo de falha ocorra. Também é classificada em uma escala de 1 a 10, sendo 10 a probabilidade mais alta.
- Probabilidade de Detecção: Indica a probabilidade de que a falha seja detetada antes que cause impacto. Nesse caso, quanto maior o valor, menor a capacidade de detecção.

Para realizar uma análise FMEA deve-se atribuir os graus de Severidade (S), Ocorrência (O), e Detecção (D), atribuindo valores de 1 a 10 para cada um deles e depois calcular o número de prioridade de risco (NPR, *number of priority risk*) através da Equação 3-1:

$$NPR = S \times O \times D \qquad \text{Equação 3-1}$$

O NPR é uma pontuação que ajuda a priorizar os modos de falha com base na severidade, probabilidade de ocorrência e probabilidade de detecção.

Calculado o valor do NPR para cada modo de falha, deve-se determinar ações para reduzir o NPR começando com os modos de falha com maiores valores de NPR.

O estudo do FMEA deve ser realizado em grupo multidisciplinar e deve incluir a equipa de manutenção, para obter um contributo importante por parte desta, na identificação dos modos de falha, nas possíveis causas e efeitos e na descoberta de medidas de melhoria para implementação (Pinto, 2013).

3.3.2.3 Criticidade e Probabilidade de ocorrência da Falha

Essa ferramenta avalia o impacto e a probabilidade da ocorrência de falhas em ativos. Para isso deve-se classificar os ativos com base em sua importância para as operações da organização. Identificar o impacto e a probabilidade de ocorrência de uma falha permite uma alocação eficiente de recursos para a mitigação dos riscos em uma operação, concentrando assim os esforços e investimentos nos ativos mais críticos e com maior probabilidade de falhas. Essa ferramenta ainda pode fornecer informações fundamentadas para a tomada de decisões relacionadas à manutenção, reparo ou substituição de ativos e reduzir os custos ao focar nas áreas de maior criticidade da organização.

Existem duas metodologias que podem ser utilizadas para a análise de criticidade e probabilidade de ocorrências de falhas:

- Matriz de criticidade: combinando as classificações de criticidade e probabilidade, essa matriz determina a prioridade da ação ao classificar os ativos como críticos, importantes ou não-críticos.
- Árvores de Falhas: Permitem visualizar graficamente as combinações de eventos que podem levar a uma falha. Isso auxilia na identificação de pontos críticos e na análise de cenários de falhas complexos.

Para extrair maior benefício dessa ferramenta é importante utilizar dados históricos de falhas e avaliação de especialistas para determinar a probabilidade de ocorrência de falhas em cada ativo.

Para uma Otimização da Análise de falhas de ativos pode-se ainda implementar uma monitorização contínua através de sensores e sistemas de monitorização. Através desse sistema pode-se detetar anomalias, possibilitando intervenções antes que as falhas aconteçam.

Ao empregar métodos sistemáticos e estratégias inovadoras, as empresas podem transformar a análise de falhas em uma ferramenta proativa para impulsionar a melhoria contínua e garantir o desempenho consistente de seus ativos ao longo do tempo.

4 GESTÃO DE PROJETOS

Para melhorar a qualidade dos seus serviços, as empresas têm apostado cada vez mais na gestão de projetos. Essa área que é relativamente nova no mercado de trabalho, baseia-se em aplicar conhecimentos, técnicas, habilidades e ferramentas com o objetivo de concluir com sucesso um projeto ou atividade e tem sido de grande importância para alcançar a excelência nos serviços que as entidades oferecem, o que tem feito as empresas buscarem cada vez mais qualificação para essa função.

Gerir um projeto envolve várias habilidades e conhecimentos que vão além da gestão, como conhecimentos em ciclo de vida de equipamentos, processos, normas relativas à área em questão, alguns elementos técnicos e ainda as chamadas “*softskills*” – liderança, comunicação, resiliência, resolução de problemas, motivação, *etc.*

Para gerir um projeto deve-se identificar as necessidades ou problemas que poderiam gerar atividades para uma melhoria ou solução de dificuldades. Após estabelecer as atividades a serem realizadas é importante um acompanhamento através do estabelecimento de objetivos que sejam mensuráveis, claros e alcançáveis.

Nos dias de hoje a gestão de projetos pode ser aplicada às mais diversas áreas da sociedade e de negócios como por exemplo: Processo social, processo político, processo de intervenção, processo de criação de valor, processo de desenvolvimento, organizações temporárias, processos de mudança, *etc.*

4.1 Definição de projeto

Um projeto pode ser definido como um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. É orientado para uma mudança que agregue benefícios e definido por objetivos de ordem quantitativa e qualitativa e é realizado dentro de um prazo e custo.

Um projeto apresenta algumas condições a serem observadas e variáveis como duração, diversidade e volume de informações a serem processadas, quantidade de recursos envolvidos, incertezas, *etc.*

De acordo com Maximiano (1997), para que determinado empreendimento seja considerado um projeto, deve possuir certas características como tempo determinado (começo, meio e fim), envolver uma relação entre os *stakeholders* (principalmente fornecedor-cliente), ter objetivos definidos de forma clara, contar com imprevistos, riscos e incertezas, seja singular (não uma atividade de rotina) e necessite de um gestor ou certa administração específica.

Portanto, podemos dizer que um projeto é uma série de tarefas ou atividades a serem executadas para alcançar um objetivo. Deve ser considerada uma atividade temporária, pois como vimos, todo projeto deve ter um início e um fim. O fim de um projeto pode ser bem-sucedido, caso os objetivos e metas foram alcançados, ou fracassado, caso verifique-se que os objetivos não poderão ser alcançados, ou não deverão continuar.

Assim, a gestão de projetos pode ser considerada como um processo através do qual um projeto é levado a uma conclusão.

4.2 Ciclo de vida da gestão de projetos

A gestão de projetos proporciona uma abordagem estruturada para o planejamento, execução e controle das atividades, visando alcançar metas específicas dentro de prazos e orçamentos definidos.

De acordo com o guia PMBOK (2017), o ciclo de vida da gestão de projetos descreve as fases pelas quais um projeto passa desde sua concepção até seu encerramento.

Valeriano (1998) e Maximiano (1997), concluem que o número de fases do ciclo de vida de um projeto depende de muitas variáveis, e apresentam um modelo de quatro principais fases que envolvem a preparação, estruturação, desenvolvimento e encerramento.

Através de uma breve pesquisa bibliográfica encontram-se outros autores que definem de três a seis fases do ciclo de vida de um projeto. Pode-se concluir através dessas pesquisas que um projeto bem estruturado deve conter as seguintes fases:

- **Definição:**
Na definição de um projeto, é definido as diretrizes bases do projeto, que incluem o objetivo do projeto, a equipa, as partes interessadas (stakeholders), os riscos entre outros. Essa fase é fundamental para analisar se o projeto deve ser executado ou não.
- **Planeamento;**
A fase de planeamento de um projeto é onde define-se as tarefas a serem executadas, a equipa que irá trabalhar nessas tarefas, o tempo que será necessário para a conclusão e os custos do projeto em cada etapa. Estabelece-se também o plano de comunicação e o plano de gestão da qualidade. Nesta fase é possível antecipar vários imprevistos e definir estratégias para minimizar os riscos e alcançar os resultados desejados. Estas duas fases que antecedem a execução são fundamentais para que um projeto seja bem-sucedido e concluído com a maior eficiência, segurança e rentabilidade possíveis.
- **Execução;**

Na execução coloca-se em prática as atividades que foram planejadas de acordo com o estabelecido em cada etapa do projeto. Esta fase envolve a coordenação de pessoas e recursos para executar as atividades conforme planejado. A comunicação é fundamental, e os gestores de projeto devem monitorizar o progresso, resolver problemas e garantir que tudo esteja alinhado com os objetivos do projeto.

- **Monitorização e Controlo;**
Juntamente com a execução do projeto, a fase de monitorização e controlo diz respeito ao acompanhamento e gestão do cronograma, dos riscos e da equipa, e caso algo esteja fora do planejado ou algum risco esteja a ameaçar o projeto, nessa fase é realizada ações corretivas para tentar minimizar os problemas e atrasos. O controlo de qualidade é uma parte importante desta fase para garantir que os resultados atendam aos padrões estabelecidos.
- **Encerramento**
Ao atingir os objetivos do projeto, a fase de encerramento é iniciada. Isso envolve a aceitação formal do cliente, a entrega de produtos finais, a documentação de lições aprendidas e a liberação de recursos. Aqui também podem acontecer algumas decisões e pequenas alterações para melhor conclusão do projeto. Um relatório de encerramento do projeto é geralmente produzido para revisar o desempenho do projeto e destacar áreas de melhoria para projetos futuros.

Amaral (2016) ressalta a importância da fase inicial do projeto (estudo e conceção) pois à medida que o projeto avança, a flexibilidade diminui e os custos aumentam (flexibilidade aqui deve ser entendido como a facilidade de implementar alterações no projeto).

Na Figura 4.1 podemos verificar esse fato ao analisar as curvas de flexibilidade e custos, de acordo com o ciclo de vida de um projeto.

Ao trabalhar as fases do ciclo de vida de um projeto, há algumas considerações importantes a ter conta:

- **Iteratividade:** Em muitos casos, o ciclo de vida do projeto pode ser iterativo. Mudanças nos requisitos, descobertas durante a execução ou outros fatores podem exigir ajustes no plano original.
- **Envolvimento das Partes Interessadas:** O envolvimento contínuo das partes interessadas ao longo de todo o ciclo de vida é vital para garantir que o projeto atenda às expectativas e necessidades de todas as partes envolvidas.

- **Gestão de Riscos:** Identificar e gerir riscos é uma prática contínua. Durante a fase de execução e monitorização, novos riscos podem surgir, e é essencial abordá-los adequadamente.
- **Aprendizagem Contínua:** A fase de encerramento não deve ser negligenciada. Lições aprendidas durante o projeto devem ser documentadas e usadas para melhorar processos em projetos futuros.

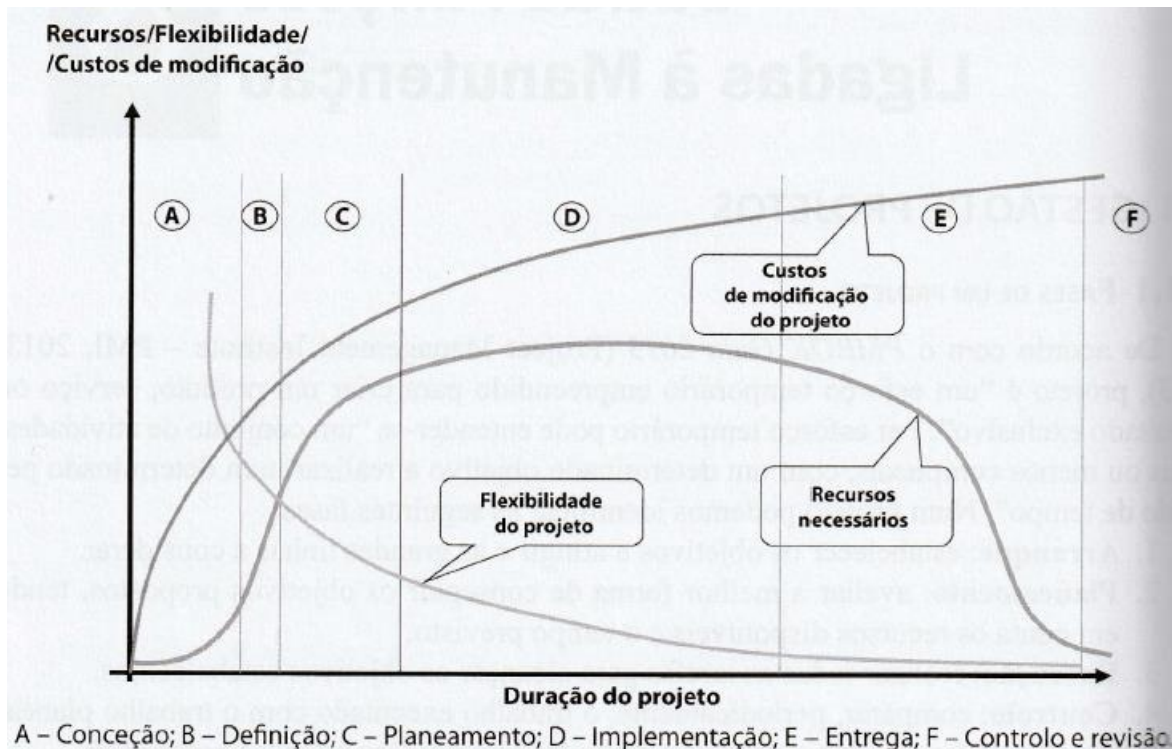


Figura 4.1: Ciclo de vida de um projeto
Fonte: Amaral (2016)

Em resumo, o ciclo de vida da gestão de projetos oferece uma estrutura sólida para orientar os gestores, ao longo de todas as etapas de um projeto, desde a conceção até o encerramento. A aplicação eficaz desse ciclo contribui para o sucesso consistente de projetos, proporcionando controle, transparência e adaptabilidade ao longo do caminho.

4.3 Áreas de conhecimento na gestão de projetos

O *Project Management Institute* (PMI), uma das principais organizações no campo de gestão de projetos, através do PMBOK (2017) identifica dez áreas de conhecimento essenciais para a gestão de projetos, como resume a Tabela 4.1. O conhecimento e habilidades nessas áreas é essencial para garantir o sucesso de um projeto.

Tabela 4.1: Lista de atividades e competências por área de conhecimento
 Fonte: PMBOK (2017)

| Áreas de Conhecimento | Habilidades |
|-----------------------|--|
| Integração | <ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento do plano do projeto. • Execução, monitorização e controlo das atividades do projeto. • Controlo integrado de mudanças. |
| Escopo | <ul style="list-style-type: none"> • Recolha de requisitos. • Definição de escopo. • Criação da Estrutura Analítica do Projeto (EAP). |
| Tempo | <ul style="list-style-type: none"> • Definição de atividades. • Sequenciamento de atividades. • Estimativa de recursos e duração das atividades. • Desenvolvimento do cronograma. |
| Custo | <ul style="list-style-type: none"> • Estimativa de custos. • Orçamentação. • Controlo de custos. |
| Qualidade | <ul style="list-style-type: none"> • Planeamento da qualidade. • Garantia da qualidade. • Controlo da qualidade. |
| Recursos Humanos | <ul style="list-style-type: none"> • Planeamento de recursos humanos. • Contratação ou mobilização da equipa do projeto. • Desenvolvimento da equipa. |
| Comunicação | <ul style="list-style-type: none"> • Planeamento da comunicação. • Distribuição da informação. • Relato de desempenho |
| Risco | <ul style="list-style-type: none"> • Planeamento da gestão de riscos. • Identificação de riscos. • Análise qualitativa e quantitativa de riscos. • Planeamento de respostas a riscos. • Monitorização e controlo de riscos. |
| Aquisições | <ul style="list-style-type: none"> • Planeamento de aquisições. • Preparação de solicitações de propostas. • Seleção de fornecedores. • Administração de contratos. |
| Partes Interessadas | <ul style="list-style-type: none"> • Identificação de partes interessadas. • Planeamento do envolvimento das partes interessadas. • Gestão do envolvimento das partes interessadas. |

Essas áreas de conhecimento são inter-relacionadas e interdependentes. Um gestor de projetos precisa considerar todas essas áreas ao planejar, executar e monitorizar um projeto para garantir que ele atinja seus objetivos com sucesso.

4.4 Ferramentas e Metodologias de Gestão de projetos

Como vimos, a gestão de projetos é uma disciplina crucial para o sucesso do empreendimento em diversas áreas, e a utilização de ferramentas apropriadas desempenha um papel fundamental nesse processo. À medida que a complexidade dos projetos aumenta, a necessidade de abordagens estruturadas e ferramentas eficazes também se intensifica.

Podemos dizer que há muitas maneiras de fracassar em um projeto e poucas formas de ser bem-sucedido, por isso é importante conhecer e aplicar bem as ferramentas de gestão de projetos, pois além de maior eficiência, pode-se poupar recursos, tempo, dinheiro, *etc.*

As ferramentas de gestão de projetos são importantes na gestão pois auxiliam os gestores e as equipas a gerir as tarefas em tempo real, visualizar e controlar os orçamentos e cronograma e ainda analisar a eficiência dos recursos do projeto.

Os principais benefícios das ferramentas de gestão de projetos são:

1. Planeamento Eficiente:

Ferramentas de gestão de projetos facilitam o planeamento eficiente, permitindo a criação de cronogramas, definição de metas e ainda alocar recursos de maneira otimizada. Isso ajuda a evitar a sobrecarga de trabalho, a minimizar os riscos e a garantir que o projeto seja executado de acordo com as expectativas.

2. Comunicação Eficaz:

Ferramentas de colaboração e comunicação são essenciais para manter todas as partes interessadas informadas e alinhadas. Plataformas que permitem a troca rápida de informações, compartilhamento de documentos e atualização em tempo real facilitam a colaboração e reduzem a probabilidade de mal-entendidos.

3. Monitorização e Controlo:

A capacidade de monitorizar o progresso do projeto é crucial. Ferramentas oferecem recursos para rastrear tarefas, identificar desvios em relação ao plano original e tomar medidas corretivas rapidamente. Isso contribui para manter o projeto no caminho certo e evitar atrasos.

4. Gestão de Recursos:

Ferramentas de gestão de projetos permitem uma alocação eficiente de recursos, garantindo que a equipa certa esteja trabalhando nas tarefas corretas. Isso não apenas otimiza o uso de recursos, mas também evita gargalos que podem comprometer o cronograma do projeto.

5. Análise de Riscos:

Identificar e gerir riscos é uma parte integral da gestão de projetos. Ferramentas de análise de riscos permitem a identificação proativa de potenciais problemas e a implementação de estratégias para mitigar ou lidar com esses riscos.

6. Melhoria Contínua:

Ferramentas de gestão de projetos facilitam a realização de análises pós-projeto e retrospectivas, contribuindo para a melhoria contínua. Ao avaliar o desempenho passado, as equipas podem identificar áreas para aprimoramento e aplicar essas lições em projetos futuros.

Em um cenário empresarial dinâmico e competitivo, a utilização de ferramentas na gestão de projetos é mais do que uma conveniência, é uma necessidade. Elas proporcionam a estrutura e a visibilidade necessárias para enfrentar desafios, otimizar recursos e garantir que os objetivos do projeto sejam atingidos com eficácia.

Algumas ferramentas que podem ser utilizadas na gestão de projetos são Estrutura analítica do projeto (EAP); Gráficos de Gantt e *Softwares*.

4.4.1 Estrutura analítica do projeto (EAP)

A Estrutura Analítica do Projeto (EAP), em inglês Work Breakdown Structure (WBS), é uma ferramenta que divide o trabalho do projeto em tarefas menores e mais gerenciáveis. A EAP é uma representação hierárquica que organiza e define o âmbito total do projeto em partes menores e mais facilmente compreensíveis.

Para construir uma EAP deve-se ter uma compreensão clara do objetivo do projeto e então dividir o projeto em fases ou principais entregas. Para cada fase ou entrega identificada, decompõe-se várias tarefas ou atividades necessárias para a conclusão de cada fase.

A construção de uma EAP serve como uma base sólida para o planeamento e controlo do projeto, facilitando a comunicação e execução de projetos de forma organizada.

Para Gama, Jacobavicius & Formigoni (2017) a EAP permite analisar, monitorizar e controlar um projeto com maior eficiência ao subdividir de maneira concisa seus elementos de modo a se tornar de fácil compreensão para os envolvidos.

4.4.2 Gráficos de Gantt

Uma importante ferramenta de gestão de projetos é o gráfico de Gantt, que consiste em um gráfico de barras de linha de tempo usado para o planejamento e agendamento de projetos, pois mostra nessas linhas as datas de início e término de cada tarefa individual. Assim, o gestor é capaz de ter uma visão clara da duração de cada tarefa do projeto e ainda pode ver as dependências entre as tarefas.

Através do gráfico de Gantt podemos ter uma visualização rápida do cronograma do projeto, coordenar as tarefas e identificar possíveis gargalos, partilhar o plano do projeto com os stakeholders, identificar atrasos e alocar recursos de forma mais eficiente.

4.4.3 Softwares

As ferramentas mais modernas e atuais para gestão de projetos são sem dúvida os softwares. O mais simples software de gestão é capaz de auxiliar o gestor a gerir qualquer tipo de projeto e geralmente é intuitivo o suficiente para não exigir treinamento para utilizá-lo.

Através de um software de gestão de projetos pode-se compartilhar documentos entre os membros da equipa, acompanhar e gerir em tempo real os recursos e as variações de status de cada tarefa, agendar as tarefas e alocá-las a determinado membro da equipa, além de armazenar a documentação e gerar relatórios.

Alguns softwares também permitem criar um cronograma detalhado do projeto ou gráficos que auxiliem na visualização do projeto do início ao fim.

4.5 Redes PERT/CPM

O PERT/CPM surgiu por volta dos anos 50 como uma ferramenta para auxiliar o planejamento e o controlo de projetos. É uma técnica bastante utilizada, ensinada em boa parte das escolas de engenharia e está presente em praticamente todos os softwares de gestão de projetos (Prado, 2015).

As técnicas PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) e CPM (*Critical Path Method*) são técnicas distintas que foram desenvolvidas para o planejamento e controlo de projetos, mas que pelo facto de serem utilizadas em conjunto e se completarem, acabaram por se tornar uma única. Essa técnica é utilizada na gestão de projetos para planear e controlar as atividades envolvidas na execução de um projeto, através de redes que projetam uma visão gráfica das atividades que o

compõem, permitindo visualizar a possibilidade de executar duas ou mais atividades em paralelo (Ravagnani, 2017).

O diagrama PERT/CPM proporciona uma abordagem estruturada para o planejamento e execução de projetos complexos, permitindo uma visão global do projeto e facilitando assim a tomada de decisões, previsão de prazos e controle eficiente do progresso do projeto. Essa metodologia permite identificar e avaliar diferentes caminhos para desenvolver as atividades do projeto, o que possibilita um planejamento mais abrangente e facilita o cumprimento de prazos (Kerzner, 2011).

Os principais componentes da Rede PERT/CPM são:

- **Atividades:**
São as tarefas individuais que compõem o projeto. Cada atividade tem uma duração estimada para conclusão.
- **Nós (ou Eventos):**
Representam pontos no tempo em que as atividades se encontram. Eles indicam o início e o término de uma ou mais atividades.
- **Setas (ou Linhas):**
Representam as relações entre as atividades. As setas indicam a sequência em que as atividades devem ser realizadas.
- **Duração das Atividades:**
Uma estimativa do tempo necessário para concluir cada atividade.

4.5.1 Diferenças e Processo de construção

Como já foi referido, as técnicas PERT e CPM são técnicas distintas, mas que por sua similaridade acabaram por se tornar uma única. A principal diferença entre elas é que o PERT é mais utilizado para determinar o tempo de conclusão de um projeto com base em cálculos que envolvem 3 tipos de estimativas: otimistas, pessimistas e mais prováveis. Já o CPM é mais utilizado quando já se sabe as estimativas, por experiência ou por trabalhar com prazos concretos por exemplo, e por isso, é mais utilizados na indústria e construção.

Portanto, pode-se dizer que a determinação do tempo das atividades no PERT é probabilístico, enquanto que no CPM é determinístico.

Segundo Ulbricht *et al.* (2020) para construir uma rede PERT/CPM deve-se seguir as etapas seguintes:

1. Identificação das Atividades:

Identificar e listar em ordem cronológica todas as atividades necessárias para completar o projeto.

2. Estimar a duração:

No caso do PERT, deve-se determinar o tempo que cada atividade levará até ser concluída. Nesta etapa pode-se definir 3 tipos de estimativas – otimistas, pessimistas e mais prováveis. A fórmula utilizada para esse cálculo é apresentada na Equação 4-1.

$$Duração = \frac{O + (4 \times M) + P}{6} \quad \text{Equação 4-1}$$

Legenda: O = Estimativa Otimista; P = Estimativa Pessimista;
M = Estimativa mais provável. Essa estimativa pode ser dada em minutos, horas, dias ou semanas.

No caso do CPM, a estimativa baseia em experiência e conhecimento, dados de projetos anteriores ou ainda padrões de referência conhecidos no setor de atividade.

3. Determinar as dependências:

Identificar as dependências entre as atividades, ou seja, as etapas que devem ser concluídas antes que outras comecem.

4. Construir um diagrama de rede:

Usando um diagrama de setas ou de nós, pode-se representar as atividades do projeto e suas dependências. Deve-se determinar a sequência das atividades através de um caminho com setas.

5. Determinar o Caminho Crítico:

O caminho crítico é determinado pelas atividades que não podem atrasar sem afetar o prazo final. É o caminho crítico que determinará o tempo total do projeto. Para definir o caminho crítico deve-se identificar as atividades que possuem a mesma duração de tempo mais cedo e tempo mais tarde.

6. Construir um gráfico PERT:

Através do diagrama de rede, tempo estimado para cada atividade e as folgas, pode-se construir um gráfico (ou rede) PERT utilizando “nós” para as atividades e setas para a ligação entre elas, conforme a Figura 4.2.

7. Analisar o gráfico:

Analisa-se o gráfico PERT para identificar as atividades com folgas e áreas de riscos que podem afetar o prazo do projeto.

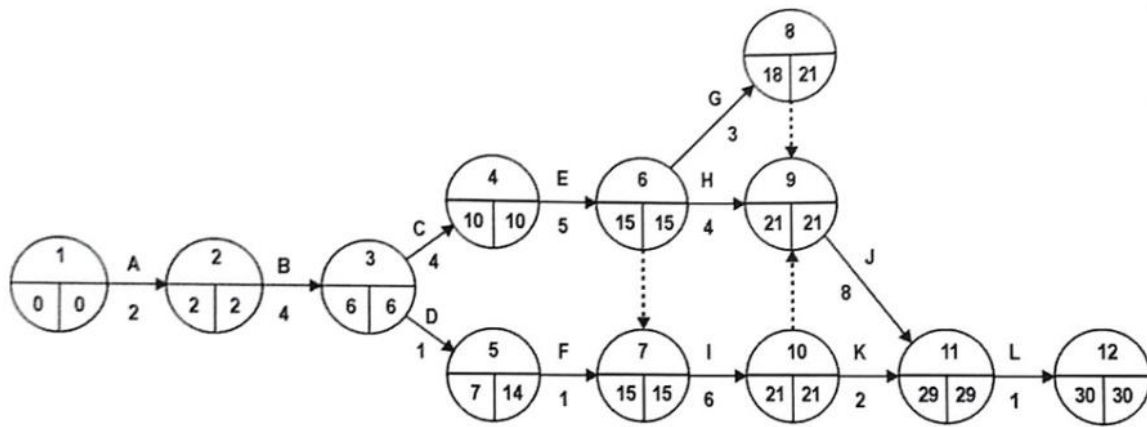


Figura 4.2: Rede PERT

Fonte: www.guiadaengenharia.com/

4.5.2 Metodologia PERT/CPM do projeto

Para esse projeto iremos utilizar a metodologia CPM, que como já foi dito, é mais utilizada em projetos industriais. Utilizamos um modelo que permite o cálculo dos inícios e términos de cada atividade, e assim, para além de uma identificação rápida visual dos tempos, ainda nos permitirá identificar o caminho crítico com mais facilidade.

Para isso iremos utilizar o seguinte símbolo para representação dos “nós” das atividades:

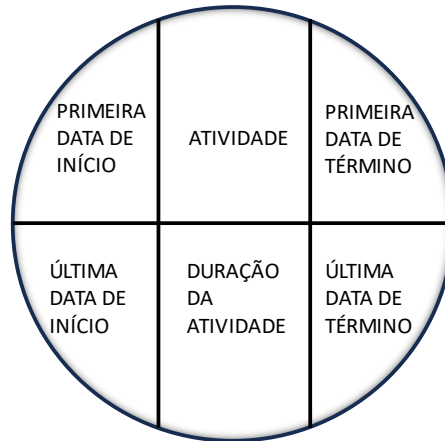


Figura 4.3: Representação do nó utilizado para cada atividade

Observando a Figura 4.3, no campo “atividade” preenchemos a identificação da atividade (1, 2, 3... ou A, B, C...) e no campo “duração da atividade” preenchemos a duração da atividade.

A Figura 4.4 mostra um diagrama de redes com as atividades e duração preenchidos:

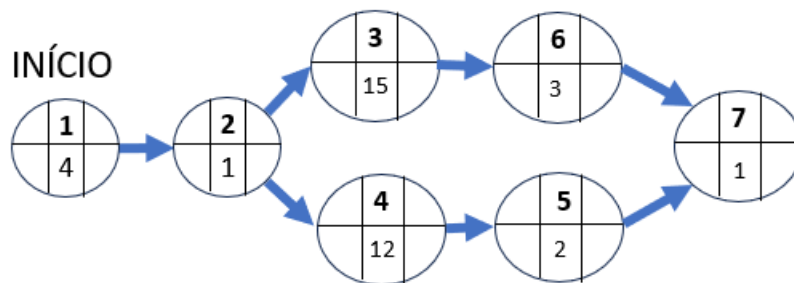


Figura 4.4: Diagrama de redes com a duração de cada atividade

Uma vez definido a duração de cada tarefa, deve-se preencher os campos “primeira data de início” e “primeira data de término”, conforme mostra a Figura 4.5. Para isso começa-se o nó A com a data de início = 0 e soma-se com a duração da tarefa.

Assim temos:

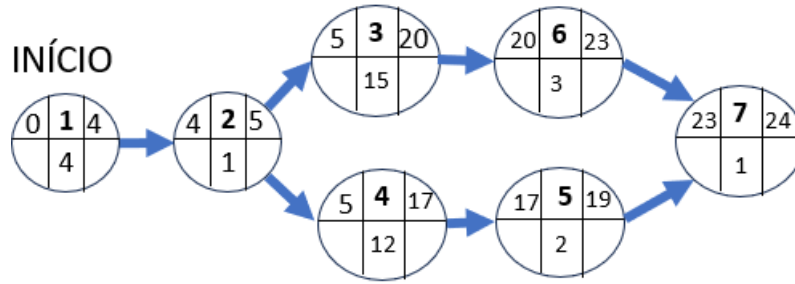


Figura 4.5: Primeira data de início e primeira data de término do diagrama de redes

Nota: Quando uma tarefa for sucessora de duas ou mais tarefas, deve-se colocar a data de início desta = a data de término da tarefa predecessora mais demorada.

Para o cálculo dos campos “última data de início” e “última data de término” deve-se fazer o sentido oposto começando pelo preenchimento do último nó (atividade 7), com a última data de término (24) e subtrair pela duração da tarefa.

Assim, temos:

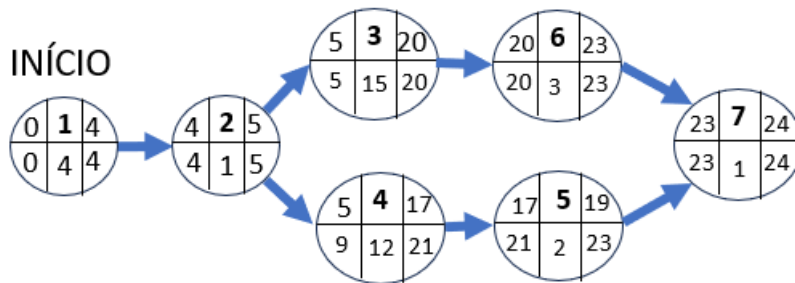


Figura 4.6: Diagrama de redes completo

Nota: nesse caso, nas tarefas onde há duas ou mais predecessoras deve-se utilizar o menor valor de “última data de início”, como observa-se na atividade 2 da Figura 4.6.

Construído o diagrama de redes CPM, podemos observar as atividades onde a “primeira data de início” e a “última data de início” são iguais. Essas atividades, demonstradas na Figura 4.7 são críticas para o projeto e qualquer atraso nessas atividades irá influenciar com o prazo do projeto, enquanto as atividades demonstradas na Figura 4.8 possuem dias de folga e não fazem parte do caminho crítico.

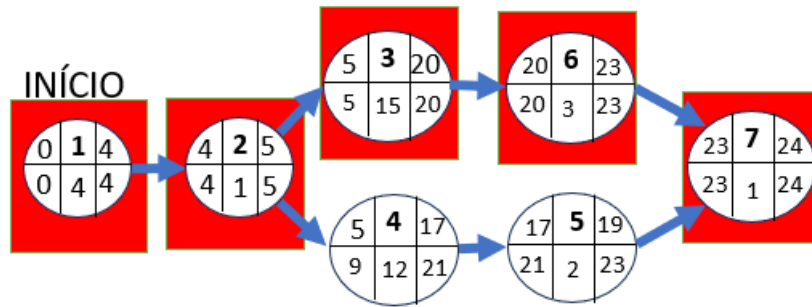


Figura 4.7: Atividades críticas

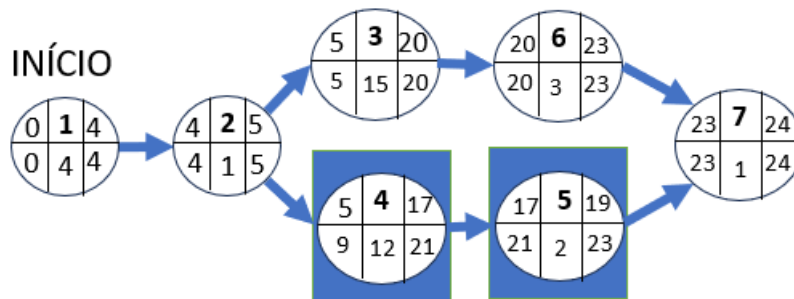


Figura 4.8: Atividades com folga

Entre as vantagens da Rede PERT/CPM referem-se:

- Identificação do Caminho Crítico: Ajuda a identificar quais atividades são críticas para o cronograma do projeto.
- Análise de Folga: Permite a análise de folga, que é o tempo adicional disponível para as atividades não críticas sem atrasar o projeto.
- Planejamento e Controlo: Facilita o planejamento, programação e controlo do projeto.
- Visualização do Projeto: Proporciona uma representação visual clara do projeto, facilitando a compreensão por parte da equipa do projeto e dos stakeholders.

5 ENQUADRAMENTO OPERACIONAL

O projeto que segue foi realizado em uma empresa de extrusão de perfis de alumínio que conta com mais de 20 anos de existência. A produção trabalha a três turnos e divide-se em diferentes secções, sendo as principais:

- **Planeamento:** Essa secção recebe as encomendas e faz a planificação da produção efetuando ordens de fabrico. Essa planificação é baseada na quantidade e tipo dos perfis e também com base nas matrizes e ferramentas necessárias para a produção desses perfis.
- **Secção das Matrizes:** Após o planeamento, a secção das matrizes vai verificar a qualidade das matrizes e se necessário fazer alguns retoques para o que o perfil saia com a qualidade e espessuras pretendidas. Após a extrusão do alumínio, as matrizes voltam para esta secção para limpeza com banho de soda e retoques com a fresa se necessário.
- **Extrusão:** Esta secção é a produção propriamente dita. Os operadores da prensa de extrusão devem garantir a qualidade do perfil através dos parâmetros da prensa como velocidade, temperatura, quotas, *etc.* Nesta secção temos a linha de extrusão de alumínio, que é composta por vários equipamentos responsáveis por fabricar e embalar os perfis. No capítulo 5.1 é feita uma descrição mais exaustiva do processo de extrusão de alumínio e da linha de extrusão.
- **Embalagem e Expedição:** Após os perfis serem fabricados e ganharem dureza no forno de envelhecimento (ver capítulo 5.1) os mesmos são embalados e separados de acordo com as necessidades do cliente. Após inspeção do departamento de qualidade, os perfis estão prontos para serem expedidos.
- **Manutenção:** O setor da manutenção é responsável pela manutenção e conservação geral dos equipamentos e infraestruturas da empresa. Para além das manutenções preventivas e corretivas, esta secção está constantemente a implementar melhorias de forma a otimizar a linha de produção. Esta secção conta com mecânicos, eletricitas e um coordenador de manutenção. Anualmente é feito um plano de manutenção para o mês agosto, mês em que a produção fecha para férias coletivas e a equipa de manutenção faz manutenções mais específicas, trocas de componentes mais robustos e diversas melhorias nas máquinas.

5.1 Linha de Extrusão de Alumínio

Como foi dito no início do capítulo 5, uma indústria de extrusão de alumínio é composta por vários componentes, equipamentos e setores, dos quais se destaca:

Matéria-prima: A matéria-prima de uma extrusora de alumínio é o bilette (lingote ou tarugo) de alumínio em formato cilíndrico, como visto na Figura 5.1.



Figura 5.1: Bilettes de alumínio.

Fonte: <https://www.novoperfil.pt/Artigos/445646-O-aluminio-no-futuro-da-sociedade-moderna-e-do-mundo.html>

Matrizes: Esta é uma ferramenta indispensável para a extrusão de alumínio, uma vez que são as matrizes que dão a forma desejada ao perfil. A Figura 5.2 exemplifica uma matriz macho e fêmea.



Figura 5.2: Matrizes.

Fonte: <https://www.aluport.pt/>

Forno de matrizes: As matrizes, antes de entrarem na prensa, devem passar pelo forno para atingirem uma determinada temperatura de forma a evitar choques térmicos. Apenas quando estiverem próximas da temperatura do container da prensa é que elas podem ser colocadas a trabalhar. Os fornos ilustrados na Figura 5.3 aquecem as matrizes até uma temperatura próxima dos 450°.



Figura 5.3: Fornos de matrizes
Fonte: <https://benetec.ind.br/>

Forno de biletos: Assim como as matrizes, os biletos devem ser aquecidos até determinada temperatura para facilitar a extrusão. O forno da Figura 5.4 trabalha através de chamas que aquecem diretamente o biletos.



Figura 5.4: Forno de biletos
Fonte: <https://www.kautec.net/en/>

Cisalha quente: os biletos geralmente tem a medida de 6 metros e precisam ser cortados em pedaços menores para entrar na prensa. A cisalha quente da Figura 5.5 faz o corte dos biletos de acordo com o programado para o perfil a ser extrudido.



Figura 5.5: Cisalha Quente
Fonte: <https://www.kautech.net/en/>

Prensa de extrusão: É responsável por prensar o bilette aquecido contra a matriz de forma a “espremê-lo” para extrudir os perfis na forma da matriz. A prensa ilustrada na Figura 5.6 funciona com bombas hidráulicas de alta pressão que movimentam um cilindro com força suficiente para extrudir o alumínio.



Figura 5.6: Prensa de extrusão
Fonte: <https://www.kautech.net/en/>

Pullers: Funcionam como garras que levam os perfis da saída da prensa em direção às mesas por onde serão movimentados. A velocidade dos pullers está associada à velocidade de extrusão, de modo que os pullers não deixam os perfis torcerem, mas os mantêm direitos durante todo o processo de extrusão, conforme vê-se na Figura 5.7.



Figura 5.7: Pullers.

Fonte: <https://www.kautec.net/en/>

Após a extrusão do alumínio, o resultado são perfis que podem chegar a mais de 30 metros. Esses perfis são cortados por uma serra na medida solicitada pelo cliente e através da encestadora, são colocados em cestos que posteriormente serão levados ao forno de envelhecimento. Figura 5.8 mostra os perfis já posicionados pela encestadora.



Figura 5.8: Encestadora.

Fonte: <https://www.kautec.net/en/>

Forno de envelhecimento: Através do forno de envelhecimento, mostrado na Figura 5.9, o perfil recebe um tratamento térmico para dar dureza e uniformidade ao material. Após este processo, o perfil está pronto para ser embalado e expedido.



Figura 5.9: Forno de envelhecimento
Fonte: <https://www.kautec.net/en/>

6 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O trabalho em questão foi uma manutenção realizada em uma indústria de extrusão de alumínio. Para essa manutenção, a empresa teve de encerrar suas atividades de produção por cerca de 45 dias, por isso, foi preciso um planejamento ajustado para que o início da produção não sofresse atrasos.

As atividades dessa manutenção têm periodicidades diferentes, sendo que algumas são feitas a cada dois anos enquanto outras podem demorar cinco ou sete anos para serem realizadas.

Para que essa manutenção tivesse o menor número possível de imprevistos, era necessária uma metodologia de gestão de projetos que permitisse planejar, gerir e acompanhar o processo em tempo real e ainda, identificar as folgas e o caminho crítico de modo a priorizar o prazo do projeto.

O método utilizado e que será detalhado adiante foi a metodologia PERT/CPM que, como já foi dito, permite identificar o caminho crítico e analisar as folgas, planejar e controlar o projeto e ainda fornece uma fácil e clara visualização do projeto, facilitando o acompanhamento, decisões e relatórios.

O projeto todo teve uma duração de dois meses e meio (planeamento, compra de materiais e execução da manutenção) e para além da coordenação e gestão deste projeto, contou-se ainda com 1 especialista em prensas de extrusão (subcontratado), 5 mecânicos (sendo 2 subcontratados), 5 auxiliares de manutenção e foram envolvidas mais de 40 empresas e fornecedores de serviços, mão-de-obra e materiais.

As manutenções consistiram em trocas de componentes, manutenções em componentes já existentes, *retrofit* de equipamentos, restauração de fornos, e melhorias em toda linha de produção, entretanto, para esse relatório de projeto, foi considerado apenas as manutenções relativamente à prensa de extrusão, que é o principal ativo físico de uma indústria de extrusão de alumínio.

6.1 Atividades do projeto

Para Amaral (2016) um projeto corresponde a um conjunto de atividades que decorre numa determinada sequência, para a realização de um determinado objetivo, com um prazo e com menores custos possíveis.

Para que essa manutenção tivesse sucesso, tanto em prazo, quanto em custos e qualidade, foi necessário transformá-la em um projeto. O primeiro passo para o planejamento desse projeto foi a identificação das tarefas a serem executadas.

As atividades que serão descritas nesse trabalho e demonstradas mais detalhadamente na Tabela 6.1 são:

1. Substituição das cintas por casquilhos de bronze;
2. Substituição das juntas e vedantes;
3. Substituição dos parafusos da tampa;
4. Alinhamento da prensa;
5. Retificação dos cilindros principais;
6. Substituição dos bronzes da prensa;
7. Manutenção preditiva dos motores;
8. Substituição das mangueiras da central hidráulica.

Tabela 6.1: Lista de atividades

| Lista de atividades | |
|----------------------------|--|
| N da tarefa | Nome da Tarefa |
| 1 | Substituição das cintas por casquilhos de bronze |
| 1.1 | Fabricação dos casquilhos |
| 1.2 | Retificação dos casquilhos |
| 1.3 | Instalação dos casquilhos |
| 2 | Substituição das juntas e vedantes |
| 2.1 | Fabricação dos vedantes |
| 2.2 | Montagem dos vedantes |
| 2.3 | Substituição das juntas anti vibratórias |
| 3 | Substituição dos parafusos da tampa |
| 3.1 | Fabricação dos parafusos |
| 3.2 | Montagem |
| 4 | Alinhamento da prensa |
| 4.1 | Antes de desmontar |
| 4.2 | Após a montagem |
| 5 | Retificação dos cilindros Principais |
| 5.1 | Retirada do cilindro |
| 5.2 | Retificação e cromagem |
| 5.3 | Montagem |
| 6 | Substituição dos bronzes da prensa |
| 6.1 | Fabricação dos bronzes |
| 6.2 | Retificação e furação |
| 6.3 | Substituição dos bronzes |
| 7 | Manutenção Preditiva Motores 160kW |
| 7.1 | Desligamento dos motores |
| 7.2 | Manutenção externa |
| 7.3 | Ligação dos motores |
| 8 | Substituição das mangueiras da central hidráulica |
| 8.1 | Retirada das mangueiras e envio para fabricação |
| 8.2 | Instalação das novas mangueiras |

6.1.1 Descrição das atividades

Descreveremos agora as 8 atividades principais salientadas na Tabela 6.1 e que serão utilizadas para a realização do projeto no decorrer deste capítulo. Estas atividades foram realizadas no período de 45 dias, e o planejamento e duração de cada uma será demonstrado mais a frente.

1- Substituição das cintas por casquilhos de bronze:

A extrusão do alumínio faz-se através de uma prensa hidráulica alimentada por bombas hidráulicas que movimentam um cilindro. A movimentação desse cilindro acontece dentro de um casquilho, como o que se apresenta na Figura 6.1, com várias cintas e vedantes. As cintas ficam ligeiramente sobressalentes e têm a função de permitir deslizar o cilindro sem danificar o material do casquilho. Entretanto, com o passar do tempo, essas cintas devem ser trocadas devido a fissuras e desgastes que ocorrem. O trabalho de trocar as cintas de uma prensa de extrusão é muito complexo, sendo necessário uma grande paragem, mão de obra qualificada e ferramentas específicas, estando por isto, associada a altos custos. Para além disso, este trabalho envolve a movimentação de um cilindro de mais de 5 toneladas, com os riscos inerentes de o danificar ao retirá-lo para a troca das cintas no casquilho. Por este motivo, uma melhoria que tem sido implementada nessa área é a substituição do casquilho de metal com as cintas por um casquilho de bronze, onde não é necessário o uso das cintas.

Durante a manutenção eventual em causa, uma das ações de melhoria implementadas foi a substituição do antigo casquilho mostrado na Figura 6.1 pelo novo casquilho de bronze, representado na Figura 6.2. Este novo casquilho de bronze foi fabricado com as medidas exatas do cilindro e da prensa, substituindo o antigo casquilho de aço com as cintas.

Com essa melhoria, deixa de ser necessário retirar o cilindro para a troca das cintas, uma vez que o casquilho de bronze é feito à medida do cilindro e não faz uso das cintas, eliminando assim, uma manutenção pesada e complexa que tinha de ser feita periodicamente.



Figura 6.1: Casquilho antigo com ranhuras para as cintas

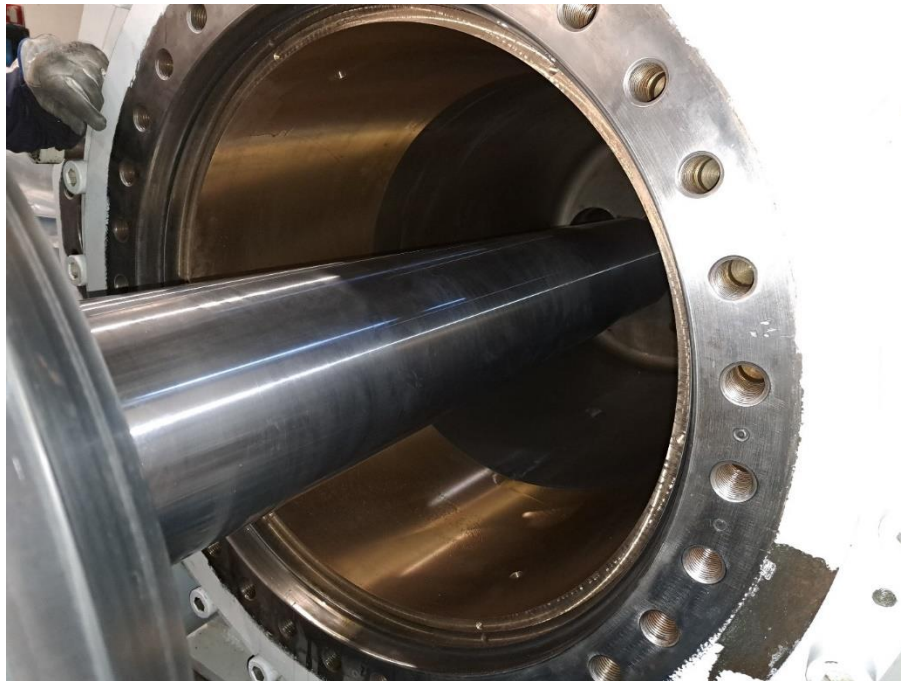


Figura 6.2: Casquilho de bronze montado na prensa

2- Substituição das juntas e vedantes

Existem várias juntas, vedantes e cintas nos vários cilindros de uma prensa de extrusão. Eles são responsáveis por não deixar o óleo sair pelas laterais do cilindro. Uma mínima ranhura em um vedante pode ser suficiente para uma fuga de óleo, pois a pressão para a movimentação do cilindro é tão grande que o óleo passa por qualquer fresta que encontre pelo caminho.

Periodicamente é necessário fazer a troca do vedantes e juntas, de forma preventiva ou corretiva se for o caso.

Alguns vedantes são bastante específicos tendo prazos de entrega bastante alargados, por isso é necessário um planejamento antecipado.

A Figura 6.3 mostra alguns dos vedantes adquiridos para essa manutenção.



Figura 6.3: Vedantes e cintas para substituição

3- Substituição dos parafusos da prensa

Devido a pressão hidráulica de uma prensa de extrusão ser muito alta, a movimentação constante dos componentes da prensa (container, carro do cilindro) pode vir a trincar os parafusos ou até mesmo parti-los.

Como essa manutenção tem uma periodicidade alta (mais de 5 anos) optou-se por fazer a troca de todos os parafusos. Alguns parafusos podem demorar mais de um mês para ser entregues, como é o caso dos M64 x 250mm, mostrados na Figura 6.4 e que pesam 7.5Kg cada.



Figura 6.4: Parafusos da prensa

4- Alinhamento da prensa

Para que um perfil de alumínio saia com a precisão desejada, é preciso que a prensa e o porta-matrizes estejam alinhados. O alinhamento da prensa é um problema comum nas extrusoras e alguns sensores de posicionamento e o uso da IoT tem sido utilizado para auxiliar nesse ponto. Entretanto, frequentemente é necessário verificar o alinhamento da prensa através de equipamentos 3D, como mostrado na Figura 6.5, e proceder com os ajustes mecânicos se necessário.

5- Retificação do cilindro principal

Um dos pontos mais críticos nessa manutenção foi a retificação do cilindro principal da prensa. Para a retirada do cilindro principal é necessário desmontar toda a prensa, um trabalho que demora alguns dias e é de alta complexidade, sendo necessário equipamentos e mão de obra qualificada. Após desmontar toda a prensa, o cilindro de 5 toneladas é retirado com o auxílio de uma grua e enviado para retificação. A Figura 6.6 e a Figura 6.7 mostram respectivamente a retirada do cilindro e as necessidades da retificação do cilindro devido as fissuras do mesmo.



Figura 6.5: Verificação do alinhamento da prensa através de teodolito



Figura 6.6: Retirada do cilindro para retificação



Figura 6.7: Fissuras no cilindro

6- Substituição dos bronzes da prensa

A movimentação do container e do cilindro da prensa é realizada através de suportes cujo apoio é feito em bronze e sofrem desgaste com o tempo. Após tirar as medidas desses apoios, foram fabricados novos para substituição.

7- Manutenção preditiva dos motores

A central hidráulica da prensa é constituída para além de outros componentes, por 3 bombas hidráulicas que são acionadas por 3 motores elétricos de 160kW, demonstrados na Figura 6.8.

Neste trabalho já foi dito sobre a importância da manutenção preditiva em uma indústria e, nesse caso, foram retirados os motores para uma inspeção e manutenção preventiva, que inclui análises de vibração, troca dos rolamentos e verificação do isolamento, conforme Figura 6.9.



Figura 6.8: Motores das bombas hidráulicas



Figura 6.9: manutenção dos motores das bombas

8- Substituição das mangueiras da central hidráulica

Assim como os outros componentes já citados, as mangueiras também sofrem desgaste e ressecamento, sendo necessário substituí-las periodicamente para manter o bom funcionamento do equipamento e a segurança da operação. Nessa manutenção optamos por substituir quase todas as mangueiras demonstradas na Figura 6.10, sendo que algumas mangueiras foram substituídas por tubulação de inox.

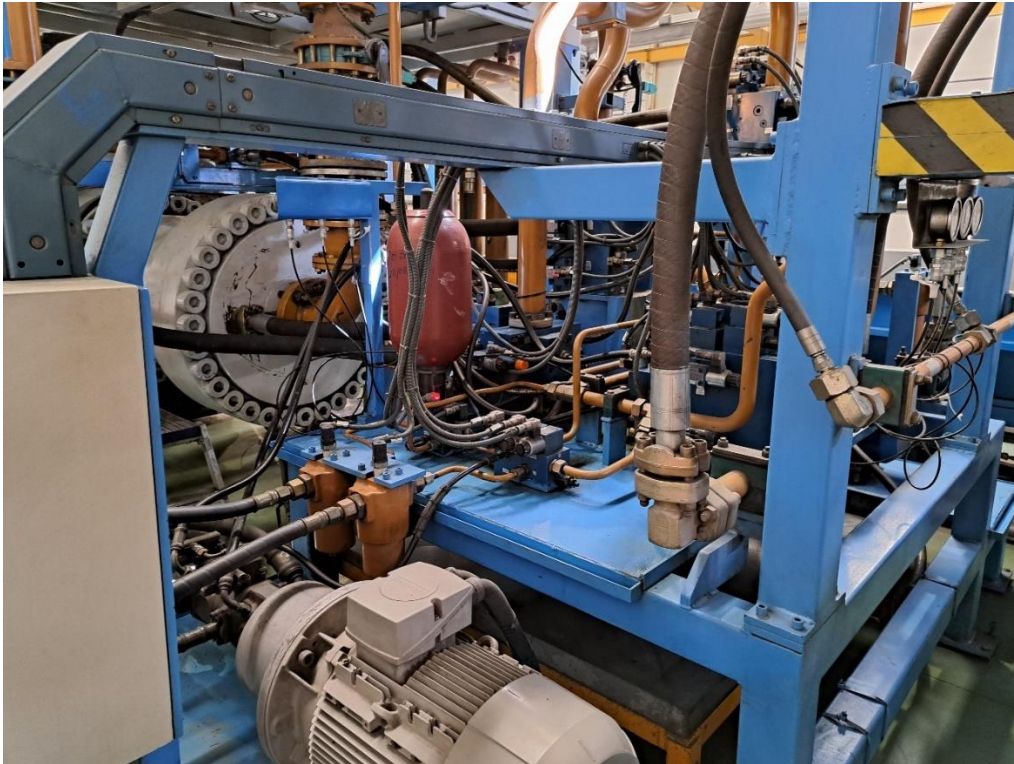


Figura 6.10: Mangueiras da central hidráulica da prensa

6.2 Estrutura e planeamento do projeto

Como já foi descrito no início do capítulo 6, para que uma grande manutenção seja realizada com o mínimo de alterações no budget e nos prazos, é necessário um planeamento de forma a torná-la em um projeto.

Para o planeamento das atividades descritas no início deste capítulo, foi utilizado a metodologia PERT/CPM que como já foi dito, permite analisar com antecedência o tempo e as folgas do projeto e auxilia no acompanhamento do projeto durante o tempo de execução.

Para a construção da rede PERT/CPM foram utilizadas as seguintes etapas:

1. Construção da EAP do projeto de manutenção;
2. Estimativa da duração das tarefas;
3. Determinação das atividades precedentes;
4. Construção do diagrama de GANTT;
5. Construção do diagrama de redes PERT/CPM;
6. Determinar o caminho crítico.

6.3 Execução do Projeto

6.3.1 Construção da EAP do projeto de manutenção

Para a realização do projeto descrito nesse capítulo, foi utilizada uma EAP simples baseada em fases. Cada atividade do projeto foi faseada em tarefas necessárias para a sua conclusão, de modo a se tornar visual cada tarefa a ser executada em cada atividade.

Não foram incluídas nessa EAP as atividades 3 (Substituição dos parafusos da tampa) e 4 (alinhamento da prensa) por serem atividades que não necessitam de acompanhamento.

A Figura 6.11 mostra a construção da EAP e demonstra como uma EAP pode dar uma visão simples dos principais pontos do projeto e permitir uma visão macro das atividades e tarefas que serão realizadas no projeto. Pode ser afixada uma cópia física da EAP no local da obra ou da manutenção para um acompanhamento diário dos pontos que devem ser tratados e lembrados.

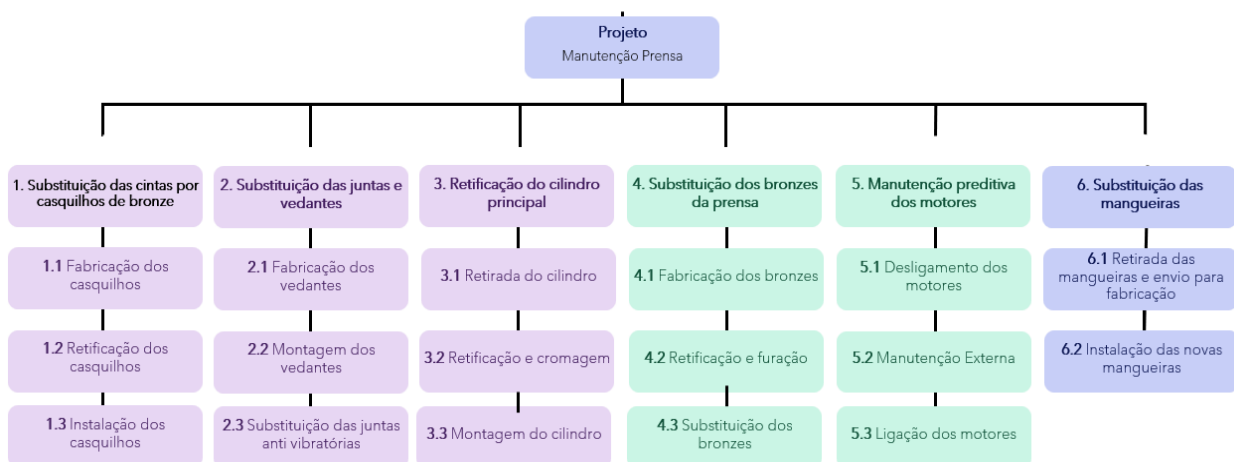


Figura 6.11: EAP do projeto

6.3.2 Estimativa da duração das tarefas

Após a identificação das atividades do projeto na EAP, foram definidos os prazos estimados para cada tarefa. Para que essas estimativas sejam fiáveis é preciso ter um conhecimento concreto sobre as atividades que serão realizadas, ou ainda informações de especialistas sobre os prazos de conclusão.

Cada tarefa desse projeto foi estimada com base nos conhecimentos acerca da manutenção e prazos de entrega dos fornecedores.

Para essa etapa é importante utilizar a EAP, pois através dela podemos ter uma visão completa das atividades e tarefas e assim planejar o tempo de conclusão para cada uma delas.

A título de exemplo, iremos demonstrar como foram estimadas as tarefas dos pontos 1 e 3 da EAP. Estas tarefas, a relação com as restantes 6 e prazos para conclusão encontra-se na Tabela 6.4.

A começar pelo ponto 1 da EAP (Substituição das cintas por casquilho de bronze) temos a estimativa apresentada na Tabela 6.2, cujas atividades incluem:

- Fabricação dos casquilhos: a empresa que fabrica os casquilhos de bronze nos deu um prazo de 21 dias para concluir esse trabalho;
- Retificação dos casquilhos: após o fabrico dos casquilhos é necessário retificá-los em uma outra empresa, que nos deu 12 dias de prazo;
- Instalação dos casquilhos: sabemos por experiência que o prazo para instalar os casquilhos é de apenas 2 dias, pois a prensa já estará desmontada devido a outros trabalhos que serão realizados.

Tabela 6.2: Sequência das tarefas na atividade 1

| Sequência das atividades | | |
|---------------------------------|---|------|
| N da tarefa | Nome da Tarefa | Dias |
| 1 | Substituição das cintas por casquilhos de bronze | |
| 1.1 | Fabricação dos casquilhos | 21 |
| 1.2 | Retificação dos casquilhos | 12 |
| 1.3 | Instalação dos casquilhos | 2 |

Também a título de exemplo, relativamente ao ponto 3 da EAP (Retificação dos cilindros principais) temos conforme a Tabela 6.3:

- Retirada do cilindro: a retirada do cilindro depende de outras tarefas como por exemplo a desmontagem da prensa. Nesse projeto optou-se por fasear a desmontagem da prensa separado da retirada do cilindro como detalhado na secção 6.3.3. Determinação das atividades precedentes. Entretanto, para este exemplo vamos considerar o somatório das duas tarefas (desmontagem da prensa (5 dias) + retirada do cilindro (1 dia)) totalizando 6 dias;
- Retificação e cromagem: Após envio do cilindro, o prazo estimado pela empresa para o trabalho de retificação é de 20 dias;

- Montagem do cilindro retificado: Assim como no caso dos casquilhos, uma vez que a prensa já vai estar desmontada, o tempo estimado para montar o cilindro é de 2 dias.

Tabela 6.3: Sequência das tarefas na atividade 3

| Sequência das atividades | | |
|--------------------------|---|------|
| N da tarefa | Nome da Tarefa | Dias |
| 3 | Retificação dos cilindros Principais | |
| 3.1 | Retirada do cilindro | 6 |
| 3.2 | Retificação e cromagem | 20 |
| 3.3 | Montagem do cilindro | 2 |

Após realizar esse procedimento para todas as atividades, o próximo passo é definir a ordem das tarefas e suas predecessoras.

6.3.3 Determinação das atividades precedentes

Muitas tarefas podem ser executadas antes das outras terminarem otimizando o tempo do projeto, no entanto, algumas tarefas só podem começar após a conclusão de outras. A essas atividades, que precisam estar concluídas para dar início as outras, chamamos de predecessoras.

Para calcular corretamente o prazo de cada atividade e saber quais são as predecessoras ordenaram-se as atividades, tal como no exemplo apresentado na Tabela 6.4.

Para organizar as tarefas do projeto olhamos para todas as tarefas de modo independente, analisamos quais tarefas são dependentes de outras e quais podem ser realizadas em conjunto. Existem ainda várias tarefas que podem ser iniciadas ou até mesmo concluídas antes mesmo do projeto em si começar. É o caso das encomendas e fabricação de materiais por exemplo, que podem ser iniciadas e concluídas antes do início do projeto por assim dizer. É claro que o projeto começa antes mesmo da encomenda de materiais, entretanto, se bem organizado e com antecedência, pode-se ter muitas tarefas concluídas antes do início de uma obra, ou antes da paragem da produção, *etc.*

Assim, temos a seguinte ordem de tarefas para esse projeto:

Tabela 6.4: ordem das tarefas e predecessoras

| Ordem das tarefas | Nome da Tarefa | Predecessoras | Dias |
|-------------------|--|---------------|------|
| 1 | Análise dos materiais necessários, fornecedores e prazos de entrega | | 5 |
| 2 | Adjudicação e encomenda dos materiais (casquilhos, juntas e vedantes, parafusos da tampa e bronze) | 1 | 1 |
| 3 | Fabricação dos casquilhos | 2 | 21 |
| 4 | Fabricação dos vedantes | 2 | 40 |
| 5 | Fabricação dos parafusos | 2 | 30 |
| 6 | Fabricação dos bronzes de apoio | 2 | 6 |
| 7 | Retificação e furação dos bronzes de apoio | 6 | 14 |
| | Término da produção - Início da manutenção | | |
| 8 | Verificação do alinhamento da prensa | 3;4;5;7 | 1 |
| 9 | Retificação dos casquilhos | 8 | 12 |
| 10 | Desmontagem da prensa | 8 | 5 |
| 11 | Retirada do cilindro | 10 | 1 |
| 12 | Retificação e cromagem do cilindro | 11 | 20 |
| 13 | Substituição das juntas antivibratórias | 11 | 1 |
| 14 | Desligamento dos motores | 13 | 1 |
| 15 | Manutenção Externa dos motores | 14 | 8 |
| 16 | Retirada das mangueiras e fabrico das novas | 14 | 3 |
| 17 | Instalação das novas mangueiras | 16 | 1 |
| 18 | Ligação dos motores | 15;17 | 1 |
| 19 | Instalação dos casquilhos | 18;9 | 2 |
| 20 | Montagem dos cilindros retificados | 19;12 | 2 |
| 21 | Instalação dos vedantes novos | 20 | 1 |
| 22 | Substituição dos bronzes de apoio | 7;21 | 3 |
| 23 | Montagem da prensa com os parafusos novos | 22 | 6 |
| 24 | Alinhamento da prensa após a montagem | 23 | 1 |

Observa-se pelo item 8 (verificação do alinhamento da prensa) que optamos pela espera da entrega de todos os materiais (itens 3,4,5 e 7) para a o início da manutenção e paragem da produção. Isso porque era preciso confirmar a qualidade e especificações dos materiais antes de começarmos a desmontar a máquina.

Feito a estimativa de cada tarefa, a ordem e as tarefas predecessoras, já é possível ter uma visão geral do projeto e o prazo estimado.

6.3.4 Construção do diagrama de Gantt

Para auxiliar na visão do projeto e acompanhamento das tarefas, foi feito um gráfico de Gantt com as tarefas já descritas na imagem acima. O gráfico pode ser feito em Excel ou em um dos muitos softwares disponíveis na internet. Para esse projeto optou-se pelo software Microsoft Project.

O Microsoft Project é um software bastante completo no que se refere a projetos, permitindo o preenchimento de várias informações e é capaz de fazer vários cálculos. Através desse software podemos descrever as atividades, a duração de cada uma, datas de início e término, as tarefas predecessoras, *etc.* Ao colocar a data de início e duração da tarefa o software também faz o cálculo automático do término da tarefa, se o utilizador assim desejar.

Após o preenchimento das informações “Nome da Tarefa”, “Duração”, “Início e Conclusão” e “Predecessoras”, um gráfico Gantt é gerado pelo software:

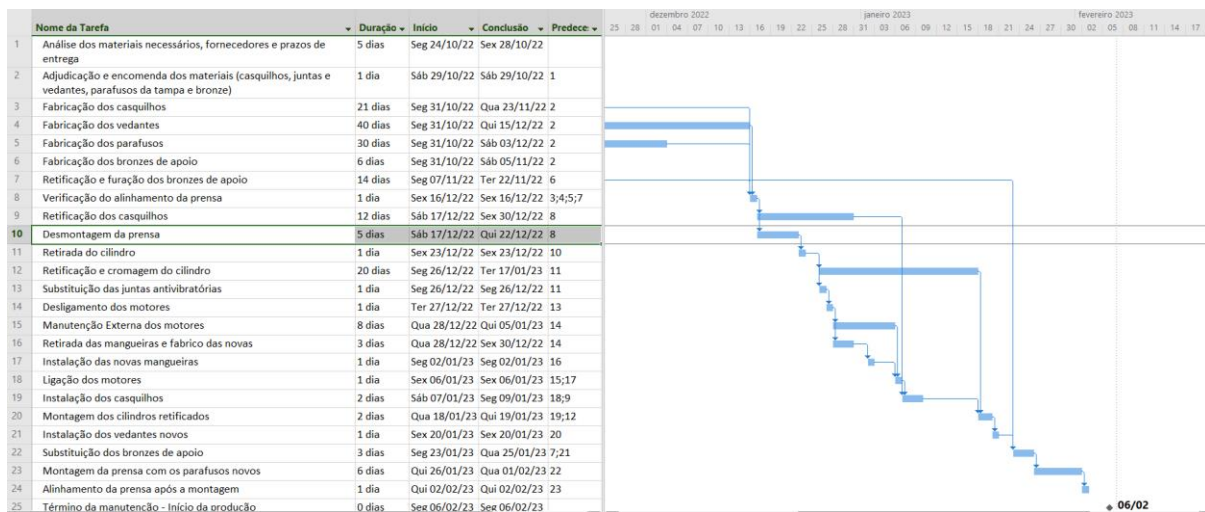


Figura 6.12: Gráfico Gantt gerado no Microsoft Project

Nota-se na Figura 6.12, que para além do gráfico Gantt comum, o Microsoft Project projeta setas para identificar as atividades predecessoras e sucessoras do projeto e também mostra os “marcos” que funcionam como Milestones (tarefa número 25 na Figura 6.12).

Para além de acompanhar o projeto, pode-se fazer alterações em tempo real e assim ter um controlo mais seguro do andamento do projeto e até mesmo custos e prazos.

Ao criar o gráfico de GANTTI, o Microsoft Project gera automaticamente a visão tipo calendário, como demonstrado na Figura 6.13, que auxilia na identificação visual dos prazos.

O Microsoft Project possui ainda outros recursos que não serão demonstrados neste projeto como por exemplo: controlo de gastos por hora trabalhada, material utilizado e outros custos, planeamento de equipa a trabalhar e os dias e horas de cada equipa e ainda é capaz de gerar vários tipos de relatórios, acompanhar o grau de cumprimento de conclusão de cada tarefa, *etc.*

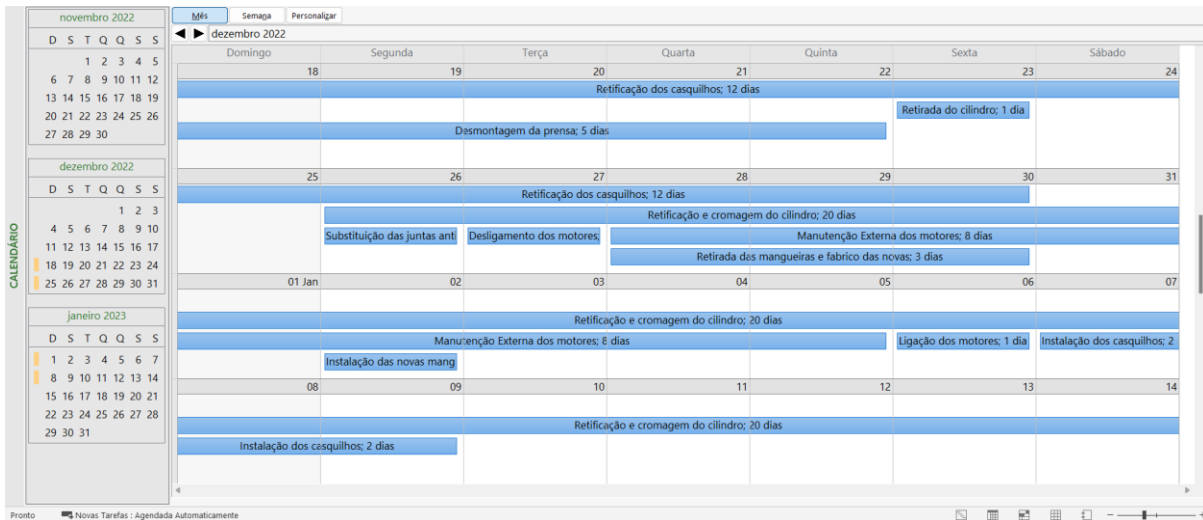


Figura 6.13: Visão calendário do Microsoft Project

6.3.5 Construção do diagrama de redes PERT/CPM

A construção de um diagrama de redes em projetos mais complexos permite uma melhor visualização das tarefas por parte de toda a equipa e auxilia a identificar os recursos necessários para algumas atividades e prevenir imprevistos.

Como já foi demonstrado neste projeto, para a construção de um diagrama de redes deve-se representar cada atividade e sua duração através de “nós” e utilizar setas para indicar a sequência em que as atividades devem ser realizadas.

O diagrama de redes pode ser feito “à mão” ou ainda em software. Após a criação do gráfico de Gantt, o Microsoft Project também gera automaticamente um diagrama de redes conforme demonstrado na Figura 6.14:

Utilizando as atividades predecessoras e sucessoras demonstradas na Tabela 6.4, podemos construir o diagrama de redes conforme a Figura 6.15:

De acordo com o método proposto na secção 4.5.2, devemos preencher a duração de cada atividade para realizarmos os cálculos de início e término de cada tarefa. Preenchendo a duração das atividades encontradas na Tabela 6.4, temos o seguinte diagrama demonstrado na Figura 6.16:

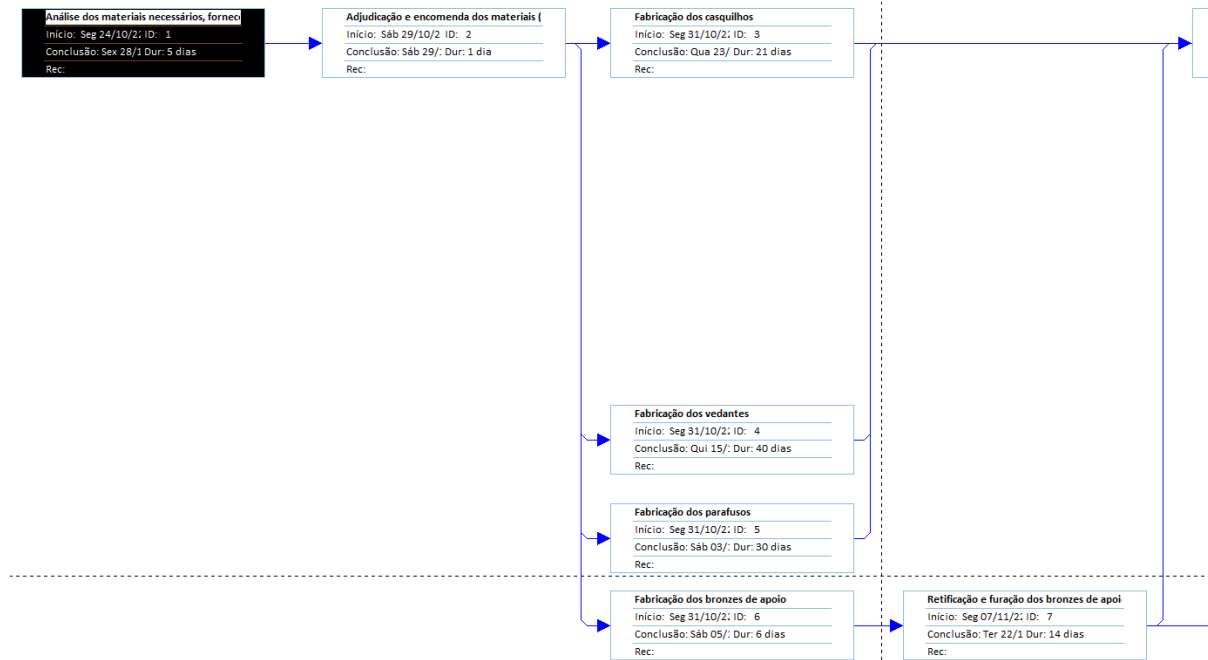


Figura 6.14: Diagrama de redes no Microsoft Project

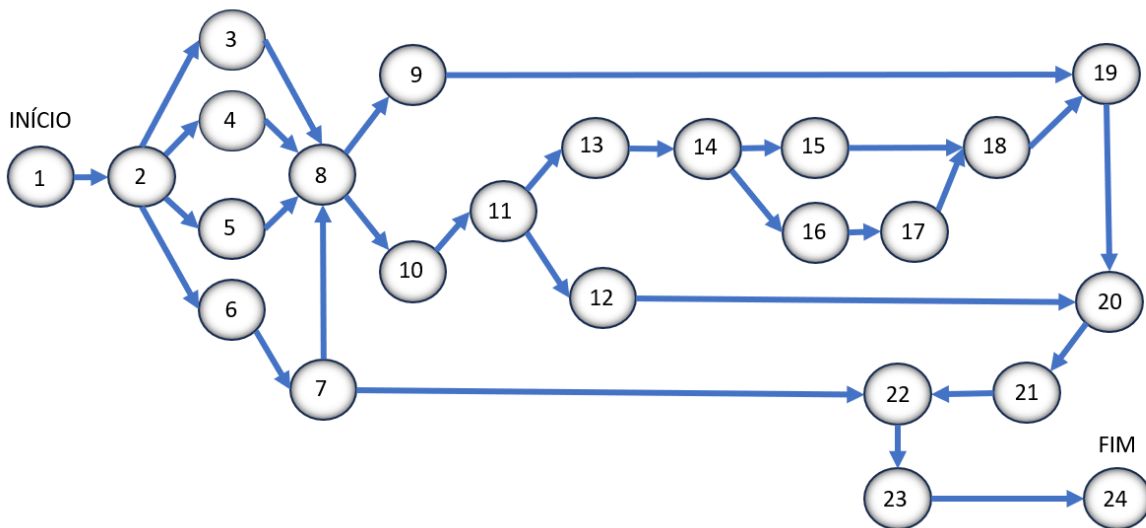


Figura 6.15: Diagrama de Redes das atividades do projeto

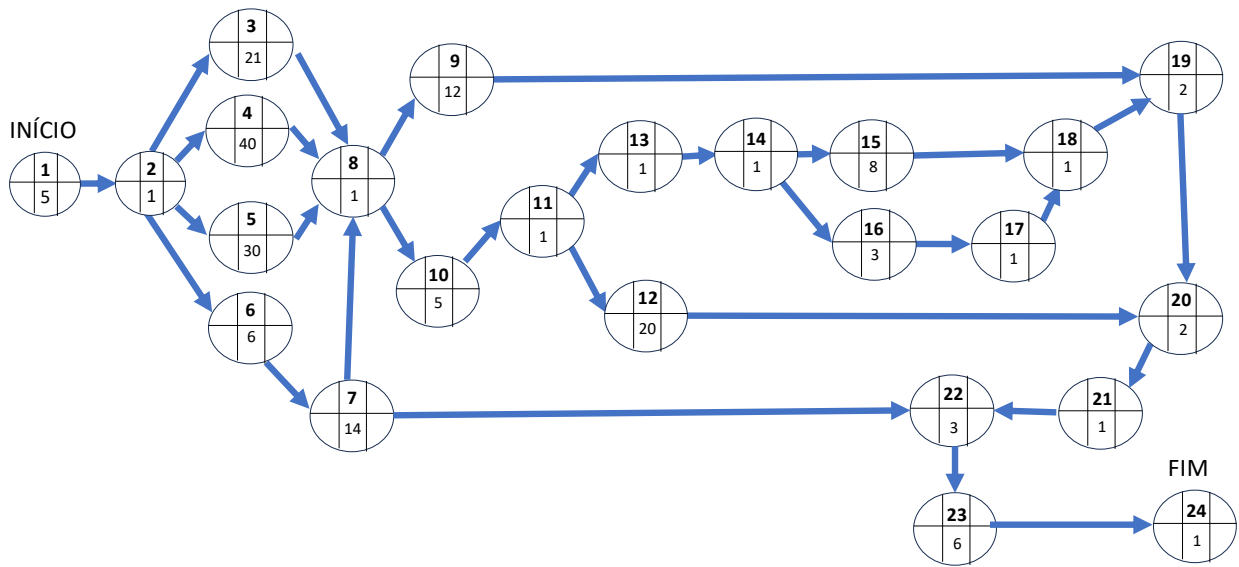


Figura 6.16: Diagrama de redes com a duração de cada atividade

O preenchimento dos próximos campos (primeira data de início e primeira data de término) permite-nos uma visualização da data em que cada atividade deverá começar e terminar. Para além disto, a última data da última tarefa determina o tempo de duração do projeto total.

Assim temos:

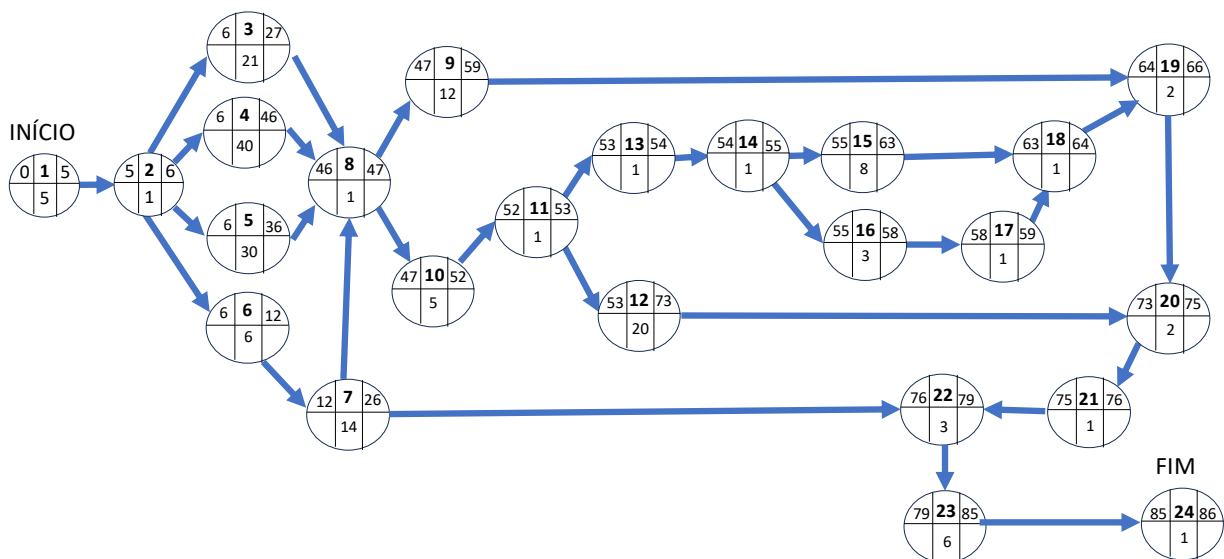


Figura 6.17: Primeira data de início e primeira data de término do diagrama de redes

Neste ponto, observando a Figura 6.17, já é possível verificar que o prazo do projeto deverá ser de 86 dias e que algumas tarefas possuem folgas, como é o caso da tarefa 9 por exemplo, que deverá estar concluída no dia 59, mas sua sucessora só terá início no dia 64. Desse modo, podemos planejar antecipadamente esses dias e realocar recursos de modo a “socorrer” tarefas mais críticas.

Para auxiliar ainda melhor nessa percepção de folgas e tarefas críticas fazemos o cálculo da “última data de início” e “última data de término” que nos permitirá analisar a data máxima para início e término de cada tarefa. Ao fazer os cálculos de acordo com a Figura 6.18, temos:

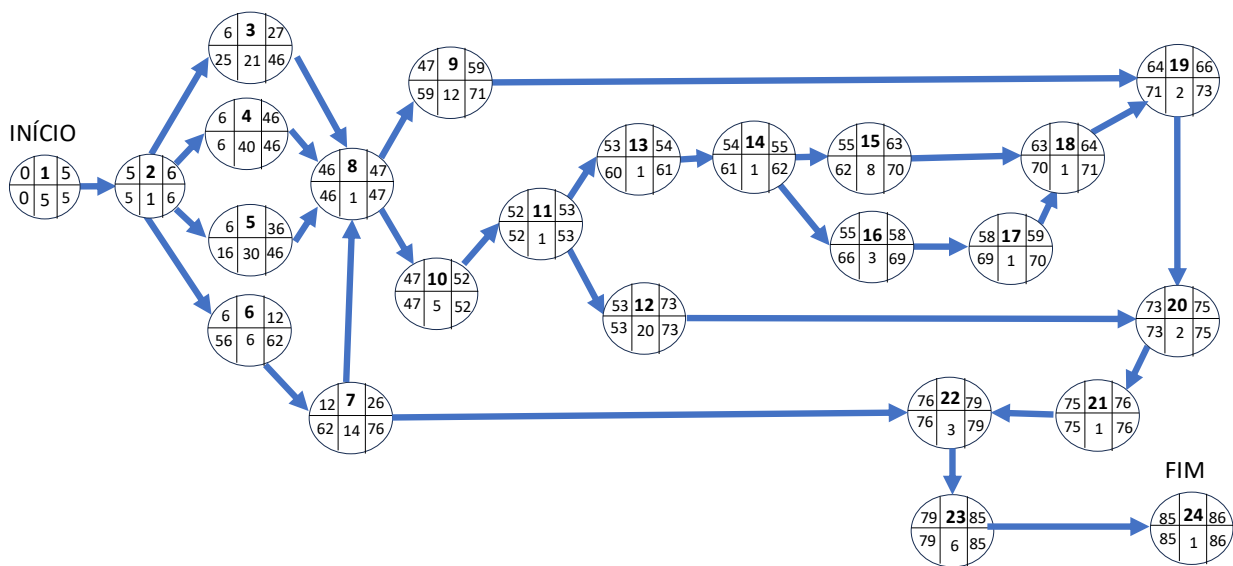


Figura 6.18: Diagrama de redes completo

Preenchido todos os campos de cada “nó” podemos observar todos os prazos para cada tarefa e assim determinarmos o caminho crítico, ou seja, as tarefas em que possíveis atrasos irão influenciar diretamente no prazo de outras tarefas e no prazo final do projeto.

6.3.6 Determinar o caminho crítico

Com a rede completamente preenchida podemos encontrar o caminho crítico e determinar as folgas do projeto. O caminho crítico passa a ser as atividades onde não há folga, ou seja, as atividades onde a “primeira data de início” e a “última data de início” são iguais (tarefas 1, 2, 4, 8, 10, 11, 12, 20, 21, 22, 23, 24).

Compreendendo o caminho crítico, pode-se dar mais atenção às atividades onde não há folgas para imprevistos e assim evitar possíveis atrasos no projeto.

Observando a rede já traçada na Figura 6.19, pode-se identificar o seguinte caminho como crítico:

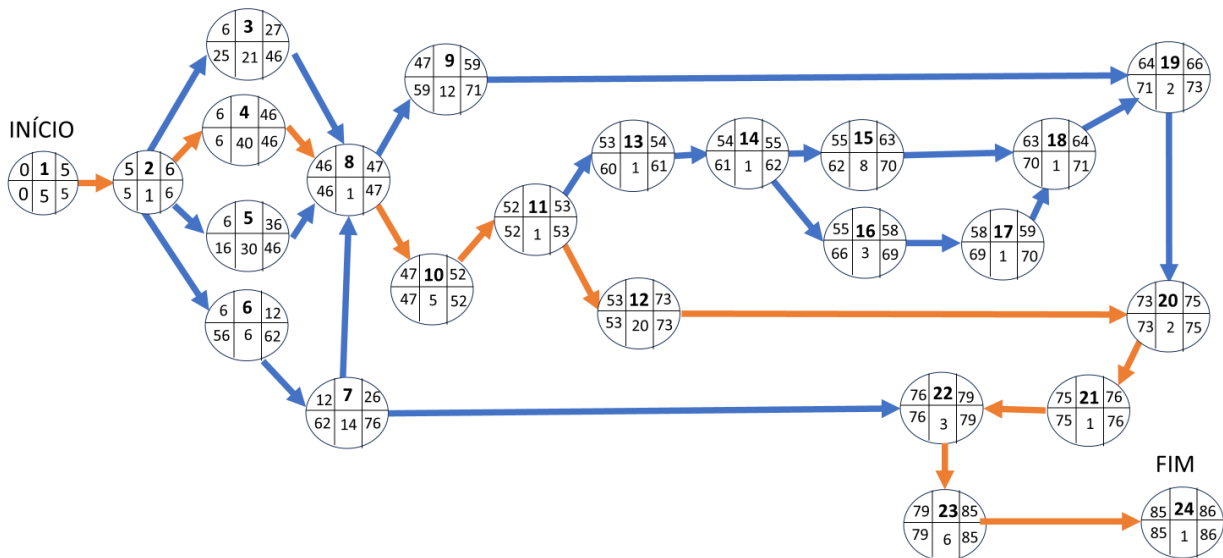


Figura 6.19: Identificação do caminho crítico

Qualquer atraso nessas atividades ligadas pelas setas laranjadas irá decorrer em um atraso de igual proporção no tempo do projeto. Ou seja, 2 dias de atraso na tarefa 12 irá atrasar o projeto todo em 2 dias, enquanto 2 dias de atraso na tarefa 7 não irá influenciar no prazo do projeto, devido à folga que há nesta atividade.

Todo esse processo deve ser feito como planejamento do projeto, ou seja, antes do projeto começar. A identificação do caminho crítico é importante pois nos permite identificar as tarefas que necessitam de um acompanhamento maior. Enquanto por outro lado, também nos permitirá realocarmos recursos nas tarefas que possuem folgas, auxiliando assim no decorrer do projeto.

Concluimos que após o início do projeto, todo procedimento realizado desde a construção da EAP até o caminho crítico, deve servir de auxílio no acompanhamento e na tomada de decisões na execução do projeto, de modo a minimizar os riscos e otimizar os custos e o tempo.

7 CONCLUSÃO

Após a realização deste projeto, pode-se concluir que devido à complexidade das atividades de manutenção das “Grandes Paragens”, como a que serviu de base a este projeto, torna-se evidente a vantagem do uso de ferramentas que permitam a otimização dos planos de manutenção, a gestão e o controle dos mesmos.

A utilização do *software* Microsoft Project permitiu coordenar a gestão do projeto desenvolvido, proporcionando maior visibilidade, controle e reduzindo em muito os riscos de desvios ao projeto.

A implementação da Rede PERT/CPM permitiu testar alternativas que resultaram em melhorias na eficiência. O cálculo das datas de início e término de cada atividade, permitiu otimizar a realização de várias atividades em paralelo e a identificação do caminho crítico permitiu dar maior atenção às atividades que poderiam causar atraso no projeto e conseqüentemente atraso na libertação da linha para a produção, evitando desta forma os custos de indisponibilidade não planeada.

Apesar da metodologia PERT/CPM já existir a algumas décadas, essa abordagem estratégica continua a ser uma ferramenta valiosa para enfrentar os desafios complexos dos projetos modernos. As metodologias de gestão de projetos aplicadas à manutenção vieram para facilitar e auxiliar em muito a gestão das organizações. Entretanto, o avanço destas metodologias, das tecnologias e das ferramentas de gestão de ativos irá cada vez mais exigir aos engenheiros e gestores uma melhor capacitação e qualificação.

Por outro lado, a implementação das soluções otimizadas depende de agentes externos, como fornecedores externos de recursos (serviços, mão-de-obra ou materiais). Atrasos nos prazos de entrega irão sempre desafiar soluções de gestão de projeto que se baseiam em estimativas de cumprimento de prazos. Esta dificuldade é tanto maior quanto mais complexo o conjunto de tarefas a considerar e da dependência entre elas.

Conhecer e determinar todas as atividades do projeto antes do seu início é um desafio complexo que no caso da manutenção depende do conhecimento específico dos ativos e das necessidades de manutenção. Informações incompletas ou desatualizadas podem comprometer todo o sequenciamento das atividades.

Outra dificuldade é que para projetos muito grandes e casos muito complexos, a representação e construção da rede é difícil e pode não atender aos objetivos da metodologia, pois se a rede não se tornar visualmente prática e intuitiva, perde um dos seus grandes benefícios.

Para projetos futuros aconselha-se a criação de uma base de dados com tempos de ações de manutenção para facilitar na estimativa de prazos e planejamento das

atividades de manutenções anuais. Através desta base de dados poderá observar-se a evolução das atividades de manutenção, estudando os desvios de prazos estimados e reais, tanto na execução das atividades quanto nas estimativas dos fornecedores e ainda permitirá um maior conhecimento das atividades que envolvem a manutenção, para determinação do sequenciamento do processo de construção do PERT/CPM.

BIBLIOGRAFIA

- Almeida, E. S., & Volski, I. (2021). *Aplicação de rede PERT/CPM na construção Civil*. <https://repositorio.camporeal.edu.br/index.php/engcivil/article/view/462>
- Amaral, F. D. (2016). *Gestão da Manutenção na Indústria*. Lidel – Edições Técnicas, Lda. ISBN: 978-989-752-151-5.
- Araújo, I. M. & Câmara, J. M. (2010). Manutenção Preventiva e Detetiva. *O setor elétrico*, 50 (3), 46-52. https://www.osetoreletrico.com.br/wp-content/uploads/2010/03/Ed50_fasc_manutencao_industrial_cap3.pdf
- Assis, R. (2014) *Apoio à Decisão em Manutenção na Gestão de Ativos Físicos* (2ª edição). Lidel – Edições Técnicas, Lda, ISBN: 978-989-752-112-6.
- Barbosa, S. V., Muylaert, M. F., Aguiar C. N., & Daiana R. H. (2017). Utilização do modelo PERT/CPM para otimizar a relação tempo-custo: um estudo de caso. *Revista Interdisciplinar Pensamento Científico*, 3(1). ISSN: 2446-6778. <http://reinpec.cc/index.php/reinpec/article/view/142>
- Bragança, A. C. F. (2019). *Planejamento e custos de obras*. Editora Saraiva.
- Cabral, J. P. S. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção: dos conceitos à prática* (6ª edição). Lidel – Edições Técnicas, Lda. ISBN: 978-972-757-440-7.
- Cabral, J. P. S. (2013). *Gestão da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios* (3ª edição). Lidel – Edições Técnicas, Lda. ISBN: 978-972-757-970-9
- Farinha, J. (2018). *Asset Maintenance Engineering Methodologies* (1ª edição). Coimbra: CRC Press. doi:<https://doi.org/10.1201/9781315232867>
- Faust, L. C., & Tavares, A. A. (2018). *Análise de desempenho de aquecimento de um forno a gás e à indução em uma indústria de extrusão de alumínio*. Repositório Institucional SATC. <http://repositorio.satc.edu.br/handle/satc/347>
- Gama, P. S.; Jacubavicius, C.; Formigoni, A. (2017). *Proposta de controle de escopo por meio da estrutura analítica do projeto (EAP): Estudo de caso*. South American Development Society Journal, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 109 – 123. ISSN 2446-5763. <https://www.sadsj.org/index.php/revista/article/view/8>
- Gerent, L. G.; Silva, L. A. (2021). *O impacto do modelo de gestão de projetos waterfall na experiência do usuário*. <https://www.researchgate.net/publication/351365460>
- Gonzela, D. E. (2017). *Diagnostico de uma prensa extrusora de alumínio*. Repositório UTFPR. https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/20239/2/LD_CEEEST_VI_2018_06.pdf
- Institute of Asset Management, British Standards Institution. (2018). *Asset Management, Part 1: Specification for the optimized management of physical assets* (PAS 55-1:2008).

- Institute of Asset Management, British Standards Institution. (2018). *Asset Management, Part 2: Guidelines for the application of PAS 55-1* (PAS 55-2:2008).
- Instituto Português da Qualidade. (2007). *Manutenção, Instruções para a preparação de contratos de manutenção* (NP EN 13269:2007).
- Instituto Português da Qualidade. (2009). *Indicadores de desempenho da manutenção (KPI)*. (NP EN 15341:2009).
- Instituto Português da Qualidade. (2009). *Manutenção, Documentação para a manutenção*. (NP EN 13460:2009).
- Instituto Português da Qualidade. (2016). *Gestão de ativos. Sistemas de gestão. Requisitos*. (NP ISO 55001:2016).
- Instituto Português da Qualidade. (2016). *Gestão de ativos. Sistemas de gestão. Linha de orientação para a aplicação da ISO 55001* (NP ISO 55002:2016).
- Instituto Português da Qualidade. (2016). *Gestão de ativos. Visão geral, princípios e terminologia* (NP ISO 55000:2016).
- Instituto Português da Qualidade. (2021). *Manutenção, Terminologia da Manutenção* (NP EN 13306:2021).
- International Organization for Standardization. (2018). *Condition monitoring and diagnostics of machines – General guidelines* (ISO 17359:2018(E)).
- Kardec, A., Esmeralda, J., Lafraia J. R., & Nascif, J. (2014). *Gestão de Ativos*. Editora Qualitymark. ISBN: 978-85-414-0176-0.
- Kerzner, H. (2011). *Gerenciamento de projetos: Uma abordagem sistêmica para planejamento, programação e controle*. Editora Blucher
- Lafraia, J. R., B., & John, H. (2015). *Vivendo a Gestão de Ativos*. ISBN: 978-85-414-0179-1. Editora Qualitymark
- Maximiano, A. C. A. (1997). *Administração de projetos: como transformar ideias em resultados*. Editora Atlas
- Monteiro, N. A.; & Valentim, M. L. P. (2008) *Necessidades informacionais e aprendizagem no ciclo de vida de um projeto*. Repositório RDBCI: v. 6, n. 1, p. 53–66. DOI: 10.20396/rdbci.v5i2.2012. <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rdbci/article/view/2012>
- Pereira, M. J. (2019) *Engenharia de manutenção – Teoria e Prática*. ISBN: 978-85-399-1012-0: Editora Ciência Moderna Ltda.
- Pereira, M. J. (2021). *FACILITIES: Gestão e Manutenção de Infraestrutura*. ISBN: 978-85-399-0948-3: Editora Ciência Moderna Ltda.
- Pinheiro, R. F. M. S. (2021). *Melhoria do Desempenho do Processo Produtivo numa empresa de extrusão de alumínio*. Repositório Universidade do Minho. <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/71301>

- Pinto, J. P. (2013). *Manutenção Lean*. Lidel – Edições Técnicas, Lda. ISBN: 978-972-757-877-1.
- Pinto, J.P. (2017). *Manual de TPM*. CLT Valuebased Publishing.
- PMBOK (2017). 6ª edição
- Prado, D. (2015) *PERT/CPM*. - Série gerenciamento de projetos. (5ª edição). Volume 4. Editora Falconi. ISBN: 978-85-5556-001-9.
- Ravagnani, M.S. (2017). *Análise comparativa de planejamento de obras: método PERT/CPM x software MS Project para uma obra de 663m² na cidade de Campo Mourão*. [Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia), Universidade Tecnológica Federal do Paraná].
- Santos, M. R. (2017). *Plano de Manutenção de uma extrusora no processo de fabricação de perfis de alumínio*. [Projeto de Trabalho de Diplomação, UTFPR]. <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/12758/1/planomanutencaoextrusora.pdf>
- Sartori, D. H. Q., Chaves, F. A., Braidotti, F. R., Lima, G. A. C, Lara, J. C. N., Junior, J. W.B, (2020). *Entendendo a Gestão de Ativos (ISO – 55001) na prática*. Editora Ciência Moderna. ISBN: 978-85-399-1098-4
- Ulbricht, G., Santos, E. A., Moura, C. R. (2020). *Gerenciamento de projetos com utilização de redes PERT/CPM: uma aplicação industrial*. ConBrepro. https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/09172020_110952_5f6374fc79b4b.pdf
- Valeriano, D. L. (1998). *Gerência em projetos: pesquisa, desenvolvimento e engenharia*. Editora Makron Books.



**Instituto Superior
de Engenharia**

Politécnico de Coimbra