

**ABRAHÃO LIMA**

**MANUAL BÁSICO DO**  
**PCM**  
**MODERNO**

**Planejamento e Controle da Manutenção:  
da base conceitual à aplicação prática  
com o SIGMA EAM**

**Fundamentos, fluxo de trabalho, indicadores, tecnologia  
e aplicação prática da manutenção moderna**



# **MANUAL BÁSICO DO PCM MODERNO**

Planejamento e Controle da Manutenção, da base conceitual à aplicação prática com o  
SIGMA EAM

Obra técnica e didática, organizada em partes e capítulos, dedicada ao Planejamento e Controle da Manutenção moderno e à sua aplicação prática com o SIGMA EAM. Escrita para técnicos, planejadores, supervisores e gestores, a obra combina fundamentos, estrutura de sistema e exemplos de campo em uma linguagem clara, progressiva e orientada ao uso real.

## **RESUMO**

Este livro apresenta, de forma didática e organizada, os fundamentos do Planejamento e Controle da Manutenção moderno e sua aplicação prática por meio do SIGMA EAM, enriquecido com recursos associados à Indústria 4.0. A proposta é permitir que o profissional de manutenção compreenda, passo a passo, como a

demanda nasce, como se transforma em Ordem de Serviço e como percorre as etapas de planejamento, programação, aprovação, execução, controle e melhoria contínua. Ao longo da obra, são explicados os principais blocos do sistema, como identificação facial, solicitação de serviço, horímetros web, sensores IoT, cadastro e estrutura de ativos, serviços programados, acompanhamento da execução, ciclo PDCA, Business Intelligence e Inteligência Artificial. Cada bloco é tratado em sua finalidade, no seu funcionamento, nas suas conexões com o fluxo, em exemplos práticos, erros recorrentes e na relação com indicadores e normas técnicas. Ao final, o leitor percebe que a manutenção moderna funciona como um ciclo fechado de gestão, no qual os dados coletados em campo retornam ao planejamento em forma de aprendizado, sustentando decisões mais maduras, maior confiabilidade e melhor desempenho dos ativos.

## **APRESENTAÇÃO**

Este livro foi concebido para servir como um guia prático e progressivo sobre o Planejamento e Controle da Manutenção moderno. Ao longo dos capítulos, o leitor encontrará uma explicação técnica consistente, mas escrita em linguagem mais clara, com exemplos, conexões entre os temas e uma organização pensada para facilitar o estudo e a aplicação no dia a dia da manutenção.

A proposta é tornar o conteúdo acessível tanto para quem está iniciando no PCM quanto para técnicos, planejadores, supervisores e gestores que desejam consolidar conceitos, padronizar práticas e compreender como a tecnologia amplia a eficiência da manutenção. Por isso, cada parte do livro foi estruturada para responder a três perguntas fundamentais: o que cada recurso ou processo significa, por que ele é importante e como ele se conecta ao fluxo completo da gestão de manutenção.

## **COMO USAR ESTE LIVRO**

Este livro pode ser lido de duas formas. A primeira é em sequência, para quem deseja construir uma visão completa do PCM moderno, dos fundamentos à aplicação prática no SIGMA EAM. A segunda é por consulta temática, para quem precisa aprofundar rapidamente um assunto específico, como cadastro de ativos, abertura de ordens, indicadores, programação ou uso de tecnologias como sensores e biometria. Em

ambos os casos, a recomendação é manter a lógica do fluxo em mente: cada capítulo foi escrito para mostrar como um bloco se conecta ao seguinte.

## **LEITURA ORIENTADA**

Para iniciantes no PCM, o melhor caminho é seguir a ordem completa da obra. Para técnicos e planejadores em atividade, as Partes II e III funcionam também como material de referência rápida, especialmente nos capítulos sobre cadastro, geração de ordens, planejamento, programação e indicadores. Sempre que possível, porém, vale retornar aos fundamentos, porque é neles que se apoia a interpretação correta dos dados e das decisões de manutenção.

## **INTRODUÇÃO**

Durante muito tempo, a manutenção industrial foi tratada apenas como a área que entra em cena quando um equipamento quebra. Essa visão, embora ainda comum, já não atende às exigências das operações modernas. Hoje, a manutenção influencia diretamente a continuidade da produção, a segurança das pessoas, a confiabilidade dos processos e o controle dos custos. Por isso, deixou de ser apenas uma função de apoio e passou a ocupar um lugar estratégico dentro das empresas. É nesse cenário que o Planejamento e Controle da Manutenção, o PCM, ganha importância como a disciplina que organiza o trabalho, reduz imprevistos e transforma a manutenção em um processo previsível, mensurável e orientado por resultados.

Este livro foi escrito com um objetivo bastante prático: explicar, de forma clara e aprofundada, como funciona a estrutura do SIGMA EAM dentro da lógica do PCM moderno. Em vez de apresentar o sistema apenas como um conjunto de telas, comandos e cadastros, a obra mostra o seu funcionamento como um fluxo integrado de gestão. Cada etapa é tratada como parte de um todo: a necessidade de manutenção surge, é registrada, transforma-se em ordem de serviço, passa pelo planejamento, pela programação, pela aprovação, pela execução, pelo controle e, por fim, retorna ao processo em forma de aprendizado e melhoria.

A obra foi pensada especialmente para profissionais técnicos e operacionais que precisam entender a manutenção de forma mais estruturada, mesmo que ainda estejam dando os primeiros passos no assunto. Por isso, a linguagem procura equilibrar rigor técnico com clareza. Sempre que um conceito mais específico aparece, ele é explicado de maneira didática, com exemplos concretos, comparações simples e conexões com situações reais do ambiente industrial. O objetivo não é apenas

apresentar definições, mas ajudar o leitor a compreender a lógica por trás de cada etapa do processo.

### **1.1 Contexto e problema**

Em muitas empresas, a manutenção ainda é gerida por planilhas, blocos de papel, ordens verbais e a memória das pessoas mais experientes. Esse modelo funciona enquanto a fábrica é pequena e as pessoas-chave não faltam. Quando a operação cresce, surgem problemas previsíveis: serviços que se perdem, retrabalho, falta de peças no momento certo, equipamentos que param sem aviso, indicadores que ninguém consegue calcular com confiança e decisões tomadas no escuro.

Um sistema EAM bem estruturado resolve grande parte desses problemas porque organiza o trabalho em um fluxo lógico e registra tudo o que acontece. O problema, para quem está começando, é que esse fluxo costuma ser apresentado de forma fragmentada, tela por tela, sem uma visão do todo. O profissional aprende a clicar nos botões, mas não entende por que aquela sequência existe. Quando algo foge do padrão, ele fica perdido.

Este trabalho ataca exatamente essa lacuna. Ao apresentar a estrutura funcional como um mapa de blocos interligados, ele dá ao planejador a visão do todo antes de descer aos detalhes. Quem entende o mapa consegue se localizar em qualquer tela do sistema, porque sabe em que ponto do processo está.

### **1.2 Objetivos**

O objetivo geral é descrever e explicar, de modo didático e aprofundado, a estrutura funcional do SIGMA EAM, de maneira que um planejador leigo seja capaz de compreender o papel de cada bloco e a lógica que une todos eles.

Os objetivos específicos são apresentar a fundamentação teórica mínima de manutenção e de PCM necessária para entender o sistema; explicar individualmente cada bloco da estrutura funcional, da identificação do usuário até a inteligência artificial; mostrar como os blocos se conectam, formando um ciclo fechado de gestão; relacionar cada bloco a indicadores de manutenção e a normas técnicas reconhecidas; e oferecer exemplos práticos e alertas sobre erros comuns, de modo que o conteúdo possa ser aplicado imediatamente no trabalho.

### **1.3 Justificativa**

A justificativa deste material é tanto técnica quanto humana. Do ponto de vista técnico, um planejador que compreende a estrutura funcional comete menos erros de cadastro, abre ordens de serviço mais completas, planeja com mais precisão e extrai indicadores mais confiáveis. Do ponto de vista humano, esse mesmo profissional ganha autonomia e segurança, deixa de depender exclusivamente de colegas mais experientes e passa a contribuir para a melhoria contínua do setor.

Há ainda uma justificativa ligada à modernização. A estrutura aqui descrita não é a de um PCM tradicional dos anos 1990; é um PCM moderno, que incorpora identificação por biometria, sensores conectados, horímetros web, aplicativos móveis, notificações automáticas, acompanhamento de serviços, ciclo da qualidade, painéis de Business Intelligence e inteligência artificial. Entender essa estrutura é, portanto, entender também para onde a manutenção está caminhando.

### **1.4 Estrutura do trabalho**

O texto está organizado em três grandes movimentos. O primeiro movimento, formado pela fundamentação teórica, oferece a base de conceitos de manutenção, de PCM e de indicadores, além de situar o que é um sistema CMMS e um sistema EAM. O segundo movimento apresenta a visão geral da estrutura funcional do SIGMA EAM e, em seguida, percorre bloco a bloco cada parte do panorama, dedicando um capítulo a cada um deles. O terceiro movimento discute a integração dos blocos como um ciclo fechado e encerra com as considerações finais. Ao final são listadas as referências utilizadas.

## 2 FUNDAMENTOS DA MANUTENÇÃO E DO PCM

Antes de avançar para a estrutura do SIGMA EAM, é importante construir uma base conceitual sólida. Este capítulo cumpre exatamente essa função. Ele apresenta, de forma organizada e em linguagem acessível, os principais conceitos que sustentam o PCM moderno: o que é manutenção, como ela evoluiu, quais são seus tipos, como os indicadores são formados e por que normas e dados confiáveis são tão importantes. Mesmo quem está começando na área poderá usar este capítulo como referência para entender, com segurança, os temas que aparecerão ao longo do restante do livro.

### 2.1 O que é manutenção e como ela evoluiu

Manutenção é o conjunto de ações realizadas para manter um equipamento em condição de cumprir a função para a qual ele foi projetado ou para recolocá-lo nessa condição quando algo sai do esperado. Em termos simples, manutenção é tudo o que se faz para que uma máquina continue operando com segurança, confiabilidade e desempenho adequado, ou volte a operar quando apresenta falhas.

A forma de fazer manutenção mudou bastante ao longo do tempo. No início, predominava a lógica de esperar a falha acontecer para então agir, o que caracterizava a manutenção corretiva pura. Com o amadurecimento industrial, percebeu-se que essa abordagem era cara, arriscada e pouco eficiente, porque a quebra normalmente acontece no pior momento. A partir daí, surgiram estratégias mais preventivas, primeiro baseadas em tempo e depois baseadas na condição real do equipamento. Hoje, com o apoio de sensores, sistemas e análise de dados, tornou-se possível acompanhar continuamente o comportamento dos ativos e intervir antes que a falha se concretize.

A figura a seguir resume essa evolução, das primeiras práticas corretivas até a manutenção preditiva e prescritiva da Indústria 4.0.

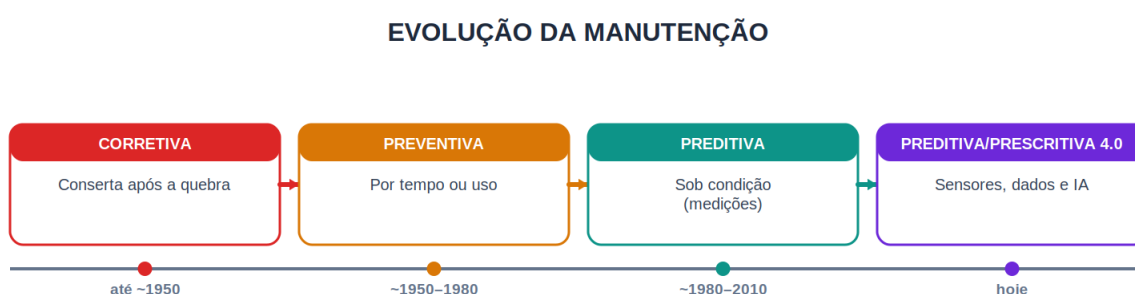


Figura 1 — Evolução histórica da manutenção. Fonte: elaborado pelo autor.

## 2.2 Os tipos de manutenção

Para entender os blocos do sistema, é útil ter clareza sobre os principais tipos de manutenção.

A manutenção corretiva é aquela realizada após a ocorrência de uma falha, para colocar o item de volta em condição de funcionamento. Ela pode ser planejada, quando se decide deliberadamente operar até a quebra de um item de baixo custo e baixo risco, ou não planejada, quando a falha pega todos de surpresa.

A manutenção preventiva é executada em intervalos predeterminados, segundo o tempo de calendário ou o tempo de uso, com o objetivo de reduzir a probabilidade de falha. É o caso da troca de óleo a cada tantas horas de operação, independentemente de o óleo estar visivelmente degradado.

A manutenção preditiva baseia-se no acompanhamento de variáveis que indicam o estado do equipamento, como vibração, temperatura, ruído e análise de óleo. Em vez de trocar por tempo, troca-se quando a medição mostra que a falha está próxima. É a manutenção sob condição.

A manutenção detectiva busca encontrar falhas ocultas, que não se manifestam na operação normal mas comprometem funções de proteção, como um sistema de alarme que só seria acionado em emergência. A manutenção autônoma, por fim, transfere tarefas simples de inspeção e conservação para o próprio operador da máquina, liberando a equipe técnica para tarefas mais complexas.

O organograma a seguir organiza os principais tipos de manutenção e as relações entre eles.

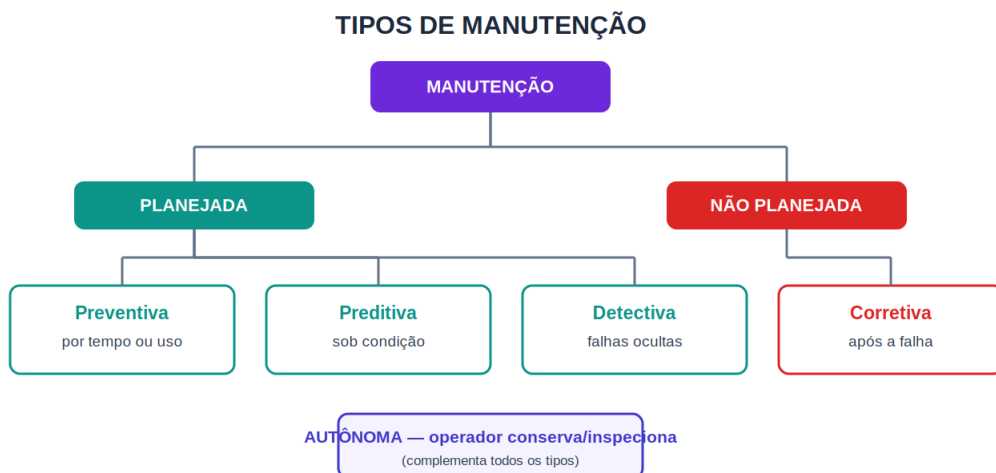


Figura 2 — Tipos de manutenção e suas relações. Fonte: elaborado pelo autor.

### 2.3 O Planejamento e Controle da Manutenção (PCM)

O PCM é a função que organiza a manutenção. Ele responde a perguntas como: o que precisa ser feito, quando, por quem, com quais peças e ferramentas, a que custo e com qual prioridade. O PCM planeja antes (definindo como o serviço será feito e do que ele precisa), programa (encaixando o serviço na agenda e nos recursos disponíveis) e controla depois (verificando se foi feito, quanto custou, quanto tempo levou e o que se aprendeu com isso).

Uma forma útil de enxergar o PCM é compará-lo ao planejamento de uma viagem. Planejar é decidir o destino, a rota, o que levar e quanto se vai gastar. Programar é marcar a data e reservar os recursos. Controlar é, no fim, comparar o que foi planejado com o que realmente aconteceu e aprender para a próxima viagem. O sistema EAM é a ferramenta que torna todo esse ciclo possível em escala industrial.

O ciclo a seguir mostra as quatro etapas do PCM girando de forma contínua.



Figura 3 — O ciclo do PCM: planejar, programar, executar e controlar. Fonte: elaborado pelo autor.

## **2.4 CMMS e EAM: o que é o SIGMA EAM**

A sigla CMMS significa, em português, Sistema Informatizado de Gestão da Manutenção. É um software que registra ativos, gera e controla ordens de serviço, organiza planos de manutenção e produz indicadores. A sigla EAM significa Gestão de Ativos Empresariais. Um EAM é mais amplo que um CMMS: além de tudo o que o CMMS faz, ele integra a manutenção a outras dimensões da gestão de ativos, como custos, estoques, compras, contratos, confiabilidade e ciclo de vida do equipamento, do nascimento à desativação.

O SIGMA EAM, objeto deste trabalho, é um sistema dessa categoria. Ele não cuida apenas das ordens de serviço; cuida do ativo como um todo, ao longo de toda a sua vida, conectando o trabalho de campo, o planejamento, os custos, os estoques e a inteligência de dados em uma única estrutura. É por isso que a estrutura funcional que vamos estudar é tão rica: ela reflete essa visão ampliada de gestão de ativos.

## **2.5 Indicadores de manutenção**

Indicadores são números que traduzem o desempenho da manutenção. Eles permitem comparar, ao longo do tempo, se a situação está melhorando ou piorando, e fundamentar decisões com fatos em vez de opiniões. Quatro indicadores aparecem repetidamente neste trabalho.

O MTBF, ou tempo médio entre falhas, mede em média quanto tempo um equipamento opera entre uma falha e a próxima. Quanto maior o MTBF, mais confiável é o ativo. O MTTR, ou tempo médio para reparo, mede quanto tempo, em média, a equipe leva para devolver o equipamento à operação após uma falha. Quanto menor o MTTR, mais ágil é a manutenção. A disponibilidade combina os dois: é a fração do tempo em que o equipamento está apto a operar. O backlog mede o acúmulo de serviços pendentes, normalmente expresso em horas de trabalho represadas; um backlog crescente é sinal de que a equipe não está dando conta da demanda.

Esses indicadores não nascem do acaso. Eles dependem de dados confiáveis registrados ao longo de todo o fluxo: datas de falha, tempos de reparo, horas apontadas, horímetros lidos. É por isso que tantos blocos do SIGMA EAM se preocupam em capturar dados corretamente. Sem dado bom, não há indicador confiável.

O esquema a seguir mostra como o MTBF e o MTTR se combinam para formar a disponibilidade.

## INDICADORES: COMO SE RELACIONAM

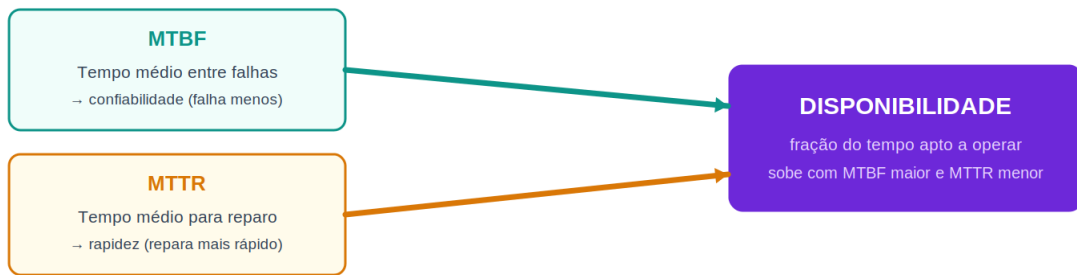


Figura 4 — Relação entre MTBF, MTTR e disponibilidade. Fonte: elaborado pelo autor.

## 2.6 Normas técnicas de referência

Vários blocos deste trabalho dialogam com normas reconhecidas. A família ISO 55000, especialmente a ISO 55001, trata da gestão de ativos como um sistema de gestão alinhado aos objetivos da organização; ela reforça a ideia de decisões baseadas em risco, custo e desempenho ao longo do ciclo de vida. A ISO 14224 orienta a coleta e o intercâmbio de dados de confiabilidade e manutenção de equipamentos, propondo formas padronizadas de classificar falhas por sintoma, causa e modo; essa lógica aparece diretamente no bloco de árvore de intervenções. A ABNT NBR 5462 padroniza a terminologia de confiabilidade e manutenibilidade em português, sendo a referência para termos como falha, defeito, disponibilidade e manutenibilidade.

Além dessas, o trabalho dialoga com o conceito de Indústria 4.0, que designa a integração de sensores, conectividade, dados e inteligência computacional aos processos produtivos. Os blocos de sensores IoT, horímetros web, aplicativo móvel, Business Intelligence e inteligência artificial são manifestações concretas desse conceito dentro da manutenção.

## 2.7 O ciclo de vida do ativo

Todo ativo tem uma vida, que vai da sua concepção e compra, passa pela instalação e pela operação, atravessa as manutenções e modernizações, e termina na desativação e no descarte. Pensar em ciclo de vida significa entender que as decisões de manutenção não devem olhar apenas o custo imediato de um reparo, mas o custo total ao longo de toda a vida do equipamento. Às vezes, gastar um pouco mais agora em uma manutenção de qualidade evita gastos muito maiores adiante; outras vezes, insistir em reparar um ativo que já deu o que tinha para dar é jogar dinheiro fora. O sistema EAM é, em essência, um guardião desse ciclo de vida. Ao

registrar tudo o que acontece com o ativo, da primeira solicitação ao último histórico, ele permite enxergar a trajetória completa e decidir com base nela. Um ativo que falha cada vez com mais frequência e custa cada vez mais para manter está, pelos dados, pedindo para ser substituído. Sem o registro do ciclo de vida, essa percepção depende de memória e de sorte.

## **2.8 Criticidade e priorização**

Nem todos os ativos têm a mesma importância. Alguns, se param, interrompem toda a produção, colocam pessoas em risco ou geram grande prejuízo. Outros podem ficar parados por horas sem maiores consequências. Classificar os ativos por criticidade é ordená-los segundo o impacto de sua falha, considerando segurança, meio ambiente, produção e custo. Essa classificação orienta quase todas as decisões do PCM: onde colocar sensores, o que priorizar na programação, quais SLAs aplicar e onde investir em manutenção preditiva. A priorização das ordens segue a mesma lógica. Diante de mais demanda do que a equipe consegue atender, é a criticidade que define o que vem primeiro. Uma boa matriz de priorização combina a criticidade do ativo com a urgência do problema, produzindo uma fila justa e racional. Para o planejador, dominar a criticidade é dominar a arte de fazer as escolhas certas quando não há recursos para tudo.

A matriz a seguir cruza a criticidade do ativo com a urgência do problema para definir a prioridade de atendimento.

## MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO

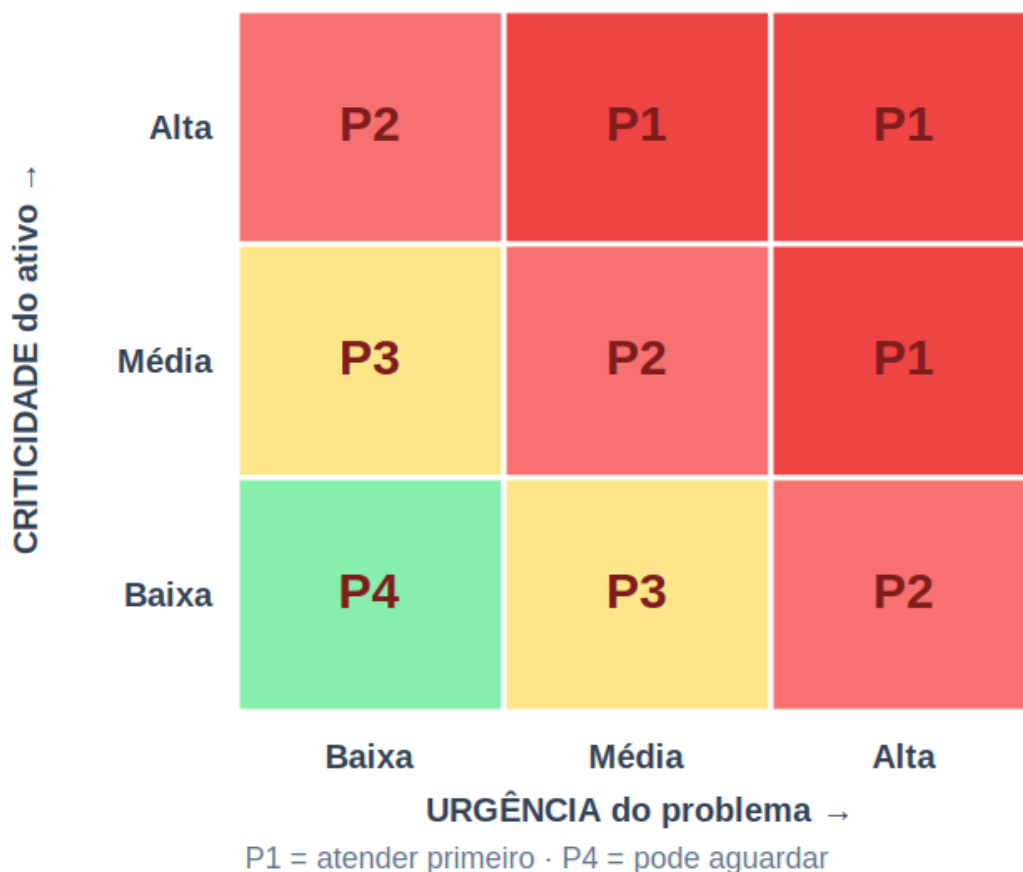


Figura 5 — Matriz de priorização: criticidade versus urgência. Fonte: elaborado pelo autor.

### 2.9 Custos de manutenção

A manutenção custa dinheiro, e gerir esse custo é parte do trabalho do PCM. Os custos se dividem, em geral, em mão de obra, materiais e peças, serviços de terceiros e custos indiretos, como o da indisponibilidade do equipamento. Esse último é muitas vezes o maior de todos e o mais esquecido: cada hora que um equipamento crítico fica parado pode custar muito mais do que o próprio reparo. É por isso que evitar a parada não planejada, por meio da preventiva e da preditiva, costuma compensar largamente o investimento. O EAM permite enxergar e controlar esses custos porque vincula cada gasto a uma O.S. e cada O.S. a um ativo e a um centro de custo. Assim, é possível responder a perguntas que, sem sistema, ficariam no escuro: quanto custou manter esta linha no ano, qual ativo consome mais recursos, quanto se gasta em corretiva contra preventiva. Essas respostas são a base de decisões de investimento e de melhoria.

A figura a seguir ilustra a composição típica dos custos de manutenção.



Figura 6 — Composição típica dos custos de manutenção. Fonte: elaborado pelo autor.

## 2.10 Papéis e cultura no PCM

A tecnologia, por melhor que seja, não funciona sem pessoas e sem cultura. No PCM, alguns papéis se destacam: o solicitante, que percebe e relata; o planejador, que prepara o trabalho; o programador, que o agenda; o mantenedor, que o executa; o supervisor, que aprova e acompanha; e o gestor, que decide com base nos indicadores. Cada papel tem responsabilidades claras, e o sistema só flui bem quando todos cumprem a sua parte com disciplina. A cultura é o que sustenta tudo isso. Uma cultura de manutenção madura valoriza o registro honesto, a descrição cuidadosa, o cumprimento dos planos e o uso dos dados para decidir. Implantar um EAM sem cultivar essa cultura é como comprar um carro de corrida e não aprender a dirigir. Por isso, este trabalho insiste tanto na qualidade do dado e nas boas práticas: a ferramenta é poderosa, mas é o comportamento das pessoas que libera esse poder.

## 2.11 Confiabilidade e a curva da banheira

A confiabilidade de um equipamento muda ao longo da sua vida, e um modo clássico de representar isso é a chamada curva da banheira. No início da vida, logo após a instalação, há uma taxa de falhas mais alta, ligada a defeitos de fabricação, montagem ou partida; é a mortalidade infantil. Em seguida vem um longo período de vida útil, com falhas baixas e aproximadamente constantes, geralmente aleatórias. Por fim, com o desgaste acumulado, a taxa de falhas volta a subir, na fase de envelhecimento.

Entender essa curva ajuda o planejador a escolher a estratégia certa para cada momento. Trocar um componente por tempo faz sentido quando ele tem uma fase de desgaste bem definida; mas, para falhas aleatórias da vida útil, a troca por tempo

pouco ajuda, e a manutenção sob condição, baseada em sensores e inspeções, costuma ser mais eficaz. Muitos modos de falha modernos não seguem a banheira clássica, o que reforça o valor de medir a condição em vez de confiar apenas na idade.

## 2.12 A curva P-F e a janela de antecipação

Outra ideia fundamental para a manutenção preditiva é a curva P-F. Ela representa o intervalo entre o primeiro sinal detectável de uma falha em desenvolvimento, chamado de ponto P, e o momento em que essa falha se torna funcional, o ponto F, em que o equipamento deixa de cumprir a sua função. Entre P e F existe uma janela de tempo na qual a falha já pode ser detectada, mas ainda não aconteceu de fato.

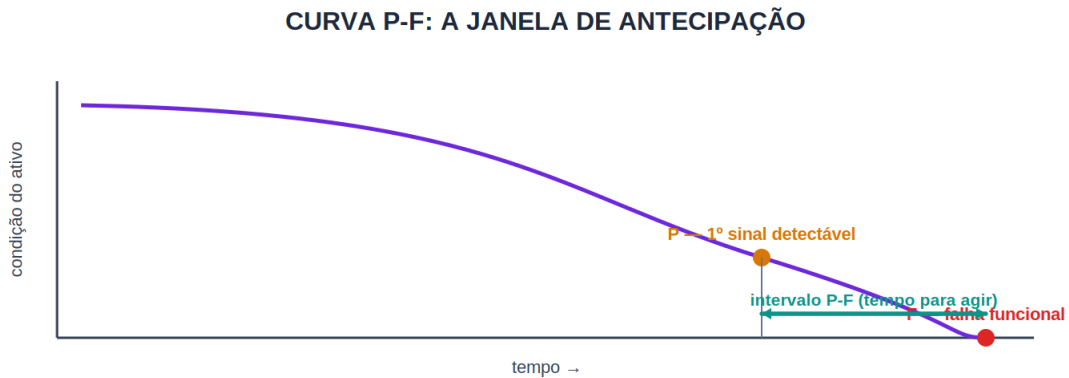


Figura 7 — A curva P-F e a janela de antecipação entre o primeiro sinal detectável e a falha funcional.  
Fonte: elaborado pelo autor.

O segredo da preditiva é alargar e aproveitar essa janela. Quanto mais cedo o sinal é detectado, ponto P mais à esquerda, maior é o tempo disponível para planejar a intervenção com calma, comprar peças e aproveitar uma parada programada. Sensores e inspeções bem escolhidos antecipam o ponto P; o follow-up e o planejamento garantem que a janela seja usada antes de chegar ao ponto F. É por isso que monitorar a condição, e não apenas reagir à falha, transforma a economia da manutenção.

## 2.13 RCM e FMEA: pensar pela função e pela falha

Dois metodologias ajudam a decidir, de forma racional, o que manter e como. A Manutenção Centrada em Confiabilidade, conhecida pela sigla RCM, parte de uma pergunta simples: qual é a função de cada ativo e o que acontece se ela falhar? A partir daí, define-se a estratégia de manutenção mais adequada para cada modo de

falha, concentrando esforço onde a consequência é maior. Em vez de tratar todos os equipamentos igualmente, a RCM prioriza segundo o impacto da falha.

A Análise dos Modos e Efeitos de Falha, conhecida como FMEA, é uma ferramenta que apoia esse raciocínio. Ela lista, para cada componente, os modos pelos quais ele pode falhar, os efeitos de cada falha e as causas prováveis, atribuindo a cada um uma medida de risco que combina gravidade, frequência e facilidade de detecção. O resultado orienta onde agir primeiro. Para o planejador, RCM e FMEA são formas estruturadas de responder à pergunta mais importante do PCM: onde vale a pena investir o esforço de manutenção.

## **2.14 Análise de causa raiz e o método dos porquês**

Quando uma falha se repete, tratar apenas o sintoma é desperdício: ela voltará. A análise de causa raiz busca a origem fundamental do problema, aquela cuja eliminação impede a reincidência. Uma técnica simples e poderosa é a dos cinco porquês, em que se pergunta por que a falha aconteceu e, a cada resposta, pergunta-se novamente por quê, até chegar à causa de fundo.

Um exemplo torna a ideia concreta. Uma bomba parou: por quê? O rolamento travou. Por quê? Faltou lubrificação. Por quê? O ponto não estava na rota. Por quê? A rota foi montada sem consultar o manual. Por quê? Não havia um padrão de elaboração de rotas. A causa raiz não era o rolamento, mas a ausência de um padrão. Corrigir o padrão resolve não só aquela bomba, mas todas as semelhantes. É esse tipo de raciocínio que o histórico estruturado, o PDCA e a inteligência do sistema ajudam a sustentar.

## **2.15 Mitos e Verdades da Manutenção**

Algumas crenças muito difundidas atrapalham a gestão da manutenção. Confrontá-las com os conceitos deste manual ajuda a tomar decisões melhores.

### **2.15.1 Manutenção é só custo**

Este é talvez o mito mais caro. A manutenção é, na verdade, um investimento em disponibilidade, confiabilidade e segurança. O custo de não manter, em paradas não planejadas, perdas de produção e acidentes, costuma ser muito maior que o de manter bem. A composição de custos, vista neste manual, mostra que a parada não planejada é frequentemente o maior e mais esquecido dos custos.

### **2.15.2 Quanto mais preventiva, melhor**

Nem sempre. Preventiva em excesso desperdiça recursos e pode até introduzir falhas, ao intervir em equipamentos que estavam bem. Como mostra a curva da banheira, muitos modos de falha são aleatórios, e para eles a troca por tempo pouco ajuda. A estratégia certa depende do modo de falha: às vezes preventiva, às vezes preditiva sob condição, às vezes deixar operar até a falha, quando a consequência é baixa.

### **2.15.3 Trocar por tempo evita a falha**

Apenas para componentes com uma fase de desgaste bem definida. Para falhas que não dependem da idade, trocar por tempo não previne nada e ainda gera custo e risco. Por isso a manutenção sob condição, que olha o estado real do equipamento, é tão poderosa: ela age quando o ativo precisa, e não quando o calendário manda.

### **2.15.4 Registrar é perder tempo**

Ao contrário, não registrar é que custa caro. Sem registro, não há histórico; sem histórico, não há aprendizado, não há indicadores confiáveis e cada problema é resolvido como se fosse a primeira vez. O tempo investido em um bom registro retorna multiplicado na próxima intervenção. Os recursos de voz, aliás, existem justamente para que registrar custe o mínimo de tempo possível.

### **2.15.5 Indicador é burocracia**

Indicador mal usado vira burocracia; bem usado, é bússola. O segredo é medir poucos indicadores, confiáveis, e usá-los para decidir e melhorar, não para encher relatórios. Um indicador que ninguém olha realmente é burocracia; um indicador que orienta a próxima ação é gestão. A diferença está no uso, não no indicador.

### **2.15.6 Terceirizar resolve o problema**

Terceirizar pode ser uma boa decisão, mas não dispensa gestão; pelo contrário, exige mais. Sem rastreabilidade do que o terceiro faz e cobra, a terceirização vira uma caixa-preta cara. Com cadastro, perfis, identificação por face e registro no mesmo fluxo, a empresa mantém o controle e a transparência, e a relação com os prestadores torna-se justa e baseada em dados.

Ao final deste capítulo, fica claro que o PCM moderno só se sustenta sobre bases conceituais bem compreendidas. Entender tipos de manutenção, indicadores,

criticidade, custos, confiabilidade e ciclo de vida do ativo permite interpretar o sistema não como um conjunto de telas, mas como uma lógica de gestão. Essa base prepara o leitor para avançar, com segurança, para a estrutura funcional do SIGMA EAM e para os fluxos que serão explorados nos capítulos seguintes.

### **3 INDICADORES DA MANUTENÇÃO**

Indicadores são ferramentas de leitura da realidade da manutenção. Eles mostram se o trabalho está produzindo os resultados esperados, onde estão os principais desvios e quais decisões precisam ser tomadas com prioridade. Neste capítulo, os indicadores mais importantes do PCM são apresentados de forma progressiva, sempre com explicações claras, exemplos práticos e foco na interpretação correta dos dados. A proposta não é apenas definir siglas, mas ajudar o leitor a compreender como cada indicador apoia a gestão e a melhoria contínua.

#### **3.1 Indicadores Essenciais Explicados**

Esta seção apresenta, em linguagem simples e com exemplos, os indicadores citados ao longo do capítulo. O objetivo é que o planejador entenda não apenas o que cada número significa, mas também como ele é construído e como deve ser interpretado na prática.

##### **3.1.1 MTBF — tempo médio entre falhas**

O MTBF mede, em média, quanto tempo um equipamento opera entre uma falha e a próxima. De forma simples, divide-se o tempo total em que o equipamento esteve operando pelo número de falhas ocorridas no período. Se uma bomba operou mil horas e falhou duas vezes, o seu MTBF é de quinhentas horas. Quanto maior o MTBF, mais confiável é o ativo, porque ele passa mais tempo funcionando entre uma falha e outra. Acompanhar a evolução do MTBF mostra se as ações de manutenção estão, de fato, tornando o equipamento mais confiável.

##### **3.1.2 MTTR — tempo médio para reparo**

O MTTR mede, em média, quanto tempo a equipe leva para devolver o equipamento à operação após uma falha. Divide-se o tempo total gasto em reparos pelo número de reparos. Se três reparos somaram seis horas, o MTTR é de duas horas. Quanto menor o MTTR, mais ágil é a manutenção. Um MTTR alto pode indicar falta de peças, de planejamento, de competência ou de ferramentas. Por isso, ele é um espelho da qualidade da preparação e da execução.

##### **3.1.3 Disponibilidade**

A disponibilidade combina o MTBF e o MTTR para responder à pergunta mais importante para a produção: que fração do tempo o equipamento esteve pronto para operar. Em termos simples, ela cresce quando o equipamento falha menos, ou seja,

quando o MTBF aumenta, e quando o reparo é mais rápido, ou seja, quando o MTTR diminui. Uma disponibilidade de noventa e cinco por cento significa que, de cada cem horas em que o equipamento deveria estar disponível, ele esteve apto por noventa e cinco. É o indicador que melhor traduz o resultado da manutenção para o negócio.

#### **3.1.4 Backlog**

O backlog mede o acúmulo de serviços pendentes, normalmente expresso em horas de trabalho represadas, comparadas à capacidade da equipe. Se há quatrocentas horas de serviço pendentes e a equipe produz cem horas úteis por semana, o backlog é de quatro semanas. Um backlog estável e moderado é saudável, pois dá margem para planejar. Um backlog que só cresce indica que a equipe não dá conta da demanda; um backlog próximo de zero pode indicar equipe ociosa ou falta de registro de demanda. O equilíbrio é a chave.

#### **3.1.5 Cumprimento da programação**

Este indicador mede quanto do que foi programado para a semana foi efetivamente realizado. Se foram programados quarenta serviços e trinta e quatro foram cumpridos, o cumprimento é de oitenta e cinco por cento. Ele revela a qualidade da programação e a disciplina da execução. Cumprimentos muito baixos indicam programação irreal ou excesso de imprevistos; cumprimentos sempre próximos de cem por cento podem indicar programação folgada demais.

#### **3.1.6 Relação entre manutenção programada e reativa**

Este indicador compara quanto do esforço foi dedicado a trabalho programado contra quanto foi gasto apagando incêndios. Quanto maior a parcela programada, mais madura é a gestão. Uma manutenção dominada pelo trabalho reativo é cara, estressante e arriscada; uma manutenção predominantemente programada é mais barata, previsível e segura. Acompanhar essa relação ao longo do tempo mostra a evolução da maturidade do setor.

### **3.2 Biblioteca de Indicadores**

Indicadores só servem quando são compreendidos e usados para decidir. Nesta seção, são apresentados, em linguagem simples, os indicadores mais importantes para o planejador: o que cada um significa, como pensar no seu cálculo, um exemplo prático e a melhor forma de interpretá-lo. A regra de ouro é comparar a operação com

ela mesma ao longo do tempo, buscando evolução consistente, em vez de perseguir números absolutos de outras realidades.

### **3.2.1 MTBF — tempo médio entre falhas**

O MTBF mede, em média, quanto tempo um equipamento opera entre uma falha e a seguinte. Pensa-se nele dividindo o tempo total em que o ativo esteve disponível pela quantidade de falhas no período. Se uma bomba operou mil horas e falhou cinco vezes, o seu MTBF é de duzentas horas. Quanto maior o MTBF, mais confiável é o ativo, porque ele falha com menos frequência. É o indicador que mais revela o efeito da manutenção preventiva e preditiva bem-feita: à medida que as causas de falha são eliminadas, o MTBF sobe.

### **3.2.2 MTTR — tempo médio para reparo**

O MTTR mede quanto tempo, em média, se leva para reparar o ativo depois que ele falha. Pensa-se nele dividindo o tempo total gasto em reparos pela quantidade de reparos. Se foram gastas dez horas em cinco reparos, o MTTR é de duas horas. Quanto menor o MTTR, mais ágil é a equipe e melhor é a logística de peças e de informação. O apontamento de horas confiável é a base de um MTTR verdadeiro; por isso a identificação por face e por voz, ao tornar as horas fidedignas, melhora também a qualidade desse indicador.

### **3.2.3 Disponibilidade**

A disponibilidade é a fração do tempo em que o ativo esteve apto a operar. Ela cresce quando o MTBF aumenta, porque o equipamento falha menos, e quando o MTTR diminui, porque, quando falha, volta mais rápido. Uma forma intuitiva de pensar é a relação entre o tempo disponível e o tempo total. Uma disponibilidade de noventa e cinco por cento significa que, a cada cem horas previstas, o ativo esteve apto noventa e cinco. É o indicador que a produção mais sente, porque traduz diretamente a capacidade de o equipamento estar lá quando é preciso.

### **3.2.4 Backlog**

O backlog é o volume de trabalho de manutenção já identificado, mas ainda não executado, geralmente medido em horas. Pensa-se nele como a soma das horas das ordens pendentes dividida pela capacidade de horas da equipe, o que dá uma ideia de quantas semanas seriam necessárias para zerar a fila com a capacidade atual. Um backlog muito alto indica equipe insuficiente ou planejamento represado;

um backlog próximo de zero pode indicar excesso de capacidade ou, atenção, ordens que sequer estão sendo registradas. O objetivo não é zerar a qualquer custo, mas mantê-lo sob controle e previsível.

### **3.2.5 Cumprimento da programação**

Este indicador mede quanto do que foi programado para a semana foi de fato realizado. Pensa-se nele como a relação entre as ordens programadas concluídas e o total de ordens programadas. Um cumprimento alto, acima de oitenta ou noventa por cento, mostra uma operação que planeja e honra o seu plano; um cumprimento baixo revela que imprevistos, ou uma programação irrealista, estão desorganizando a semana. É um dos indicadores que mais separam uma manutenção madura de uma operação apagando incêndios.

### **3.2.6 Percentual de manutenção programada**

Aqui se mede quanto do esforço total foi planejado, em oposição ao trabalho reativo de emergência. Pensa-se nele como a relação entre as horas em ordens programadas e o total de horas trabalhadas. Quanto maior esse percentual, mais a operação controla o seu destino. Referências consagradas sugerem que operações maduras conseguem ter a grande maioria do esforço em trabalho planejado, deixando o reativo como exceção. A evolução desse indicador ao longo do tempo é um excelente termômetro da maturidade.

### **3.2.7 Custo de manutenção por ativo**

Este indicador soma todos os custos de manutenção de um ativo, mão de obra, peças, terceiros, em um período, permitindo comparar ativos e decidir. Quando o custo acumulado de manter um equipamento se aproxima do custo de substituí-lo, ou quando um único ativo concentra parcela desproporcional dos gastos, há um sinal claro para análise. O cadastro bem-feito, com centros de custo e TAGs consistentes, é o que torna esse indicador possível; sem ele, o custo fica diluído e invisível.

### **3.2.8 Retrabalho**

O retrabalho mede a fração de serviços que precisaram ser refeitos pouco tempo depois, sinal de que a primeira intervenção não resolveu. Pensa-se nele como a relação entre as ordens reincidentes e o total de ordens em um período. Um retrabalho alto aponta para causas raiz não tratadas, planejamento deficiente ou execução de baixa qualidade. É um indicador desconfortável, mas honesto: combatê-

lo, com análise de causa raiz e bom registro, eleva ao mesmo tempo a confiabilidade e a produtividade.

### **3.3 Indicadores Avançados e Metas**

À medida que a operação amadurece, indicadores mais sofisticados ajudam a enxergar o desempenho com maior profundidade. Esta seção apresenta alguns deles, sempre com a ressalva de que indicadores avançados só fazem sentido quando os indicadores básicos já são confiáveis e bem compreendidos.

#### **3.3.1 OEE — eficiência global do equipamento**

O OEE combina três fatores em um só número: a disponibilidade (o equipamento esteve apto a operar), o desempenho (operou na velocidade esperada) e a qualidade (produziu sem refugo). Multiplicando os três, obtém-se uma medida abrangente de quão bem o ativo é aproveitado. A manutenção influencia diretamente a disponibilidade e, indiretamente, o desempenho e a qualidade, já que equipamentos bem mantidos operam mais estáveis. O OEE conecta a manutenção ao resultado da produção, e por isso é uma linguagem comum entre as duas áreas.

#### **3.3.2 Metas e a armadilha do benchmarking**

É natural querer comparar os próprios indicadores com referências de mercado ou de classe mundial. Essas referências são úteis como horizonte, mas perigosas como meta imediata, porque cada operação tem contexto, idade de ativos e criticidade diferentes. A meta mais saudável é a melhoria contínua sobre o próprio desempenho: estar melhor do que no período anterior. Perseguir um número absoluto de outra realidade, sem considerar o contexto, leva a decisões distorcidas e a frustração.

#### **3.3.3 A hierarquia dos indicadores**

Indicadores formam uma hierarquia. Na base estão os de processo, que medem como o trabalho é feito, como o cumprimento da programação e o percentual de trabalho planejado. No meio estão os de resultado da manutenção, como MTBF, MTTR e disponibilidade. No topo estão os de negócio, como custo total e impacto na produção. Acompanhar apenas o topo é enxergar tarde; acompanhar a base é poder agir cedo. Uma operação madura observa os três níveis e entende como um influencia o outro.

## PARTE II — A ESTRUTURA DO SIGMA EAM

## **4 VISÃO GERAL E O CICLO FECHADO DE GESTÃO**

Antes de detalhar cada bloco, este capítulo apresenta a estrutura funcional do SIGMA EAM como um todo e mostra como os blocos se integram em um ciclo fechado de gestão.

### **4.1 Visão Geral da Estrutura Funcional**

Antes de descer aos blocos individualmente, é essencial enxergar o todo. A estrutura funcional do SIGMA EAM pode ser representada como um panorama estratégico, no qual o trabalho da manutenção flui de cima para baixo, em camadas, e retorna em forma de aprendizado.

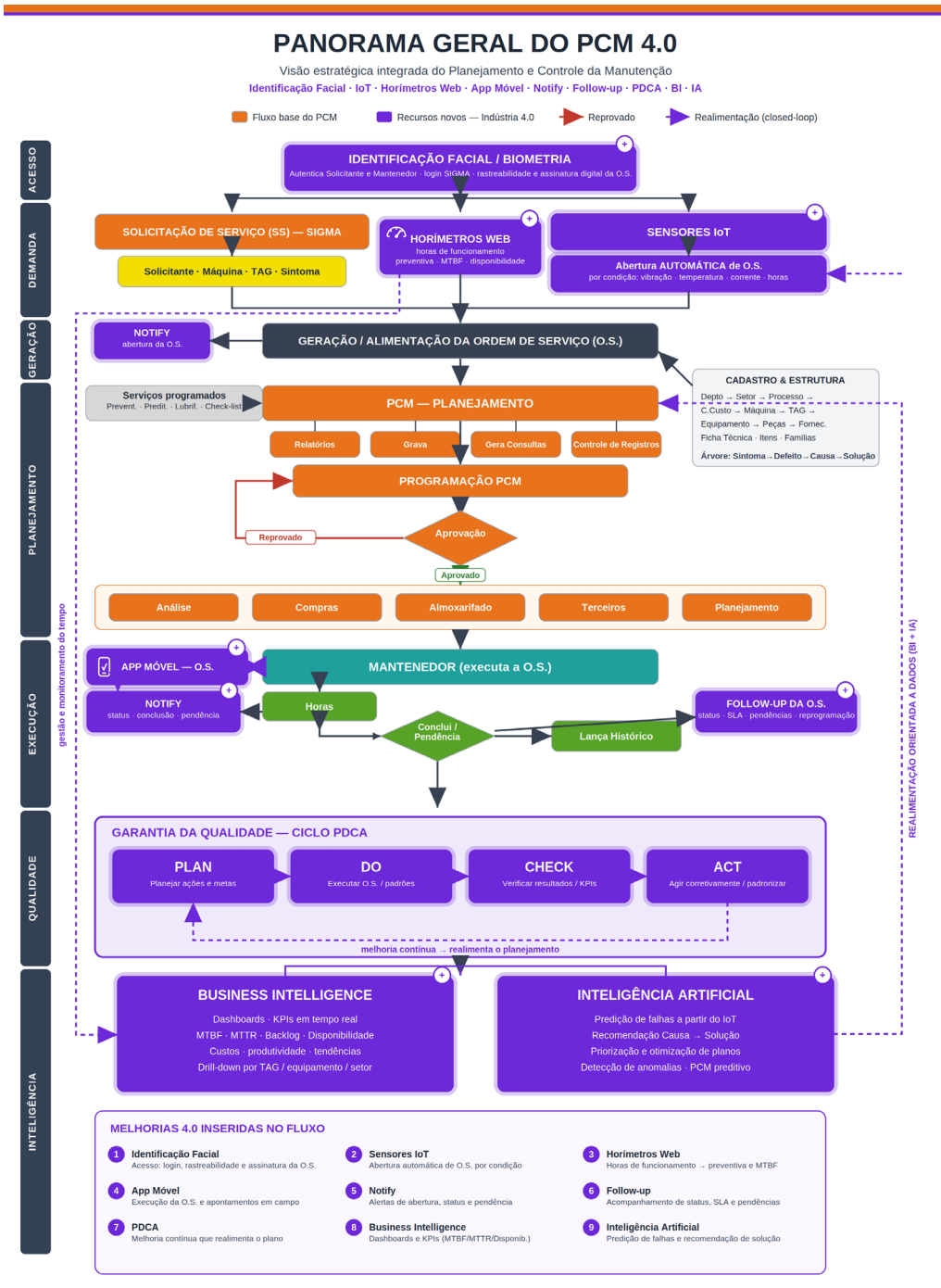


Figura 8 — Panorama geral da estrutura funcional do SIGMA EAM 4.0. Fonte: elaborado pelo autor.

#### 4.1.1 As camadas do panorama

O panorama está organizado em sete camadas. A camada de acesso garante que apenas pessoas identificadas entrem no sistema e respondam pelo que fazem. A camada de demanda é onde a necessidade de manutenção nasce, seja por uma solicitação humana, seja por um sensor ou horímetro. A camada de geração da ordem de serviço transforma essa necessidade em um documento de trabalho rastreável,

apoiada pela estrutura de cadastro dos ativos. A camada de planejamento decide como, quando e com quais recursos o serviço será feito. A camada de execução é onde o serviço efetivamente acontece, com o mantenedor em campo. A camada de qualidade, organizada pelo ciclo PDCA, verifica os resultados e promove melhorias. A camada de inteligência, formada por Business Intelligence e inteligência artificial, transforma os dados acumulados em conhecimento e em decisões melhores.

#### ***4.1.2 A leitura de cima para baixo e o retorno***

A leitura natural do panorama é de cima para baixo: a demanda nasce, vira ordem de serviço, é planejada, programada, aprovada, executada, registrada e verificada. Mas o panorama não é uma linha reta que termina embaixo. Ele é um ciclo. As informações que se acumulam na base, especialmente nas camadas de qualidade e de inteligência, voltam para o topo e melhoram o planejamento, a priorização e até a forma como novas demandas são detectadas. Essa volta é representada pelas linhas de realimentação e é o que transforma o sistema em um organismo que aprende.

#### ***4.1.3 Os recursos novos da Indústria 4.0***

Em relação a um PCM tradicional, a estrutura aqui descrita acrescenta sete recursos modernos, destacados como blocos especiais: a identificação facial, os sensores IoT, os horímetros web, o aplicativo móvel, as notificações, o acompanhamento de serviços e o ciclo da qualidade, somados às camadas de Business Intelligence e inteligência artificial. Esses recursos não substituem o PCM clássico; eles o potencializam, automatizando a coleta de dados, acelerando a comunicação e qualificando as decisões. Os capítulos seguintes explicam cada bloco, começando pela porta de entrada do sistema.

### **4.2 Integração dos Blocos: o Ciclo Fechado de Gestão**

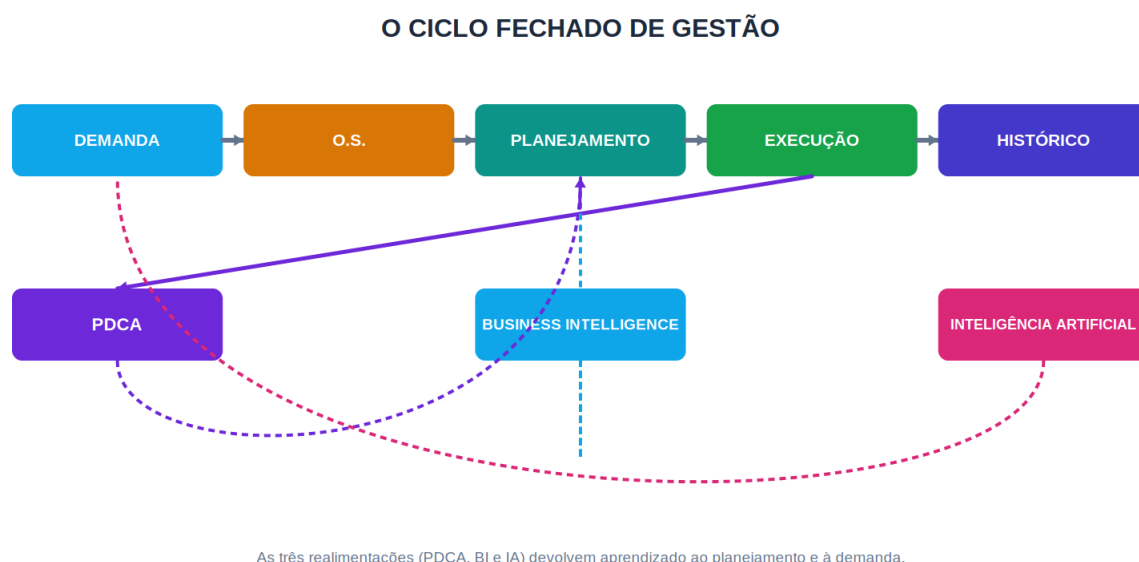
Tendo percorrido todos os blocos, é hora de recompor o todo. O maior aprendizado deste trabalho não está em nenhum bloco isolado, mas na forma como todos se conectam em um ciclo fechado de gestão.

#### ***4.2.1 De uma linha a um ciclo***

Vista superficialmente, a estrutura parece uma linha que vai da demanda à execução. Mas, ao observar as realimentações, percebe-se que ela é um ciclo. Os dados gerados na execução, na qualidade e na inteligência voltam ao planejamento,

à programação e à detecção de demanda, melhorando continuamente o sistema. O fim alimenta o começo. Essa é a diferença entre um sistema que apenas processa ordens e um sistema que aprende.

A figura a seguir representa o ciclo fechado, com as três realimentações que fazem o sistema aprender.



As três realimentações (PDCA, BI e IA) devolvem aprendizado ao planejamento e à demanda.

Figura 9 — O ciclo fechado de gestão e suas três realimentações. Fonte: elaborado pelo autor.

#### **4.2.2 As três realimentações**

Três realimentações sustentam o ciclo. A primeira é a do PDCA, que devolve ao planejamento as melhorias verificadas na qualidade. A segunda é a do Business Intelligence, que devolve ao planejamento e à programação uma leitura clara do desempenho, orientando prioridades por dados. A terceira é a da inteligência artificial, que devolve previsões e recomendações tanto ao planejamento quanto à própria detecção de demanda, antecipando intervenções. Juntas, essas três voltas transformam o panorama em um organismo vivo.

#### **4.2.3 O papel central dos dados**

O fio que costura todos os blocos é o dado. A identificação garante a autoria do dado; a SS, os sensores e os horímetros geram o dado de demanda; o cadastro dá significado ao dado; a execução e o apontamento produzem o dado de esforço e de resultado; o histórico estrutura o dado de falha; o BI e a IA transformam o dado em conhecimento. Cada bloco, à sua maneira, cuida da qualidade do dado, porque é dela que depende tudo o que vem depois. Esta é a lição central para o planejador: cuidar do dado é cuidar de toda a manutenção.

#### **4.2.4 Maturidade e evolução**

O panorama também conta uma história de maturidade. Começa-se com a SS e o cadastro, evolui-se para o planejamento e a programação disciplinados, depois para a execução registrada com qualidade, e finalmente para a camada de inteligência. Uma empresa não precisa ter tudo de uma vez; ela pode evoluir bloco a bloco, ganhando maturidade a cada etapa. O importante é compreender que cada bloco prepara o terreno para o próximo, e que a base de tudo é a qualidade dos dados desde o primeiro registro.

A visão geral apresentada neste capítulo mostra que o verdadeiro valor do sistema não está em um bloco isolado, mas na forma como todos se conectam em um ciclo fechado de gestão. Quando os dados retornam ao planejamento em forma de aprendizado, a manutenção deixa de apenas reagir e passa a evoluir continuamente. Com essa visão do todo em mente, torna-se mais fácil compreender, nos capítulos seguintes, o papel específico de cada bloco dentro da estrutura do SIGMA EAM.

## 5 CADASTRO, ESTRUTURA E PADRONIZAÇÃO DE ATIVOS

Tudo começa com um bom cadastro. Este capítulo trata da estrutura dos ativos e da padronização que sustenta todos os indicadores e históricos.

### 5.1 Cadastro e Estrutura dos Ativos

Se a Ordem de Serviço é o coração do sistema, o cadastro é o seu esqueleto. Tudo o que o EAM faz de inteligente depende de um cadastro bem construído. Este capítulo detalha a estrutura de cadastro do SIGMA EAM, que organiza os ativos em uma árvore e os enriquece com fichas técnicas, peças e a árvore de intervenções.

Quadro 1 — Síntese do bloco — Cadastro e Estrutura dos Ativos

Item	Descrição
Função principal	Dar significado e estrutura aos ativos, sustentando todo o sistema.
Entradas (de onde vem)	Árvore de ativos, TAGs, centros de custo, fichas técnicas, peças e famílias.
Processamento (o que faz)	Organiza a hierarquia e relaciona sintoma, defeito, causa e solução.
Saídas (para onde vai)	Contexto para a O.S., custos por nível e base do diagnóstico.
Indicadores relacionados	Cobertura de cadastro, consistência de TAGs, qualidade do histórico.
Normas relacionadas	ISO 14224 (taxonomia de falhas); ISO 55001 (gestão de ativos).
Erro a evitar	Cadastro incompleto, TAGs inconsistentes e não usar famílias.

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 5.1.1 Por que o cadastro importa tanto

Um sistema de manutenção é, em grande parte, um sistema de informação. Ele só consegue atribuir custos, calcular indicadores e construir histórico se souber, com precisão, a qual ativo cada ordem se refere e como esse ativo se encaixa na organização. O cadastro é o que dá esse significado. Um cadastro pobre transforma o EAM em um arquivo de ordens soltas; um cadastro rico transforma-o em um verdadeiro mapa vivo dos ativos da empresa.

#### 5.1.2 A árvore de ativos: do departamento à peça

O coração do cadastro é a árvore de ativos, uma estrutura hierárquica que vai do mais amplo ao mais específico. No topo está o departamento, depois o setor, depois o processo, depois o centro de custo, e então a máquina, a TAG, o equipamento e, por fim, as peças. Pense em uma árvore genealógica: cada nível é filho do nível acima e pai do nível abaixo.

Essa hierarquia tem um propósito muito concreto. Quando uma O.S. é aberta para uma peça, o sistema sabe a qual equipamento ela pertence, a qual máquina, a qual processo, a qual setor e a qual departamento. Assim, o custo e o tempo daquele serviço podem ser somados em qualquer nível: é possível saber quanto custou manter uma única peça, ou quanto custou todo um setor em um ano. A árvore é o que permite enxergar a manutenção tanto no detalhe quanto no conjunto.

### **5.1.3 A TAG como identidade do ativo**

Dentro da árvore, a TAG merece destaque. Ela é o nome único e padronizado do ativo, a sua identidade. Uma boa codificação de TAG segue uma lógica que revela onde o ativo está e o que ele é, de modo que, lendo a TAG, já se sabe muito sobre o equipamento. Padronizar TAGs é uma das tarefas mais importantes na implantação de um EAM, porque a TAG é a chave que liga a O.S., o histórico, os custos e os indicadores a um ativo específico.

### **5.1.4 Centro de custo e a dimensão financeira**

O centro de custo é o ponto da árvore que conecta a manutenção à contabilidade. Ao vincular cada ativo a um centro de custo, o sistema consegue dizer quanto cada área gasta com manutenção, permitindo comparar, orçar e cobrar resultados. Para o planejador, entender o centro de custo é entender que cada serviço tem um dono financeiro, e que o EAM é também uma ferramenta de gestão de custos.

O organograma a seguir representa a árvore de ativos, do departamento até a peça.

## ÁRVORE DE ATIVOS



Figura 10 — A árvore de ativos: do departamento à peça. Fonte: elaborado pelo autor.

### **5.1.5 A ficha técnica e os itens**

A ficha técnica é o documento que descreve as características do ativo: seus dados de fabricação, suas especificações, seus parâmetros de operação e os itens que o compõem. Ela funciona como a carteira de identidade ampliada do equipamento. Quando o mantenedor abre a O.S., a ficha técnica lhe diz com o que está lidando, quais são as tolerâncias, quais peças são compatíveis e quais cuidados são necessários.

Os itens são os componentes catalogados que aparecem na ficha e que podem ser requisitados, substituídos e controlados em estoque. Relacionar corretamente os itens ao ativo é o que permite, mais adiante, que a O.S. já sugira as peças prováveis e que o almoxarifado saiba o que separar.

### **5.1.6 As famílias de equipamentos**

Famílias são agrupamentos de equipamentos semelhantes. Em vez de cadastrar do zero cada bomba, cada motor ou cada redutor, o sistema permite tratar

conjuntos de ativos parecidos como uma família, compartilhando características, planos e peças. Isso acelera o cadastro, padroniza os procedimentos e facilita comparações de desempenho entre ativos do mesmo tipo. Para o planejador, as famílias são um atalho poderoso: o que se aprende com um membro da família costuma valer para os demais.

### 5.1.7 A árvore de intervenções: sintoma, defeito, causa e solução

Talvez o elemento mais inteligente do cadastro seja a árvore de intervenções, que organiza o conhecimento sobre as falhas em quatro níveis encadeados: sintoma, defeito, causa e solução. O sintoma é o que se observa, como um ruído ou um aquecimento. O defeito é a condição anormal por trás do sintoma, como um rolamento desgastado. A causa é a raiz do problema, como falta de lubrificação. A solução é a ação que resolve, como lubrificar e substituir o rolamento.

Essa estrutura tem enorme valor. Ela padroniza a forma de descrever as falhas, transformando relatos soltos em dados comparáveis, exatamente na linha do que a ISO 14224 recomenda. Com o tempo, acumula-se um repertório que liga sintomas a causas e a soluções comprovadas. Esse repertório é o que, mais adiante, alimenta a inteligência artificial e permite ao sistema sugerir, diante de um sintoma, a causa mais provável e a solução que historicamente funcionou.

O esquema a seguir mostra a cadeia sintoma, defeito, causa e solução, com um exemplo.

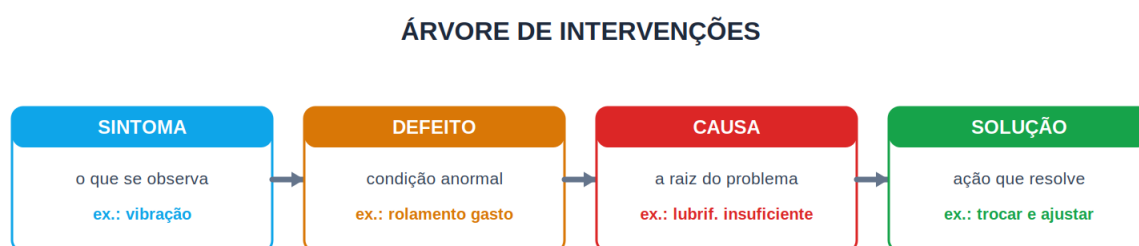


Figura 11 — A árvore de intervenções: sintoma, defeito, causa e solução. Fonte: elaborado pelo autor.

### 5.1.8 Exemplo prático

Uma O.S. é aberta para uma TAG de redutor. Como o cadastro está completo, o sistema já sabe que o redutor pertence à família de redutores de média potência, que sua ficha técnica especifica determinado óleo, que ele é composto por engrenagens e rolamentos catalogados como itens, e que sua árvore de intervenções

relaciona o sintoma vibração ao defeito desalinhamento, à causa fixação inadequada e à solução realinhamento. O planejador, com poucos cliques, tem em mãos um diagnóstico provável e uma lista de peças, tudo porque o cadastro foi bem-feito.

#### **5.1.9 Erros comuns e boas práticas**

O erro mais grave é subestimar o cadastro, tratando-o como burocracia inicial a ser feita às pressas. Cadastros incompletos ou com TAGs inconsistentes comprometem para sempre a qualidade dos dados. Outro erro é não usar famílias, repetindo trabalho e perdendo padronização. Como boa prática, invista tempo na codificação de TAGs, complete as fichas técnicas dos ativos críticos, use famílias para padronizar e alimente disciplinadamente a árvore de intervenções a cada serviço. O cadastro é um investimento que se paga em cada indicador confiável obtido depois.

#### **5.1.10 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença**

A organização do cadastro dialoga diretamente com a taxonomia proposta pela ISO 14224, que sugere classificar os ativos em níveis sucessivos, da planta ao componente, de forma padronizada. Adotar uma taxonomia consistente é o que permite comparar equipamentos semelhantes entre plantas diferentes e acumular estatísticas de falha que fazem sentido. Sem padronização, cada um cadastra do seu jeito e os dados não conversam.

A codificação da TAG merece um cuidado especial. Uma TAG inteligente revela, em sua própria estrutura, a localização e o tipo do ativo, de modo que o profissional experiente lê a TAG e já sabe do que se trata. Mais importante do que a estética do código é a sua consistência: uma vez definido o padrão, ele deve ser seguido rigorosamente, porque é a consistência que sustenta o histórico e os indicadores ao longo dos anos.

#### **5.1.11 Esquema funcional do bloco**

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

## ESQUEMA FUNCIONAL — CADASTRO E ESTRUTURA



Figura 12 — Esquema funcional do bloco Cadastro e Estrutura: entradas, processamento e saídas. Fonte: elaborado pelo autor.

### 5.1.12 Exemplo aplicado

Ao padronizar as TAGs por área e tipo, uma fábrica conseguiu, pela primeira vez, somar os custos de manutenção por linha de produção. Descobriu que uma única linha respondia por quase metade dos gastos, informação que ficava escondida enquanto o cadastro era inconsistente. Com o dado em mãos, priorizou ações naquela linha.

### 5.1.13 Passo a passo no SIGMA EAM

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:

#### FLUXO DE TRABALHO — Cadastro e Estrutura

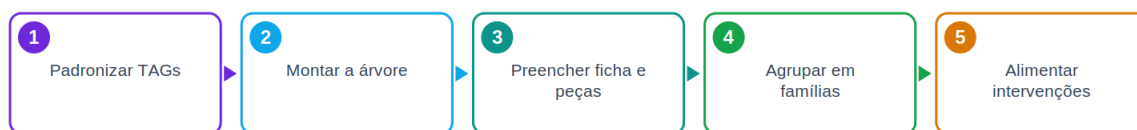


Figura 13 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Definir o padrão de codificação das TAGs.
- Passo 2 — Montar a árvore do departamento ao componente.
- Passo 3 — Preencher a ficha técnica e relacionar as peças.
- Passo 4 — Agrupar ativos semelhantes em famílias.
- Passo 5 — Alimentar a árvore de intervenções a cada serviço.

### 5.1.14 Indicadores e metas do bloco

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente a cobertura do cadastro, a consistência das TAGs e a qualidade do

histórico. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores de forma confiável, com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

#### **5.1.15 Outro exemplo prático**

Ao montar famílias de ativos, a equipe agrupou doze motores idênticos. Quando um deles apresentou uma falha, a mesma inspeção foi estendida aos outros onze, e dois já mostravam sinais iniciais do mesmo problema, tratados antes de falhar.

#### **5.1.16 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho**

No cadastro, a IA ajuda a manter vivo e consistente aquilo que, à mão, tende a envelhecer e a se desorganizar.

- Exemplo 1 — A IA sugere a classificação e a família de cada ativo e aponta inconsistências, como duas TAGs que parecem se referir ao mesmo equipamento, mantendo o cadastro limpo.
- Exemplo 2 — A IA enriquece a árvore de intervenções, sugerindo causas prováveis para um sintoma a partir do histórico de ativos semelhantes, acelerando o diagnóstico.

As vantagens são um cadastro mais consistente com muito menos esforço manual. O paradigma evolui de um cadastro estático, mantido à mão e fadado a envelhecer, para um cadastro vivo e assistido, que se autocorrige. Como o cadastro é a fundação de tudo, manter essa base saudável com ajuda da IA eleva a confiabilidade de todos os indicadores.

## **5.2 Padronização de TAGs e Codificação de Ativos**

A padronização das TAGs é um dos pontos que mais influenciam a qualidade do cadastro e, por consequência, a confiabilidade de todo o sistema. Quando a codificação é consistente, custos, históricos, ordens e indicadores passam a conversar entre si. Esta seção reúne os princípios mais importantes para construir uma estrutura de identificação sólida, simples de entender e útil na rotina da manutenção.

### **5.2.1 Por que padronizar**

Quando cada pessoa nomeia os ativos à sua maneira, o mesmo equipamento aparece de formas diferentes, e a informação se fragmenta. A padronização garante que toda a empresa fale a mesma língua: ao ver uma TAG, qualquer pessoa entende de qual ativo se trata e onde ele está. É a padronização que permite somar custos por linha, comparar ativos semelhantes e construir um histórico confiável.

### **5.2.2 Anatomia de uma TAG**

Uma TAG bem construída costuma carregar, de forma compacta, a localização e o tipo do ativo. Um esquema comum combina um código de área ou setor, um código de tipo de equipamento e um número sequencial. Assim, uma mesma leitura informa onde o ativo está e o que ele é, antes mesmo de abrir o cadastro. O importante não é o esquema específico, mas que ele seja único, estável e aplicado de forma disciplinada em toda a planta.

### **5.2.3 Boas práticas e erros a evitar**

Entre as boas práticas, destacam-se: definir o padrão antes de cadastrar em massa; documentar as regras de codificação; evitar caracteres ambíguos; e nunca reaproveitar uma TAG aposentada para outro ativo, o que confundiria o histórico. Entre os erros mais comuns estão criar TAGs sob demanda, sem padrão, e mudar o esquema no meio do caminho, o que obriga a remapear tudo. Vale lembrar a regra de ouro: é muito mais barato padronizar no início do que corrigir depois.

### **5.2.4 Da TAG à árvore**

A TAG não vive isolada; ela ocupa uma posição na árvore de ativos, que vai do departamento ao componente, passando pelo centro de custo. É essa combinação, TAG mais árvore, que permite que custos e histórico somem em qualquer nível desejado, do componente individual até a planta inteira. Investir tempo nessa estrutura, no início, é o que torna possível, mais tarde, responder com segurança a perguntas como qual linha custa mais ou qual família de ativos falha mais.

Mais do que organizar nomes e estruturas, este capítulo mostra que o cadastro é a base silenciosa de toda a inteligência do sistema. Quando ativos, TAGs, fichas técnicas e árvores de intervenção são bem construídos, o restante do fluxo ganha consistência, rastreabilidade e capacidade analítica. Sem essa base, a manutenção até registra eventos, mas não aprende com eles.

## 6 IDENTIFICAÇÃO, BIOMETRIA E LANÇAMENTO POR VOZ

A identificação das pessoas dá autoria e segurança a todas as ações. Este capítulo aprofunda a identificação facial, a biometria e o lançamento por voz, com seus aspectos de segurança e privacidade.

### 6.1 Identificação Facial, Biometria e Lançamento por Voz

A jornada dentro do SIGMA EAM começa antes mesmo de qualquer ordem de serviço existir. Ela começa na porta de entrada do sistema, onde se decide quem pode entrar e quem responde por cada ação. Esse é o papel do bloco de identificação facial e biometria.

**Quadro 2 — Síntese do bloco — Identificação Facial e Biometria**

Item	Descrição
<b>Função principal</b>	Autenticar pessoas e dar autoria às ações no sistema.
<b>Entradas (de onde vem)</b>	Rosto/biometria do solicitante e do mantenedor; cadastro de pessoas e perfis.
<b>Processamento (o que faz)</b>	Reconhece a pessoa, carrega o perfil e libera apenas as funções permitidas.
<b>Saídas (para onde vai)</b>	Acesso liberado; autoria vinculada à SS, à aprovação e à conclusão da O.S.
<b>Indicadores relacionados</b>	Rastreabilidade das ações; aderência de uso por perfil.
<b>Normas relacionadas</b>	ISO 55001 (responsabilidades e controle); boas práticas de segurança da informação.
<b>Erro a evitar</b>	Compartilhar credenciais e conceder perfis amplos demais.

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 6.1.1 O que é este bloco

Identificação biométrica é o reconhecimento de uma pessoa por uma característica física única, como o rosto, a impressão digital ou a íris. No panorama estudado, a identificação facial é o método principal: a câmera reconhece o rosto do solicitante ou do mantenedor e confirma que ele é quem diz ser. Para o leigo, é o mesmo princípio que destrava o celular ao olhar para a tela, agora aplicado ao mundo industrial.

#### 6.1.2 Para que serve

A identificação cumpre três funções essenciais. A primeira é o controle de acesso: garantir que apenas pessoas autorizadas usem o sistema, evitando que terceiros abram, alterem ou encerrem serviços indevidamente. A segunda é a

rastreabilidade: cada ação fica vinculada a uma pessoa real, de modo que sempre se sabe quem solicitou, quem aprovou e quem executou. A terceira é a assinatura digital da ordem de serviço: quando o mantenedor conclui um trabalho e o sistema reconhece seu rosto, aquela conclusão ganha valor de assinatura, com data, hora e autor.

A rastreabilidade não existe para vigiar pessoas, mas para proteger a todos. Quando um equipamento crítico volta a falhar, é fundamental saber exatamente o que foi feito, por quem e quando, para entender a causa e aprimorar o procedimento. Sem identificação confiável, o histórico perde valor, porque não se sabe a origem da informação.

### **6.1.3 Como funciona dentro do SIGMA EAM**

Na prática, o sistema mantém um cadastro de pessoas autorizadas, cada uma com seu perfil de acesso. O perfil define o que aquela pessoa pode fazer: um solicitante comum pode apenas abrir solicitações; um técnico pode executar e apontar horas; um supervisor pode aprovar; um administrador pode configurar o sistema. Ao se identificar pelo rosto, a pessoa é reconhecida e o sistema carrega automaticamente o seu perfil, liberando apenas as funções compatíveis.

A identificação se conecta especialmente aos blocos de execução e de solicitação. No momento de abrir uma solicitação, ela confirma quem está pedindo. No momento de executar, ela confirma quem está com a ordem em mãos. E no aplicativo móvel, ela permite que o técnico se autentique em campo, sem depender de senhas que se esquecem ou se compartilham.

### **6.1.4 Exemplo prático**

Imagine uma fábrica em três turnos. Um operador do turno da noite percebe um ruído anormal em uma bomba. Ele se aproxima de um terminal, olha para a câmera e é reconhecido. O sistema sabe que ele é operador e libera a tela de abertura de solicitação. Mais tarde, o técnico designado chega, é reconhecido pelo aplicativo no celular, executa o reparo e, ao concluir, o sistema registra sua identidade junto à conclusão. No dia seguinte, o planejador consegue ver, sem ambiguidade, quem relatou o problema e quem o resolveu.

### **6.1.5 Erros comuns e boas práticas**

Um erro frequente é compartilhar credenciais, prática que a biometria justamente combate. Outro é cadastrar pessoas com perfis amplos demais, dando a

todos poderes de aprovação ou de configuração; o correto é conceder apenas o necessário para cada função. Como boa prática, recomenda-se manter o cadastro de pessoas atualizado, desativando prontamente quem deixa a equipe, e revisar periodicamente os perfis de acesso. A identificação só é confiável se o cadastro por trás dela for confiável.

#### **6.1.6 Como era antes: senhas, crachás e suas falhas**

Para entender o valor da identificação por face e por voz, é preciso lembrar como o acesso e o registro funcionavam antes. O método tradicional apoiava-se em senhas e crachás. A senha era uma sequência que a pessoa deveria memorizar e manter secreta; o crachá, um cartão que comprovava a identidade ao ser apresentado a um leitor. Em teoria, ambos identificavam o usuário. Na prática, falhavam de muitas maneiras.

A senha era esquecida, anotada em papéis colados no monitor e, sobretudo, compartilhada entre colegas para facilitar o trabalho. Uma vez compartilhada, deixava de identificar alguém: qualquer um podia agir em nome de outro. O crachá era emprestado, esquecido em casa ou usado por terceiros, dando origem à conhecida carona de ponto, em que um colega registra a presença ou o trabalho de outro que sequer está no local. Como nada disso comprovava, de fato, quem realizou a ação, instalava-se o repúdio: diante de um problema, ninguém podia ser ligado com certeza ao que foi feito, e era sempre possível alegar que não fui eu.

Essas fragilidades tinham consequências concretas. Ordens eram abertas e concluídas sem autoria confiável; horas eram apontadas por quem não as trabalhou; registros eram feitos de memória, horas depois, por pessoas que talvez nem estivessem na intervenção. O resultado era um histórico de credibilidade duvidosa e indicadores construídos sobre dados frágeis. A identificação por face e por voz nasce exatamente para fechar essas brechas.

## DO ACESSO TRADICIONAL À IDENTIFICAÇÃO POR FACE E VOZ

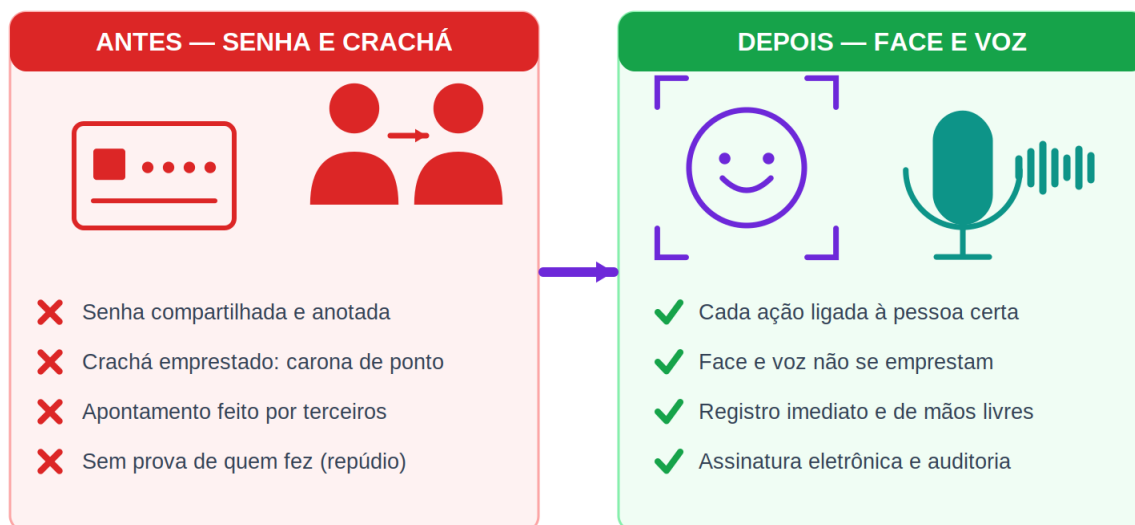


Figura 14 — Do acesso tradicional, com senha e crachá, à identificação por face e por voz: menos fraude e mais rastreabilidade. Fonte: elaborado pelo autor.

### 6.1.7 A identificação facial em profundidade

A identificação facial reconhece a pessoa por características do seu rosto. É importante esclarecer um ponto técnico que tranquiliza quanto à privacidade: o sistema não guarda uma fotografia do rosto, e sim um modelo matemático, um conjunto de medidas extraídas da face que não permite reconstruir a imagem original. É esse modelo que é comparado, em uma fração de segundo, para confirmar a identidade.

Há duas formas de uso. Na verificação, o sistema compara a face apresentada com a de uma única pessoa, respondendo se ela é mesmo quem afirma ser; é o caso típico do login e da assinatura de uma ação. Na identificação, o sistema procura, entre muitos cadastros, a quem pertence aquele rosto. Um recurso decisivo é a prova de vida, também chamada de detecção de vivacidade, que verifica se diante da câmera está uma pessoa real, e não uma foto, um vídeo ou uma máscara. É a prova de vida que protege contra a tentativa de fraudar o reconhecimento com a imagem de outra pessoa.

As vantagens são marcantes. Em termos de combate à fraude, a face não pode ser emprestada nem compartilhada como uma senha ou um crachá; cada ação fica inevitavelmente ligada a quem a realizou, eliminando o repúdio. Em termos de velocidade, o reconhecimento ocorre em menos de um segundo, sem digitar nada, o que acelera logins e registros repetidos ao longo do dia. Em termos de higiene e praticidade, não há contato físico nem necessidade de retirar luvas para digitar. E, em

termos de conformidade, a identificação biométrica dá a cada registro o peso de uma assinatura eletrônica, com autor, data e hora, fundamental para auditorias e para a confiança nos dados. Vale lembrar que, por se tratar de dado pessoal sensível, a biometria deve ser usada com finalidade clara, consentimento e armazenamento seguro, em linha com a legislação de proteção de dados.



Figura 15 — Principais vantagens da identificação por face e por voz na rotina da manutenção. Fonte: elaborado pelo autor.

### **6.1.8 O lançamento por voz**

O lançamento por voz permite que o profissional comande o sistema e registre informações falando, em vez de digitar. Ele combina dois recursos. O primeiro é a transcrição da fala em texto, que converte o que a pessoa diz em um registro escrito, estruturado conforme o contexto. O segundo, opcional e poderoso, é a biometria de voz, que reconhece a pessoa pela sua maneira única de falar, servindo como mais uma camada de identificação.

A grande virtude da voz está no ambiente real da manutenção. O mantenedor frequentemente trabalha com as mãos ocupadas, sujas de graxa, usando luvas, em altura ou em espaços confinados, situações em que digitar em um teclado ou em um celular é lento, incômodo ou até inviável. Falando, ele registra de mãos livres, no exato momento e local da intervenção, sem interromper o trabalho para anotar. Além de mais rápido, o registro tende a ser mais rico, porque é feito enquanto os detalhes ainda estão vivos, e não reconstruído de memória no fim do turno.

Um exemplo ilustra a diferença. Antes, o técnico terminava o serviço, tirava as luvas, procurava um terminal e tentava lembrar quanto tempo levou e o que encontrou, muitas vezes resumindo tudo em serviço realizado. Com o lançamento por voz, ainda ao lado do equipamento, ele diz algo como: apontar duas horas, rolamento traseiro com folga e ruído, substituído, ajustada a lubrificação do ponto. O sistema transcreve,

estrutura e associa esse relato à ordem e ao seu autor. O registro nasce completo, preciso e imediato.

### APONTAMENTO E RELATO POR VOZ, COM ASSINATURA FACIAL

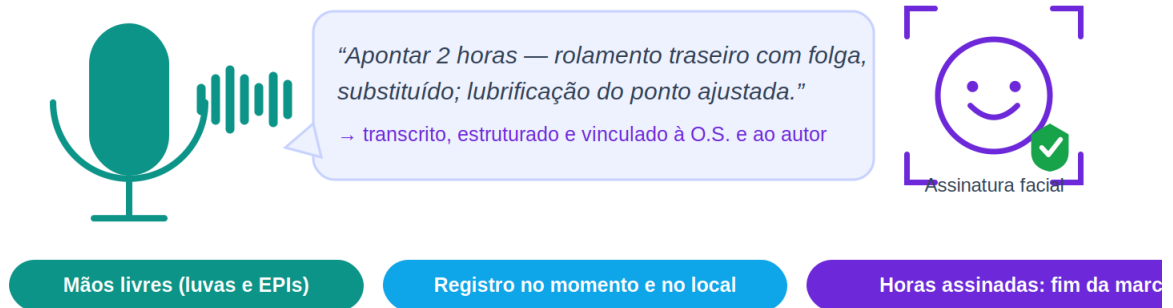


Figura 16 — Lançamento e relato por voz em campo, com assinatura facial: mãos livres, registro imediato e mais completo. Fonte: elaborado pelo autor.

#### **6.1.9 Face e voz combinados: autenticação multimodal**

Quando a face e a voz atuam juntas, fala-se em autenticação multimodal, isto é, baseada em mais de uma característica biométrica. Essa combinação eleva tanto a segurança quanto a confiabilidade. A segurança aumenta porque fraudar duas biometrias ao mesmo tempo é muito mais difícil do que burlar uma senha; a confiabilidade aumenta porque, se uma das leituras falha por algum motivo, como pouca luz para a face ou ruído ambiente para a voz, a outra ajuda a confirmar a identidade, reduzindo recusas indevidas.

Do ponto de vista da conformidade, a combinação de face e voz produz uma assinatura eletrônica robusta, com dois fatores biométricos, data e hora. Isso confere às ações críticas, como aprovar, abrir e concluir ordens, um nível de comprovação dificilmente alcançável por senhas. Para o planejador, o efeito prático é simples e profundo: cada evento importante do fluxo passa a ter um responsável inequívoco.

## AUTENTICAÇÃO MULTIMODAL: FACE + VOZ



Figura 17 — Autenticação multimodal por face e voz aplicada ao login, à abertura e à conclusão de O.S. e ao apontamento de horas. Fonte: elaborado pelo autor.

### **6.1.10 Onde a face e a voz atuam no fluxo**

Os recursos de face e voz não ficam restritos à porta de entrada do sistema; eles percorrem todo o fluxo. No login, substituem senhas e crachás, dando acesso imediato e seguro. Na abertura da Ordem de Serviço, garantem a autoria do pedido e permitem abrir ordens por voz, em campo. Na conclusão da Ordem de Serviço, funcionam como assinatura digital do encerramento, combatendo a conclusão falsa. E no apontamento de horas, asseguram que cada hora registrada pertence a quem de fato a trabalhou, encerrando a prática do apontamento por terceiros. Os capítulos sobre a geração da O.S., o apontamento de horas e a conclusão detalham cada uma dessas aplicações.

### **6.1.11 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença**

A identificação biométrica convive com um princípio de gestão chamado segregação de funções: quem solicita não deveria ser quem aprova, e quem executa não deveria ser quem audita. Os perfis de acesso existem justamente para sustentar essa separação, distribuindo poderes de forma que nenhuma pessoa concentre etapas que deveriam ser controladas por mais de um responsável. Para o planejador, entender isso ajuda a desenhar perfis que protegem o processo sem engessá-lo.

Há também um cuidado com dados pessoais. A biometria é uma informação sensível e seu uso deve respeitar a legislação de proteção de dados, com finalidade clara, consentimento e armazenamento seguro. Tratar o tema com transparência junto à equipe evita resistências e reforça que o objetivo da identificação é a rastreabilidade do processo, e não a vigilância das pessoas.

### 6.1.12 Esquema funcional do bloco

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

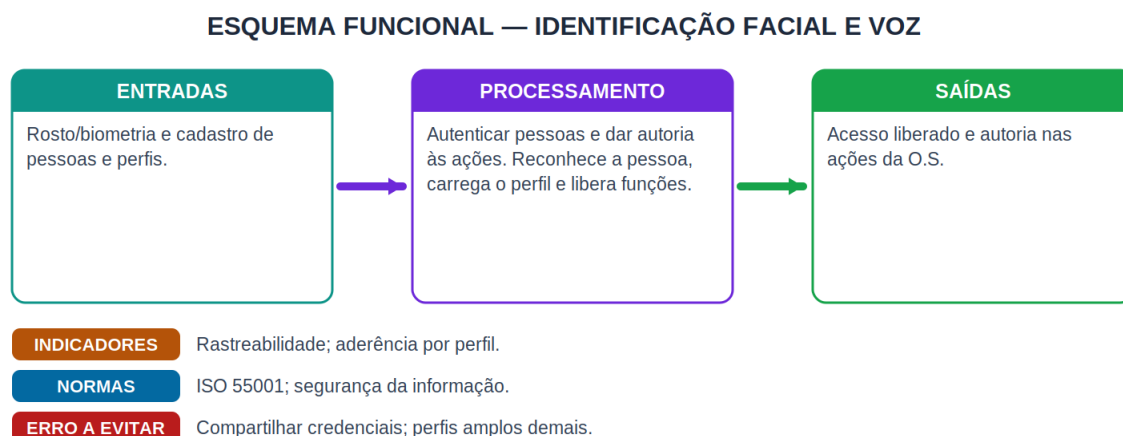


Figura 18 — Esquema funcional do bloco Identificação Facial e Voz: entradas, processamento e saídas. Fonte: elaborado pelo autor.

### 6.1.13 Exemplo aplicado

Em uma planta com prestadores rotativos, antes era comum um terceiro usar o login de um funcionário fixo para registrar serviços. Após a adoção da identificação facial, cada prestador passou a ter cadastro próprio, perfil restrito e prazo de validade. Diante de um retrabalho em uma prensa, a equipe identificou em segundos quem executara a intervenção anterior e revisou o procedimento com a pessoa certa, em vez de procurar quem teria sido.

### 6.1.14 Passo a passo no SIGMA EAM

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:

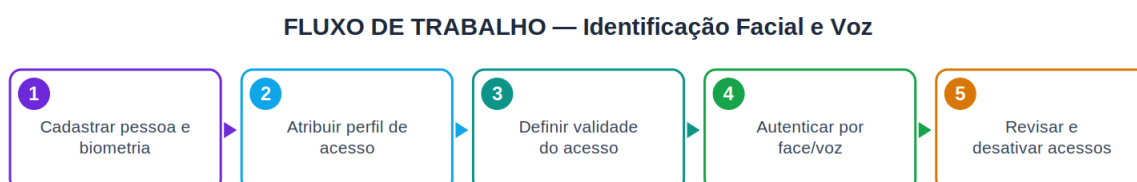


Figura 19 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Cadastrar a pessoa e capturar a biometria facial.
- Passo 2 — Atribuir o perfil de acesso adequado à função.
- Passo 3 — Definir a validade do acesso para terceiros e temporários.

- Passo 4 — No uso diário, autenticar por face para o login e para assinar ações.
- Passo 5 — Revisar perfis periodicamente e desativar quem deixa a equipe.

#### **6.1.15 Indicadores e metas do bloco**

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente a rastreabilidade das ações e a aderência de uso por perfil. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores de forma confiável, com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

#### **6.1.16 Outro exemplo prático**

Numa auditoria de segurança, pediram a lista de quem acessou o módulo de aprovação no último trimestre. Com a identificação por face, o relatório saiu em minutos, com data, hora e ação de cada pessoa. Antes, com senhas compartilhadas, essa pergunta seria simplesmente impossível de responder com confiança.

#### **6.1.17 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho**

Mesmo na porta de entrada do sistema, a inteligência artificial agrega valor, tornando a identificação não apenas um cadeado, mas um vigia que entende o contexto.

- Exemplo 1 — A IA aprende os padrões de acesso de cada pessoa (horários, locais e funções habituais) e sinaliza um login fora do padrão, como um acesso de madrugada a um módulo sensível, como possível indício de fraude ou conta comprometida.
- Exemplo 2 — A IA aprimora continuamente o reconhecimento por voz, aprendendo o vocabulário técnico da planta e adaptando-se ao ruído do ambiente, de modo que a transcrição fica cada vez mais precisa quanto mais é usada.

As vantagens são uma segurança que se adapta e uma experiência com menos atrito. A mudança de paradigma é nítida: deixa-se de ter uma autenticação estática, que apenas confere e libera, para uma autenticação inteligente, que entende

comportamento e contexto. Para o PCM, isso significa confiar nos dados desde a sua origem, com uma porta de entrada que não só identifica, mas protege.

## **6.2 Segurança, Privacidade e Biometria**

Os recursos de identificação por face e por voz trazem ganhos importantes de segurança, autoria e rastreabilidade, mas também exigem cuidado, porque lidam com dados pessoais sensíveis. Esta seção apresenta, em linguagem clara, os princípios práticos que ajudam a usar esses recursos com responsabilidade, equilíbrio e respeito à privacidade.

### **6.2.1 A biometria como dado sensível**

A face e a voz são características pessoais, e a legislação de proteção de dados as trata como dados sensíveis, que pedem cuidado especial. Isso não impede o seu uso, mas exige que ele seja feito com finalidade legítima, transparência e segurança. Vale reforçar um ponto técnico tranquilizador: sistemas bem projetados não guardam a fotografia ou o áudio, mas um modelo matemático que não permite reconstruir a imagem ou a voz originais.

### **6.2.2 Princípios a observar**

Quatro princípios orientam o uso responsável da biometria. A finalidade deve ser clara: identificar pessoas e dar autoria às ações da manutenção, e nada além disso. O consentimento e a transparência garantem que as pessoas saibam como e por que seus dados são usados. A minimização recomenda coletar apenas o necessário. E a segurança exige armazenamento protegido e acesso controlado aos dados biométricos. Seguir esses princípios protege tanto as pessoas quanto a empresa.

### **6.2.3 Boas práticas no uso de face e voz**

Na prática, recomenda-se: usar a identificação por face com prova de vida para impedir fraudes com foto ou vídeo; reservar a autenticação multimodal, face e voz combinadas, para as ações mais críticas; conceder acessos por perfil, segundo a função, evitando perfis amplos demais; e definir validade para os acessos de terceiros e temporários. Essas medidas equilibram segurança, praticidade e respeito à privacidade.

#### **6.2.4 Trilha de auditoria e não-repúdio**

Um dos maiores valores da biometria é o não-repúdio: como cada ação fica ligada de forma inequívoca a quem a realizou, ninguém pode negar tê-la feito. Isso produz uma trilha de auditoria sólida, em que cada abertura, conclusão e apontamento tem autor, data e hora. Para setores regulados, essa trilha é, muitas vezes, uma exigência; para todos, é uma base de confiança nos dados que sustentam as decisões.

### **6.3 Perguntas Frequentes sobre Identificação Facial e Voz**

Como os recursos de face e voz são, para muitos, novidade, reúnem-se aqui as dúvidas mais comuns.

#### **6.3.1 O sistema guarda a minha foto ou a minha voz?**

Não, em sistemas bem projetados. O que se armazena é um modelo matemático, um conjunto de medidas, que não permite reconstruir a imagem do rosto nem o áudio da voz. Esse modelo serve apenas para confirmar a identidade no momento do uso.

#### **6.3.2 E se a iluminação estiver ruim ou houver muito barulho?**

A identificação por face funciona em uma ampla faixa de condições, mas iluminação muito precária pode dificultá-la; o mesmo vale para a voz em ambientes muito ruidosos. É justamente por isso que a autenticação multimodal, combinando face e voz, é tão útil: quando uma falha, a outra ajuda a confirmar a identidade, reduzindo recusas indevidas.

#### **6.3.3 Alguém pode fraudar usando uma foto minha?**

A prova de vida existe exatamente para impedir isso. Ela verifica se diante da câmera está uma pessoa real, e não uma fotografia, um vídeo ou uma máscara. É essa verificação que dá à identificação facial a sua força contra a fraude.

#### **6.3.4 Por que apontar horas com a face é melhor do que com senha?**

Porque a face não se empresta. Com senha, uma pessoa pode apontar horas em nome de outra; com a face e a prova de vida, cada hora fica ligada de forma inequívoca a quem a trabalhou. Isso elimina a marcação por terceiros e torna o custo de mão de obra e o tempo de reparo confiáveis.

### **6.3.5 O lançamento por voz substitui a digitação?**

Ele a complementa, sendo especialmente valioso quando as mãos não estão livres, com luvas, em altura ou em espaço confinado. Falando, o profissional registra no momento e no local, com mais riqueza, sem interromper o trabalho para anotar. Onde digitar é mais prático, a digitação continua disponível.

### **6.3.6 Isso respeita a privacidade das pessoas?**

Sim, quando usado de forma responsável. A biometria é um dado sensível e deve ser tratada com finalidade clara, transparência, coleta mínima e armazenamento seguro, como detalha este manual. O objetivo é dar autoria e segurança às ações da manutenção, e nada além disso.

Ao concluir este capítulo, percebe-se que a identificação confiável das pessoas fortalece toda a cadeia de rastreabilidade do sistema. Face, voz, perfis e trilhas de auditoria não servem apenas para controlar acesso, mas para dar autoria, confiança e segurança às informações que alimentam o PCM. Quando a origem do dado é confiável, toda a gestão se torna mais sólida.

## **PARTE III — O FLUXO DE TRABALHO: DA DEMANDA À CONCLUSÃO**

## 7 DEMANDA E ABERTURA DE ORDENS

Este capítulo percorre o início do fluxo: como uma necessidade é percebida, registrada e transformada em Ordem de Serviço, pelos diversos canais de demanda.

### 7.1 Solicitação de Serviço (SS)

Identificado o usuário, o passo seguinte é registrar a necessidade de manutenção. Quando essa necessidade parte de uma pessoa, ela é registrada como uma Solicitação de Serviço, abreviada como SS. Este é, historicamente, o ponto de partida do PCM.



Figura 20 — Camada de demanda: solicitação de serviço, horímetros web e sensores IoT convergindo para a geração da O.S. Fonte: elaborado pelo autor.

#### Quadro 3 — Síntese do bloco — Solicitação de Serviço (SS)

Item	Descrição
<b>Função principal</b>	Registrar formalmente a necessidade de manutenção percebida por uma pessoa.
<b>Entradas (de onde vem)</b>	Solicitante identificado, TAG do ativo, sintoma e descrição do problema.
<b>Processamento (o que faz)</b>	Cria o pedido, confirma o recebimento e o encaminha para virar O.S.
<b>Saídas (para onde vai)</b>	Solicitação registrada que alimenta a geração da O.S. e o histórico.
<b>Indicadores relacionados</b>	Volume de SS, tempo entre SS e O.S., qualidade das descrições.
<b>Normas relacionadas</b>	ISO 14224 (descrição padronizada de falhas); NBR 5462 (terminologia).
<b>Erro a evitar</b>	Descrição vaga e escolha de TAG incorreta.

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 7.1.1 O que é uma SS

A Solicitação de Serviço é o pedido formal de que algo seja feito pela manutenção. Ela é diferente da Ordem de Serviço. A SS é a manifestação da necessidade, ainda crua, feita por quem percebeu o problema; a Ordem de Serviço é o documento de trabalho que o PCM gera depois de analisar a solicitação. Em outras palavras, toda SS é um candidato a virar uma O.S., mas nem toda solicitação se transforma automaticamente em ordem: ela passa por avaliação.

### **7.1.2 Para que serve**

A SS serve para que ninguém precise guardar na cabeça o que precisa ser feito. Em vez de um recado verbal que se perde, a necessidade fica registrada no sistema, com autor, data, equipamento envolvido e descrição do problema. Isso evita esquecimentos, organiza a fila de pedidos e cria a primeira evidência do histórico do ativo.

### **7.1.3 Como funciona dentro do SIGMA EAM**

No SIGMA EAM, a SS reúne informações mínimas para que o PCM consiga trabalhar. Tipicamente ela identifica o solicitante, a máquina ou o local, a etiqueta de identificação do ativo, chamada de TAG, e o sintoma observado. O solicitante descreve o que percebeu, por exemplo um vazamento, um ruído, uma vibração ou uma parada. Quanto mais clara e específica for a descrição, melhor será o trabalho posterior de planejamento.

A SS pode ser aberta por vários canais: um terminal na fábrica, a rede interna, o aplicativo móvel ou mesmo, em alguns casos, o telefone, com alguém digitando a solicitação no sistema. Independentemente do canal, ela alimenta o mesmo ponto: a geração da Ordem de Serviço. A SS também dispara, quando configurada, uma notificação que confirma o recebimento do pedido.

### **7.1.4 O papel do sintoma e da TAG**

Dois campos merecem atenção especial. A TAG é o nome único do ativo dentro do sistema, como uma placa de identificação. Informar a TAG correta é o que garante que a solicitação seja vinculada ao equipamento certo, alimentando o histórico daquele ativo e não de outro. O sintoma é a descrição do que se observou; ele será depois relacionado, na análise, a um defeito, a uma causa e a uma solução. Por isso, um sintoma bem descrito acelera o diagnóstico e melhora a qualidade do histórico.

### **7.1.5 Exemplo prático**

Um inspetor de qualidade percebe que uma esteira está fazendo um barulho repetitivo. Ele abre uma SS, seleciona a TAG da esteira, escolhe o sintoma ruído anormal e escreve uma frase descrevendo onde e quando o ruído aparece. O sistema confirma o recebimento e gera um número de solicitação. A partir daí, a necessidade está protegida: mesmo que o inspetor saia de férias, o pedido continua na fila do PCM.

### 7.1.6 Erros comuns e boas práticas

O erro mais comum é a descrição vaga, do tipo a máquina está com problema. Esse tipo de solicitação obriga o planejador a perder tempo investigando o óbvio. Outro erro é escolher a TAG errada, o que contamina o histórico do ativo. Como boa prática, oriente os solicitantes a descrever o sintoma de forma objetiva, informar há quanto tempo o problema aparece e indicar se há risco à segurança ou à produção. Uma boa SS é metade do caminho para uma boa O.S.

### 7.1.7 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença

Um detalhe que confunde muitos iniciantes é que nem toda solicitação deve virar ordem. Entre a SS e a O.S. existe uma triagem: o planejador avalia se o pedido procede, se já não há ordem aberta para o mesmo problema e qual a prioridade. Essa triagem evita a multiplicação de ordens duplicadas, que inflam artificialmente a demanda e distorcem os indicadores. Saber recusar ou agrupar solicitações é parte do trabalho.

A responsividade ao solicitante também importa. Quando quem abriu a SS recebe um retorno, ainda que seja apenas a confirmação de que o pedido foi recebido e priorizado, cria-se confiança e estimula-se o registro. Quando as solicitações somem em um buraco negro, as pessoas param de registrar e voltam aos recados verbais, e o sistema perde a sua principal fonte de demanda.

### 7.1.8 Esquema funcional do bloco

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

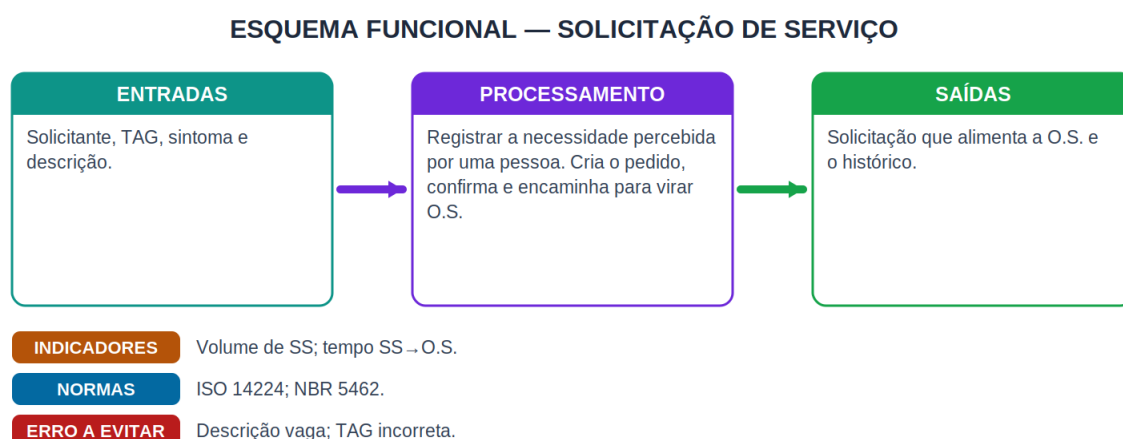


Figura 21 — Esquema funcional do bloco Solicitação de Serviço: entradas, processamento e saídas.  
Fonte: elaborado pelo autor.

### 7.1.9 Exemplo aplicado

Um operador percebe fumaça leve em um motor. Pelo aplicativo, abre uma solicitação, seleciona a TAG, escolhe o sintoma aquecimento e dita por voz o contexto. A solicitação chega ao PCM com tudo o que importa. Antes, esse mesmo aviso seria um recado no rádio, que poderia se perder na troca de turno e nunca virar registro.

### 7.1.10 Passo a passo no SIGMA EAM

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:

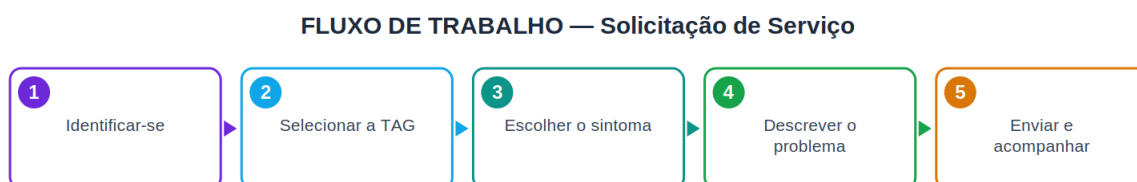


Figura 22 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Identificar-se no sistema.
- Passo 2 — Selecionar a TAG correta do ativo.
- Passo 3 — Escolher o sintoma na lista padronizada.
- Passo 4 — Descrever objetivamente o que se observou e o risco.
- Passo 5 — Enviar e acompanhar a confirmação de recebimento.

### 7.1.11 Indicadores e metas do bloco

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente o volume de solicitações e o tempo entre a solicitação e a O.S.. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores de forma confiável, com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

### 7.1.12 Outro exemplo prático

Dois operadores relataram o mesmo ruído em uma esteira. Como ambos abriram solicitações com a mesma TAG e o mesmo sintoma, o sistema evitou a

duplicidade e o planejador tratou as duas como uma única demanda, ganhando tempo e clareza.

### **7.1.13 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho**

Na solicitação de serviço, a IA atua como um assistente que entende o que a pessoa quis dizer, mesmo quando ela não domina os termos técnicos.

- Exemplo 1 — A partir do texto ou da voz do solicitante, a IA sugere automaticamente a TAG, o sintoma padronizado e uma prioridade provável, transformando um relato informal em uma solicitação bem estruturada.
- Exemplo 2 — A IA identifica solicitações duplicadas ou relacionadas ao mesmo problema e as agrupa, evitando que o mesmo defeito gere várias ordens e que o esforço de triagem se multiplique.

As vantagens são solicitações de qualidade mesmo vindas de quem não é técnico e uma triagem muito mais leve. O paradigma muda de um formulário que depende inteiramente do solicitante para um assistente que interpreta, completa e organiza. O PCM passa a receber demandas mais limpas, e nenhuma necessidade real se perde por falta de palavras certas.

### **7.1.14 A cadeia da causa raiz começa aqui**

A investigação da causa raiz não nasce na execução; ela começa na solicitação. O primeiro elo da cadeia sintoma, defeito, causa e solução é justamente o sintoma, isto é, aquilo que uma pessoa observa: um ruído novo, uma vibração, um vazamento, uma queda de desempenho. Registrar bem o sintoma, em linguagem do próprio solicitante, com a TAG correta, o que se observou e quando começou, é o que torna possível, mais adiante, identificar o defeito, chegar à causa e definir a solução.

Um sintoma mal descrito compromete toda a investigação que vem depois. Por isso, a solicitação deve capturar o sintoma com clareza, sem exigir que o solicitante já saiba a causa, pois descobrir a causa é tarefa da equipe técnica, e não de quem apenas percebeu o problema. Este manual descreve e normatiza essa cadeia ao longo de todo o fluxo, da solicitação à conclusão da Ordem de Serviço.

## **7.2 Horímetros Web**

Nem toda demanda de manutenção nasce de uma pessoa que percebe um problema. Muitas vezes, o que dispara a manutenção é o simples passar do tempo de funcionamento do equipamento. É aí que entram os horímetros web.

**Quadro 4 — Síntese do bloco — Horímetros Web**

Item	Descrição
<b>Função principal</b>	Medir automaticamente as horas de funcionamento dos ativos.
<b>Entradas (de onde vem)</b>	Leitura contínua do horímetro conectado de cada equipamento.
<b>Processamento (o que faz)</b>	Compara as horas com os limites dos planos e dispara a preventiva por uso.
<b>Saídas (para onde vai)</b>	Abertura automática de O.S. preventiva; dados de tempo para o BI.
<b>Indicadores relacionados</b>	Base do MTBF e da disponibilidade; aderência da preventiva por horas.
<b>Normas relacionadas</b>	ISO 14224 e NBR 5462 (tempos e confiabilidade).
<b>Erro a evitar</b>	Confiar em leituras manuais e não revisar limites quando o regime muda.

Fonte: elaborado pelo autor.

### **7.2.1 O que é um horímetro**

Um horímetro é um contador de horas de funcionamento. Assim como o hodômetro de um carro conta quilômetros rodados, o horímetro conta quantas horas a máquina efetivamente operou. A palavra web indica que esse contador está conectado, enviando suas leituras automaticamente para o sistema, sem que alguém precise anotar o número em uma planilha.

### **7.2.2 Para que serve**

O horímetro serve para medir o desgaste pelo uso real, e não pelo calendário. Dois equipamentos idênticos comprados no mesmo dia podem ter desgastes muito diferentes se um operou o dobro de horas do outro. Planejar a manutenção pelas horas de funcionamento é mais justo e mais econômico do que planejar apenas pela data. É por isso que muitos planos preventivos são definidos em horas: trocar o óleo a cada quinhentas horas, revisar os rolamentos a cada duas mil horas, e assim por diante.

### **7.2.3 Como funciona dentro do SIGMA EAM**

O horímetro web alimenta o sistema com a contagem atualizada de horas de cada ativo. Quando a contagem atinge o limite definido em um plano de manutenção, o sistema entende que chegou o momento daquele serviço e dispara automaticamente a geração da Ordem de Serviço correspondente. Assim, a manutenção preventiva por horas deixa de depender da memória de alguém e passa a acontecer no momento certo.

Há um segundo papel, igualmente importante, ligado à gestão e ao monitoramento do tempo. As horas de funcionamento acumuladas são a base para calcular indicadores como o MTBF, que mede o tempo de operação entre falhas, e para apurar a disponibilidade real dos ativos. Por isso, no panorama, o horímetro não alimenta apenas a abertura de ordens; ele também alimenta a camada de inteligência, fornecendo a matéria-prima dos cálculos de tempo.

#### **7.2.4 Conexões no fluxo**

O horímetro web situa-se na camada de demanda, ao lado da solicitação de serviço e dos sensores. Ele converge, junto com esses outros canais, para a geração da Ordem de Serviço. Ao mesmo tempo, uma ligação dedicada o conecta ao Business Intelligence, representando o uso das horas no monitoramento do tempo e da disponibilidade.

#### **7.2.5 Exemplo prático**

Um compressor tem um plano de troca de óleo a cada quinhentas horas de operação. Em vez de alguém marcar no calendário uma data aproximada, o horímetro web informa ao sistema, em tempo real, quantas horas o compressor já rodou. Ao alcançar as quinhentas horas, o sistema gera sozinho a O.S. de troca de óleo e notifica a equipe. O serviço acontece no ponto exato do desgaste, nem antes, desperdiçando óleo bom, nem depois, arriscando danos.

#### **7.2.6 Erros comuns e boas práticas**

Um erro grave é confiar em leituras manuais esporádicas, sujeitas a esquecimento e a erro de digitação. A virtude do horímetro web é justamente a leitura automática e contínua. Outra falha é não revisar os limites dos planos quando o regime de operação muda; se a máquina passa a operar muito mais horas, os intervalos em horas continuam corretos, mas a frequência de serviços aumentará, e a equipe precisa estar preparada. Como boa prática, mantenha os horímetros calibrados e confira periodicamente se as leituras enviadas fazem sentido frente ao regime de produção.

#### **7.2.7 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença**

Vale distinguir com clareza dois tempos que costumam ser confundidos: o tempo de calendário e o tempo de uso. Um equipamento pode ter sido comprado há cinco anos, mas só ter operado o equivalente a um ano de funcionamento efetivo.

Planejar pela data ignora essa diferença; planejar pelo horímetro a respeita. Por isso, muitos planos modernos são mistos: disparam pelo que vier primeiro, seja um intervalo de tempo, seja um número de horas.

Essa lógica do que vier primeiro protege contra os dois extremos. Um equipamento muito usado recebe manutenção pelas horas, antes que o calendário o alcançaria; um equipamento pouco usado recebe manutenção pelo tempo, evitando que óleos e vedações envelheçam parados. O horímetro web é o que torna esse refinamento possível sem trabalho manual.

### 7.2.8 Esquema funcional do bloco

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

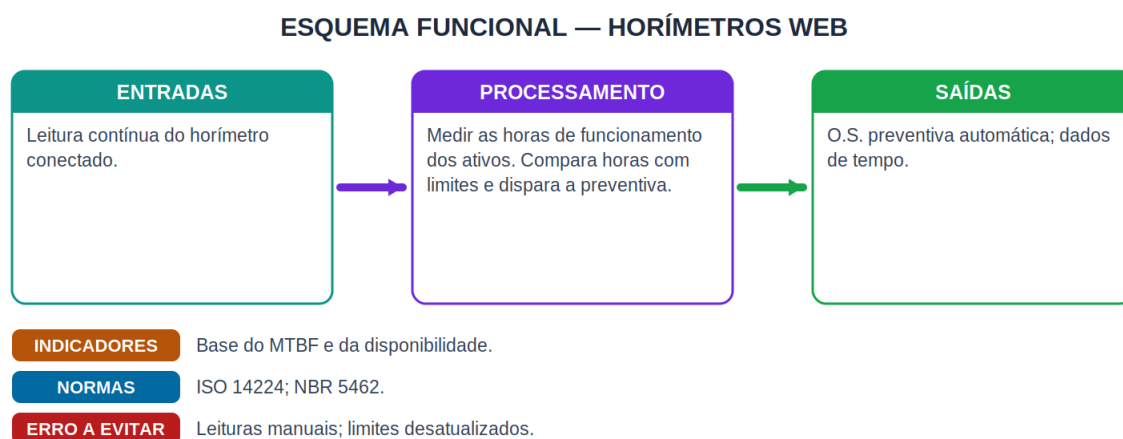


Figura 23 — Esquema funcional do bloco Horímetros Web: entradas, processamento e saídas. Fonte: elaborado pelo autor.

### 7.2.9 Exemplo aplicado

Uma frota de empilhadeiras tinha as trocas de óleo marcadas por data, o que levava algumas a trocar cedo demais e outras tarde demais. Com horímetros web, cada empilhadeira passou a gerar a ordem exatamente ao atingir as horas previstas. O consumo de óleo caiu e as falhas por lubrificação vencida praticamente desapareceram.

### 7.2.10 Passo a passo no SIGMA EAM

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:

### FLUXO DE TRABALHO — Horímetros Web



Figura 24 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Integrar o horímetro do ativo ao sistema.
- Passo 2 — Definir o plano preventivo em horas de funcionamento.
- Passo 3 — Deixar o sistema disparar a ordem ao atingir o limite.
- Passo 4 — Conferir periodicamente a coerência das leituras.
- Passo 5 — Revisar os limites quando o regime de uso mudar.

#### **7.2.11 Indicadores e metas do bloco**

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente o MTBF, a disponibilidade e a aderência da preventiva por horas. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores de forma confiável, com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

#### **7.2.12 Outro exemplo prático**

Uma prensa pouco usada em um mês não atingiu as horas previstas, e o sistema, corretamente, não disparou a preventiva, evitando uma intervenção desnecessária. No mês seguinte, com uso intenso, a ordem foi gerada antes da data do calendário. A manutenção seguiu o uso real, e não o relógio.

#### **7.2.13 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho**

Com os horímetros, a IA deixa de apenas reagir a um limite e passa a prever o futuro do uso de cada ativo.

- Exemplo 1 — A IA projeta quando o equipamento atingirá as horas previstas, considerando o ritmo real de uso, e antecipa o planejamento da preventiva para o momento mais conveniente, em vez de esperar o gatilho disparar de surpresa.

- Exemplo 2 — A IA detecta leituras incoerentes, como saltos impossíveis no horímetro, sinalizando um sensor com defeito antes que ele gere preventivas erradas.

As vantagens são a preventiva no momento ótimo e dados em que se pode confiar. O paradigma evolui de um gatilho fixo por horas para uma previsão dinâmica do melhor instante de intervir. Para o planejador, isso significa parar de ser pego de surpresa e passar a enxergar a manutenção chegando, com tempo para se preparar.

### 7.3 Sensores IoT e Abertura Automática de O.S.

O terceiro canal de demanda é o mais moderno e o que mais aproxima a manutenção da Indústria 4.0: os sensores conectados, que abrem ordens de serviço sozinhos quando detectam que algo está fora do normal.

**Quadro 5 — Síntese do bloco — Sensores IoT e Abertura Automática**

Item	Descrição
<b>Função principal</b>	Monitorar a condição do ativo e abrir O.S. automaticamente por condição.
<b>Entradas (de onde vem)</b>	Medições de vibração, temperatura, corrente e horas dos sensores.
<b>Processamento (o que faz)</b>	Compara a medição com limites e gera O.S. quando há condição de alerta.
<b>Saídas (para onde vai)</b>	O.S. automática por condição; dados para a inteligência artificial.
<b>Indicadores relacionados</b>	Antecedência de detecção; redução de falhas não planejadas.
<b>Normas relacionadas</b>	ISO 14224 (dados de condição); conceito de Indústria 4.0.
<b>Erro a evitar</b>	Limites mal calibrados e alertas sem responsável definido.

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 7.3.1 O que é IoT

A sigla IoT significa Internet das Coisas. Ela designa objetos físicos equipados com sensores e conexão, capazes de coletar e transmitir dados sobre si mesmos e sobre o ambiente. No contexto da manutenção, são sensores instalados nos equipamentos que medem grandezas como vibração, temperatura, corrente elétrica e horas de funcionamento, enviando essas medições continuamente ao sistema.

#### 7.3.2 Para que serve

Os sensores servem para enxergar o que o olho humano não vê e para vigiar o equipamento vinte e quatro horas por dia, sem cansaço. Uma elevação gradual de temperatura, uma vibração crescente ou um aumento de corrente costumam anteceder uma falha. Detectar esses sinais cedo permite agir antes da quebra,

transformando uma parada não planejada e cara em uma intervenção planejada e barata. Essa é a essência da manutenção preditiva e sob condição.

### **7.3.3 Como funciona a abertura automática**

Quando a medição de um sensor ultrapassa um limite previamente definido, o sistema interpreta isso como uma condição de alerta e abre automaticamente uma Ordem de Serviço, sem esperar que alguém perceba o problema. Por exemplo, se a vibração de um motor ultrapassa o valor considerado seguro, o sistema gera a O.S. e notifica a equipe. A abertura automática por condição é o que diferencia esse canal: a demanda nasce do próprio equipamento.

No panorama, os sensores IoT compartilham a função de aquisição de dados de campo com os horímetros web. Ambos convergem para a geração da Ordem de Serviço. Os sensores também alimentam, mais adiante, a inteligência artificial, que aprende com os padrões dos dados para prever falhas com antecedência ainda maior.

### **7.3.4 Conexões no fluxo**

Esse bloco recebe dados do equipamento e os transforma em demanda de manutenção, alimentando a geração da O.S. Recebe também, pela linha de realimentação, orientações da inteligência artificial, que pode ajustar limites e antecipar intervenções com base em padrões aprendidos. É um bloco que tanto provoca ação quanto se aperfeiçoa com o tempo.

### **7.3.5 Exemplo prático**

Um sensor de vibração monitora um ventilador industrial. Durante semanas, a vibração se mantém estável. Em determinado dia, ela começa a subir lentamente, indicando um possível desbalanceamento ou desgaste de rolamento. Ao cruzar o limite seguro, o sistema abre sozinho uma O.S. de inspeção, classificada com prioridade adequada, e notifica o planejador. A equipe intervém em uma parada programada, troca o rolamento e evita que o ventilador trave em plena produção.

### **7.3.6 Erros comuns e boas práticas**

O erro mais comum é definir limites mal calibrados: se forem muito sensíveis, o sistema abre ordens demais por alarmes falsos, gerando descrédito; se forem frouxos, deixa passar falhas reais. Outro erro é instalar sensores sem um plano de ação para os alertas; um sensor que ninguém atende é dinheiro desperdiçado. Como boa prática, comece monitorando os equipamentos mais críticos, ajuste os limites com

base no histórico real e garanta que todo alerta tenha um responsável e um procedimento de resposta.

### 7.3.7 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença

Para entender o valor dos sensores, é útil conhecer a ideia do intervalo entre o primeiro sinal detectável de falha e a falha funcional. Existe um período, às vezes curto, às vezes longo, em que a falha já começou a se manifestar de forma mensurável, mas o equipamento ainda funciona. Os sensores ampliam a nossa capacidade de enxergar nesse intervalo: quanto mais cedo o sinal é detectado, mais tempo a equipe tem para planejar a intervenção com calma.

O desafio está em equilibrar falsos positivos e falsos negativos. Um sistema sensível demais grita o tempo todo e perde credibilidade; um sistema frouxo demais deixa passar falhas reais. A saída é começar pelos ativos críticos, calibrar os limites com base no comportamento histórico de cada um e revisar esses limites à medida que se aprende. O sensor é uma ferramenta de aprendizado contínuo, não um ajuste único.

### 7.3.8 Esquema funcional do bloco

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

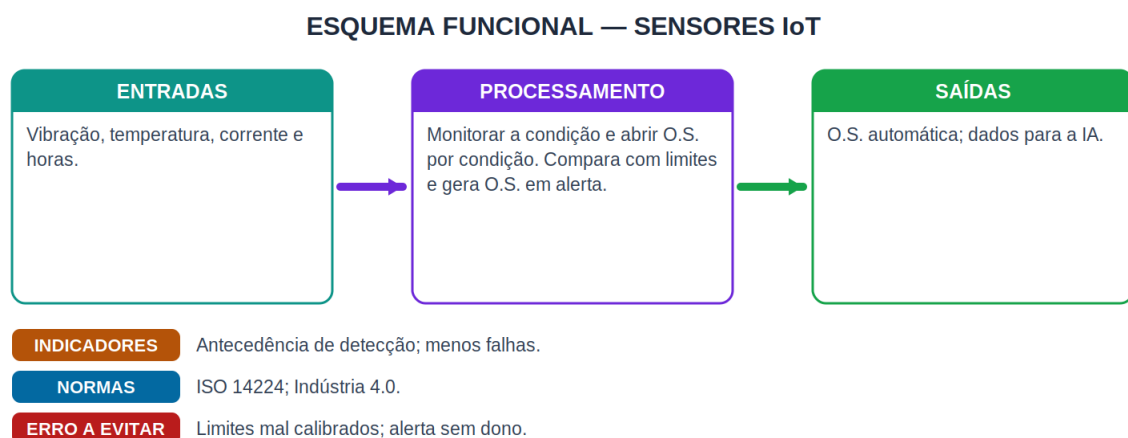


Figura 25 — Esquema funcional do bloco Sensores IoT: entradas, processamento e saídas. Fonte: elaborado pelo autor.

### 7.3.9 Exemplo aplicado

Um sensor de temperatura em um mancal de exaustor registrou subida gradual ao longo de dez dias. Ao cruzar o limite, o sistema abriu a ordem e a equipe trocou o

rolamento numa parada programada de vinte minutos, evitando a quebra que, semanas antes em outro exaustor, custara seis horas de linha parada.

### 7.3.10 Passo a passo no SIGMA EAM

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:

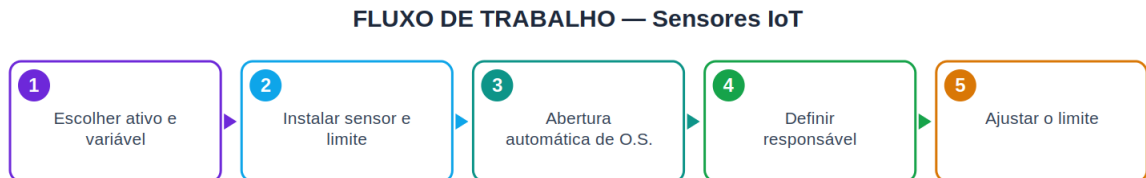


Figura 26 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Selecionar o ativo crítico e a variável a monitorar.
- Passo 2 — Instalar o sensor e definir o limite de alerta.
- Passo 3 — Configurar a abertura automática de ordem.
- Passo 4 — Definir o responsável e o procedimento de resposta.
- Passo 5 — Ajustar o limite com base no histórico real.

### 7.3.11 Indicadores e metas do bloco

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente a antecedência de detecção e a redução das falhas não planejadas. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores de forma confiável, com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

### 7.3.12 Outro exemplo prático

Um sensor de corrente em um motor detectou um padrão anormal na partida. A ordem preventiva revelou um princípio de problema no acoplamento; corrigido cedo, evitou-se a queima do motor, cujo custo de troca seria muitas vezes maior que o do reparo.

### 7.3.13 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho

É nos sensores que a inteligência artificial mostra toda a sua força, transformando dados brutos em diagnóstico.

- Exemplo 1 — A IA combina várias variáveis ao mesmo tempo, vibração, temperatura e corrente, para inferir o modo de falha mais provável, indicando não apenas que algo está errado, mas o que provavelmente está acontecendo.
- Exemplo 2 — A IA aprende a assinatura normal de cada ativo e detecta desvios sutis, ainda dentro dos limites tradicionais, antecipando a falha muito antes de um alarme fixo disparar.

As vantagens são uma detecção mais cedo, mais precisa e com menos alarmes falsos. O paradigma muda de limites fixos definidos por uma pessoa para anomalias aprendidas pelo próprio ativo, e de simplesmente monitorar para diagnosticar. Aqui, a IA alarga a janela da curva P-F, que é, no fim, o que separa uma parada planejada de uma quebra cara.

#### 7.4 Geração e Alimentação da Ordem de Serviço

Os três canais de demanda, a solicitação humana, o horímetro e o sensor, desaguam todos em um mesmo ponto central: a geração da Ordem de Serviço. Este é um dos blocos mais importantes do panorama, porque é nele que a necessidade vira trabalho rastreável.

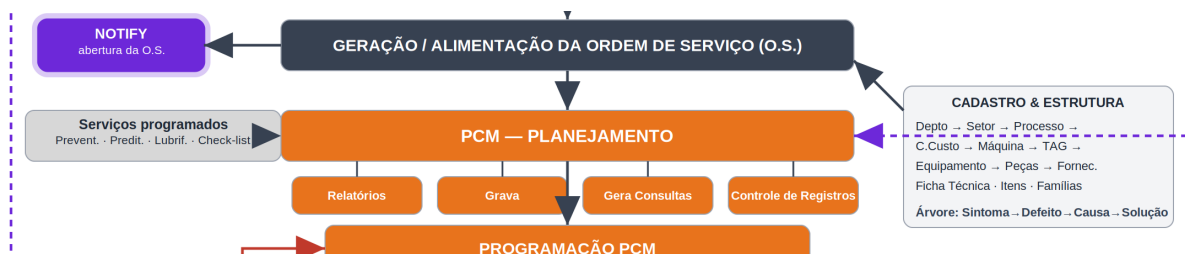


Figura 27 — Geração e alimentação da O.S., apoiada pela estrutura de cadastro dos ativos. Fonte: elaborado pelo autor.

#### Quadro 6 — Síntese do bloco — Geração da Ordem de Serviço

Item	Descrição
<b>Função principal</b>	Transformar a demanda em uma Ordem de Serviço rastreável e contextualizada.
<b>Entradas (de onde vem)</b>	Demanda dos três canais e dados do cadastro e estrutura do ativo.
<b>Processamento (o que faz)</b>	Cria a O.S. já vinculada a setor, centro de custo, ficha técnica e peças.
<b>Saídas (para onde vai)</b>	O.S. encaminhada ao planejamento; notificação de abertura.
<b>Indicadores relacionados</b>	Custo por O.S., quantidade por tipo, qualidade do preenchimento.
<b>Normas relacionadas</b>	ISO 55001 (gestão por ativo e custo); NBR 5462.
<b>Erro a evitar</b>	Gerar O.S. sem cadastro adequado e duplicar ordens.

Fonte: elaborado pelo autor.

#### **7.4.1 O que é a Ordem de Serviço**

A Ordem de Serviço, abreviada como O.S., é o documento central da manutenção. Ela representa um trabalho a ser feito e concentra tudo o que diz respeito a ele: o equipamento, o problema, o que será executado, quem executará, as horas gastas, as peças utilizadas, o custo e o resultado. Se a SS é o pedido, a O.S. é a ordem propriamente dita, o documento que autoriza e organiza a execução e que, ao final, guarda o registro do que aconteceu.

#### **7.4.2 Por que ela é o coração do sistema**

Praticamente tudo no EAM gira em torno da O.S. É a partir dela que se mede o trabalho, se apuram os custos, se calculam os indicadores e se constrói o histórico do ativo. Uma O.S. bem preenchida é uma fonte rica de informação; uma O.S. mal preenchida empobrece todo o sistema. Por isso o bloco de geração é tão cuidadoso: ele reúne, de uma só vez, a demanda e os dados de cadastro que dão contexto ao trabalho.

#### **7.4.3 Como funciona a alimentação**

Gerar a O.S. não é apenas abrir um número. É alimentá-la com informações que vêm de duas direções. De cima, chega a demanda, com o sintoma e a TAG. Da lateral, chega a estrutura de cadastro: a qual setor, processo e centro de custo o equipamento pertence, qual a sua ficha técnica, quais peças ele utiliza e qual a árvore de intervenções aplicável. Ao reunir tudo isso, a O.S. nasce contextualizada, sabendo onde será feita, em que ativo, com que recursos e dentro de qual lógica de custos.

Essa alimentação cruzada é o que permite, por exemplo, que o custo do serviço seja automaticamente atribuído ao centro de custo correto, ou que o sistema já sugira as peças típicas daquele equipamento. Sem o cadastro por trás, a O.S. seria apenas um pedaço de papel digital; com ele, torna-se um instrumento de gestão.

O esquema a seguir mostra os estados pelos quais uma Ordem de Serviço costuma passar.

## CICLO DE VIDA DA ORDEM DE SERVIÇO

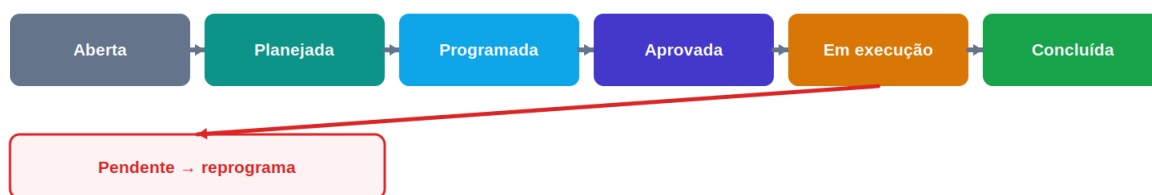


Figura 28 — Ciclo de vida da Ordem de Serviço. Fonte: elaborado pelo autor.

### 7.4.4 Conexões no fluxo

A geração da O.S. recebe a demanda dos três canais e os dados do bloco de cadastro e estrutura. Em seguida, encaminha a O.S. para o planejamento. Dispara também as notificações de abertura e fica disponível para o acompanhamento posterior. É, portanto, um ponto de convergência e de distribuição ao mesmo tempo.

### 7.4.5 Exemplo prático

Uma SS de vazamento em uma bomba chega ao bloco de geração. O sistema busca, no cadastro, que aquela bomba pertence ao setor de utilidades, ao processo de bombeamento, a um determinado centro de custo, e que sua ficha técnica lista vedações e rolamentos específicos. A O.S. é gerada já com esse contexto: o planejador, ao abri-la, encontra não só o sintoma relatado, mas também o histórico do ativo e as peças prováveis. O trabalho de planejar começa muito mais adiantado.

### 7.4.6 Erros comuns e boas práticas

O principal erro é gerar ordens sem cadastro adequado por trás, o que produz O.S. pobres, sem custo atribuído e sem histórico aproveitável. Outro é duplicar ordens para um mesmo problema, inflando artificialmente a demanda. Como boa prática, mantenha o cadastro completo antes de operar o fluxo, e configure o sistema para alertar sobre possíveis duplicidades. A qualidade da O.S. gerada é o teto da qualidade de tudo o que vem depois.

### 7.4.7 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença

Na geração, é importante perceber que existem diferentes naturezas de O.S.: a corretiva, que responde a uma falha; a preventiva, que cumpre um plano; a preditiva, que responde a uma condição; e a de melhoria, que implementa uma modificação. Classificar corretamente a O.S. desde o nascimento é o que permite, depois, medir

quanto do esforço foi gasto em cada tipo, um dos retratos mais reveladores da maturidade da manutenção.

Cada O.S. carrega também um ciclo de estados, do aberto ao planejado, programado, em execução, concluído ou cancelado. Acompanhar esses estados é o que dá visibilidade ao fluxo e alimenta o follow-up. Uma numeração única e a preservação desse ciclo são o que garantem a rastreabilidade: a capacidade de reconstruir, a qualquer momento, a história completa de um trabalho.

#### **7.4.8 Abertura de O.S. com identificação facial e voz**

A abertura da Ordem de Serviço é um momento em que a identificação por face e por voz traz ganhos imediatos. Antes, era comum que ordens fossem abertas em nome genérico, a partir de um terminal logado por qualquer pessoa, ou por quem dispunha da senha do setor. Não se sabia, com segurança, quem havia originado a demanda, o que abria espaço tanto para erros de atribuição quanto para registros indevidos, como ordens abertas sem necessidade real.

Com a identificação facial, a autoria da abertura torna-se inequívoca: o sistema sabe exatamente quem abriu a ordem, vinculando o evento a uma pessoa real, com data e hora. Com o lançamento por voz, a abertura ganha agilidade no campo. Diante do equipamento, o profissional pode dizer algo como abrir ordem para a bomba dois, vazamento na vedação, e o sistema cria a ordem já com a TAG, o sintoma e o autor, sem que ele precise voltar a um computador. O resultado é uma abertura mais rápida, mais confiável e plenamente rastreável, o que melhora a qualidade da informação desde o nascimento da ordem.

#### **7.4.9 Esquema funcional do bloco**

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

## ESQUEMA FUNCIONAL — GERAÇÃO DA O.S.

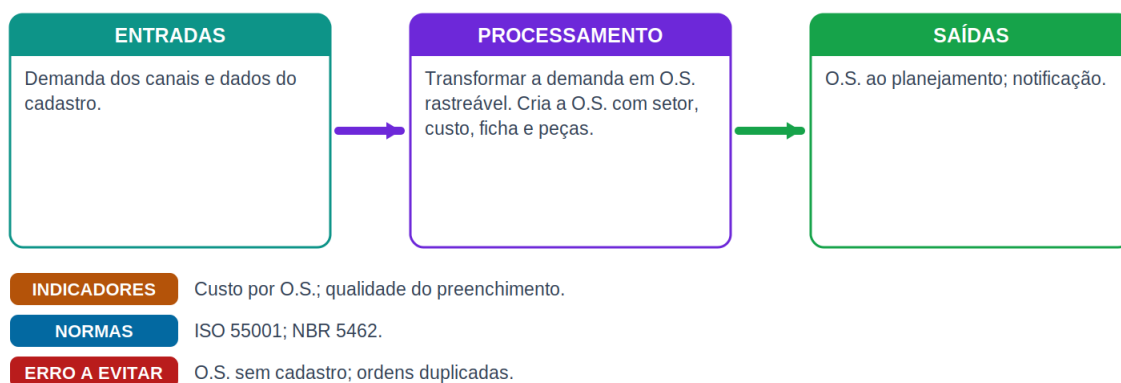


Figura 29 — Esquema funcional do bloco Geração da O.S.: entradas, processamento e saídas. Fonte: elaborado pelo autor.

### 7.4.10 Exemplo aplicado

Ao gerar a ordem de um redutor, o sistema já trouxe o centro de custo, a ficha técnica e as peças prováveis. O planejador percebeu, no próprio nascimento da ordem, que aquele redutor já tivera duas intervenções no semestre, e a classificou como candidata a uma análise de causa raiz, antes mesmo de planejar o reparo.

### 7.4.11 Passo a passo no SIGMA EAM

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:

#### FLUXO DE TRABALHO — Geração da O.S.



Figura 30 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Receber a demanda de um dos canais.
- Passo 2 — Confirmar a TAG e o tipo de ordem.
- Passo 3 — Conferir o contexto trazido do cadastro.
- Passo 4 — Verificar se já não há ordem aberta para o mesmo problema.
- Passo 5 — Encaminhar a ordem ao planejamento.

### 7.4.12 Indicadores e metas do bloco

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente o custo por O.S., a quantidade por tipo e a qualidade do preenchimento. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses

indicadores de forma confiável, com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

#### **7.4.13 Outro exemplo prático**

Ao gerar a ordem de um equipamento recém-cadastrado, o sistema sinalizou que faltava a ficha técnica. O planejador completou o cadastro ali mesmo, e a ordem nasceu completa. O próprio fluxo foi, assim, melhorando a qualidade do cadastro.

#### **7.4.14 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho**

Na geração da Ordem de Serviço, a IA faz a ordem nascer mais inteligente, aproveitando tudo o que o sistema já viu antes.

- Exemplo 1 — Ao abrir a O.S., a IA sugere o plano, as peças prováveis e o tempo estimado, com base em centenas de ordens semelhantes já executadas naquele tipo de ativo.
- Exemplo 2 — A IA estima a prioridade e o impacto da ordem e sinaliza, logo na abertura, os casos candidatos a uma análise de causa raiz, por reincidência ou por padrão de risco.

As vantagens são ordens que nascem mais completas, mais bem priorizadas e prontas para um bom planejamento. O paradigma desloca-se de uma O.S. preenchida do zero, à mão, para uma O.S. pré-preenchida com a inteligência acumulada da operação. O planejador deixa de partir de uma folha em branco e passa a partir de um rascunho qualificado.

### **7.5 Notify (Notificações)**

Um sistema de manutenção só é eficaz se a informação certa chega à pessoa certa no momento certo. O bloco Notify cuida exatamente disso: é o mensageiro automático do SIGMA EAM.

**Quadro 7 — Síntese do bloco — Notify (Notificações)**

<b>Item</b>	<b>Descrição</b>
<b>Função principal</b>	Levar a informação certa à pessoa certa no momento certo.
<b>Entradas (de onde vem)</b>	Eventos da O.S.: abertura, mudança de status, conclusão e pendência.
<b>Processamento (o que faz)</b>	Dispara avisos por aplicativo, e-mail ou push, conforme o perfil.

<b>Saídas (para onde vai)</b>	Notificações que aceleram a reação e sustentam o follow-up.
<b>Indicadores relacionados</b>	Tempo de reação a eventos; cumprimento de prazos.
<b>Normas relacionadas</b>	Boas práticas de comunicação e de gestão de níveis de serviço (SLA).
<b>Erro a evitar</b>	Excesso de avisos e destinatários indefinidos.

Fonte: elaborado pelo autor.

### **7.5.1 O que é o Notify**

Notify é o conjunto de notificações automáticas que o sistema envia diante de eventos relevantes. Essas mensagens podem chegar por diferentes meios: um aviso no próprio aplicativo, uma mensagem por correio eletrônico ou uma notificação instantânea no celular. O princípio é simples: quando acontece algo que alguém precisa saber, o sistema avisa, sem depender de que essa pessoa fique consultando telas o tempo todo.

### **7.5.2 Para que serve**

A notificação combate o maior inimigo silencioso da manutenção, que é o tempo perdido entre o evento e a reação. Quando uma O.S. é aberta, a equipe precisa saber imediatamente; quando um serviço fica pendente, o responsável precisa ser lembrado; quando algo é concluído, o solicitante merece um retorno. O Notify reduz esses intervalos, acelerando todo o fluxo e melhorando a comunicação entre quem pede, quem planeja e quem executa.

### **7.5.3 Como funciona dentro do SIGMA EAM**

O Notify atua em vários pontos do panorama. Na abertura da O.S., avisa que um novo trabalho entrou na fila. Durante a execução, comunica mudanças de status, conclusões e pendências. Ele se conecta de forma natural ao aplicativo móvel, levando os avisos diretamente para o bolso do mantenedor, e ao bloco de follow-up, sustentando o acompanhamento dos serviços. Cada notificação é, na prática, um pequeno gatilho que mantém o processo em movimento.

### **7.5.4 Conexões no fluxo**

As notificações partem de eventos da O.S., tanto na geração quanto na execução, e chegam às pessoas envolvidas. No panorama, o Notify aparece próximo à geração da O.S. e à execução, e dialoga com o aplicativo móvel e com o follow-up, formando, junto com eles, o sistema nervoso da comunicação.

### **7.5.5 Exemplo prático**

Uma O.S. de prioridade alta é aberta por um sensor. No mesmo instante, o técnico de plantão recebe uma notificação no celular, com o equipamento, o sintoma e a prioridade. Ele se desloca imediatamente. Ao concluir, o sistema notifica o supervisor e o solicitante original. Ninguém precisou ligar para ninguém; a informação circulou sozinha, no ritmo do evento.

### **7.5.6 Erros comuns e boas práticas**

O erro mais comum é o excesso de notificações, que leva as pessoas a ignorá-las por saturação. O equilíbrio está em notificar o que é relevante para cada perfil, evitando ruído. Outro erro é não definir destinatários claros, fazendo com que avisos importantes não cheguem a ninguém em particular. Como boa prática, configure notificações por perfil e por criticidade, garantindo que cada pessoa receba apenas o que lhe diz respeito e que todo evento crítico tenha um destinatário responsável.

### **7.5.7 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença**

Um conceito útil ligado às notificações é o do escalonamento. Quando um aviso importante não é atendido em um prazo, o sistema pode elevá-lo a um nível superior, avisando o supervisor e depois o gestor. Esse mecanismo evita que eventos críticos fiquem esquecidos por ausência ou sobrecarga de uma única pessoa. O escalonamento transforma a notificação de um simples aviso em uma rede de segurança.

O outro lado da moeda é a fadiga de alerta. Quando as pessoas recebem avisos demais, passam a ignorá-los, inclusive os importantes. A solução não é notificar menos por menos, mas notificar com inteligência: por perfil, por criticidade e com escalonamento. Um sistema de notificação bem ajustado é silencioso na maior parte do tempo e barulhento apenas quando realmente importa.

### **7.5.8 Esquema funcional do bloco**

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

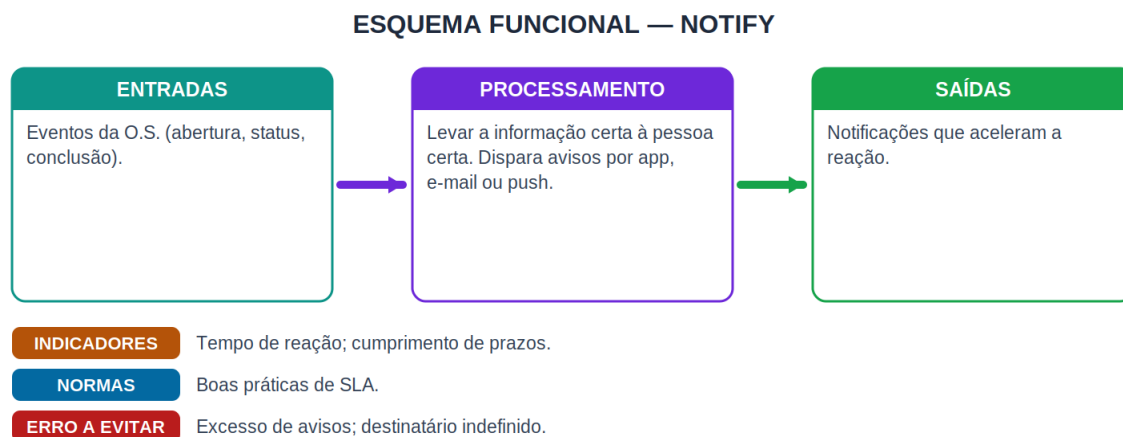


Figura 31 — Esquema funcional do bloco Notify: entradas, processamento e saídas. Fonte: elaborado pelo autor.

### 7.5.9 Exemplo aplicado

Numa madrugada, um sensor abriu uma ordem de prioridade alta em uma caldeira. O Notify avisou o plantonista no celular; como não houve leitura em quinze minutos, o aviso foi escalado para o supervisor. A intervenção começou meia hora antes do que começaria sem o aviso, evitando o desarme da caldeira e a parada da produção.

#### 7.5.10 Passo a passo no SIGMA EAM

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:

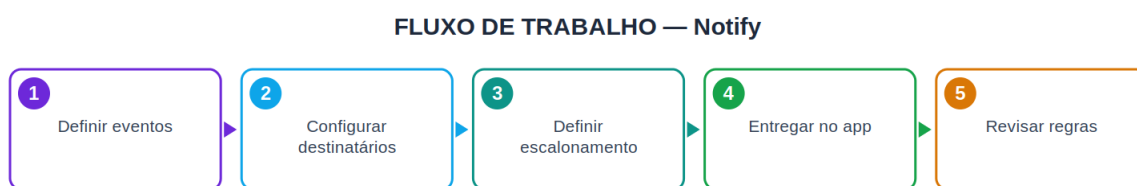


Figura 32 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Definir os eventos que geram notificação.
- Passo 2 — Configurar destinatários por perfil e por criticidade.
- Passo 3 — Definir prazos e regras de escalonamento.
- Passo 4 — Entregar os avisos no aplicativo do responsável.
- Passo 5 — Revisar as regras para evitar excesso de alertas.

#### 7.5.11 Indicadores e metas do bloco

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente o tempo de reação aos eventos e o cumprimento de prazos. No início

da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores de forma confiável, com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

#### **7.5.12 Outro exemplo prático**

Em uma fábrica com vários turnos, o Notify passou a avisar o turno entrante sobre as pendências deixadas pelo turno anterior. A troca de turno, antes uma fonte de informação perdida, transformou-se em uma passagem de bastão organizada.

#### **7.5.13 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho**

No Notify, a IA combate um problema crônico das notificações: o excesso, que leva as pessoas a ignorá-las.

- Exemplo 1 — A IA decide o destinatário e a urgência ideais de cada aviso, roteando a informação para quem realmente precisa agir, e suprimindo o ruído que gera fadiga de alarme.
- Exemplo 2 — A IA prevê o risco de uma ordem estourar o prazo e antecipa o alerta, avisando antes do problema, e não depois.

As vantagens são avisos relevantes, no momento certo, para a pessoa certa. O paradigma muda de uma notificação por regra fixa para uma notificação contextual e preditiva. Em vez de afogar a equipe em alertas, o sistema passa a cutucar, com precisão, apenas quando vale a pena, recuperando a credibilidade do aviso.

### **7.6 Guia de Diagnóstico por Sintoma**

Este guia ajuda o planejador e o mantenedor a partir de um sintoma observado em direção às causas mais prováveis e às primeiras ações. Ele não substitui a análise técnica nem o manual do fabricante, mas organiza o raciocínio e alimenta a árvore de intervenções. Em todos os casos, o registro do que se observou, idealmente por voz e com fotos, no momento, é o que torna o diagnóstico possível.

#### **7.6.1 Vibração excessiva**

A vibração acima do normal costuma indicar desbalanceamento, desalinhamento, folga mecânica ou desgaste de rolamentos. As primeiras ações são medir a vibração no ponto, comparar com o histórico do ativo e inspecionar fixações

e acoplamentos. Quando há sensores, a evolução da vibração ao longo do tempo, e não apenas o valor de um instante, é o que melhor aponta a gravidade e a urgência.

### **7.6.2 Aquecimento anormal**

O aquecimento de mancais, motores ou painéis pode vir de lubrificação insuficiente, sobrecarga, problemas elétricos ou refrigeração deficiente. Recomenda-se verificar a lubrificação e a carga, medir a temperatura com o histórico em mãos e inspecionar a ventilação. O aquecimento é, muitas vezes, um sinal precoce valioso: detectado cedo, dá tempo de agir antes da falha.

### **7.6.3 Ruído anormal**

Ruídos novos ou diferentes são uma linguagem que o equipamento usa para avisar. Batidas podem indicar folgas ou componentes soltos; assobios, vazamentos ou cavitação; rangidos, atrito por falta de lubrificação. A ação inicial é localizar a origem do ruído, descrevê-lo com precisão e relacioná-lo a mudanças recentes de operação. O bom registro do ruído ajuda a comparar e a aprender ao longo do tempo.

### **7.6.4 Vazamentos**

Vazamentos de óleo, água, ar comprimido ou produto apontam para vedações desgastadas, conexões soltas ou pressão acima do previsto. Além de corrigir o ponto, vale investigar a causa: uma vedação que vaza cedo pode indicar pressão inadequada ou montagem incorreta. Vazamentos pequenos, ignorados, costumam crescer e se tornar falhas caras, além de questões de segurança e meio ambiente.

### **7.6.5 Queda de desempenho**

Quando o equipamento opera, mas entrega menos do que deveria, as causas frequentes são desgaste progressivo, sujeira ou incrustação, ajustes fora do ponto ou problemas de alimentação. A investigação começa comparando o desempenho atual com o histórico e verificando limpeza, ajustes e condições de entrada. A queda gradual de desempenho é um clássico caso em que a curva P-F se aplica: há tempo de agir, se houver atenção.

### **7.6.6 Partidas difíceis e desarmes**

Dificuldade para partir ou desarmes frequentes apontam para problemas elétricos, proteções atuando corretamente diante de uma sobrecarga, ou desgaste mecânico que aumenta o esforço de partida. A ação é analisar o padrão dos desarmes, verificar as proteções e a carga, e consultar o histórico de ocorrências

semelhantes. Desarmes não são apenas um incômodo; são o sistema de proteção avisando que algo está fora do normal.

#### ***7.6.7 Consumo elevado de energia***

Um aumento no consumo de energia, sem aumento de produção, sinaliza ineficiência: atrito excessivo, desalinhamento, incrustação ou componentes desgastados. Monitorar o consumo, quando possível, é uma forma indireta e poderosa de detectar problemas mecânicos antes que se tornem falhas. A ação inicial é correlacionar o consumo com a produção e com o histórico de manutenção do ativo. Este capítulo mostrou que a demanda de manutenção pode nascer de diferentes fontes, mas todas precisam convergir para um fluxo organizado e rastreável. Solicitações humanas, horímetros, sensores, geração de ordens e notificações formam, juntos, a porta de entrada operacional do sistema. Quando essa entrada funciona bem, o planejamento recebe demandas melhores, a priorização se torna mais justa e a manutenção reage com mais rapidez e precisão.

## 8 PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E RECURSOS

Depois que a demanda é transformada em ordem de serviço, começa a etapa em que o PCM realmente organiza a execução. Este capítulo trata justamente desse núcleo da gestão da manutenção: como planejar o trabalho, como distribuí-lo no tempo, como validar prioridades e como garantir que pessoas, materiais e condições estejam disponíveis no momento certo. Em outras palavras, é aqui que a manutenção deixa de ser apenas intenção e passa a ser preparada para acontecer com método, segurança e eficiência.

### 8.1 Serviços Programados

Nem toda atividade de manutenção nasce de uma falha ou de um imprevisto. Uma parte importante do trabalho deve surgir de planos previamente definidos, construídos para reduzir riscos, preservar a confiabilidade dos ativos e evitar intervenções emergenciais. É exatamente isso que caracteriza os serviços programados: tarefas previstas com antecedência, recorrentes e organizadas dentro de uma lógica de prevenção, inspeção e controle.

**Quadro 8 — Síntese do bloco — Serviços Programados**

Item	Descrição
<b>Função principal</b>	Abastecer o planejamento com trabalho previsível e recorrente.
<b>Entradas (de onde vem)</b>	Planos de preventiva, preditiva, lubrificação e check-lists.
<b>Processamento (o que faz)</b>	Dispara as rotinas nas frequências definidas, por tempo ou condição.
<b>Saídas (para onde vai)</b>	Ordens programadas que entram no planejamento.
<b>Indicadores relacionados</b>	Relação entre trabalho programado e reativo; cumprimento dos planos.
<b>Normas relacionadas</b>	NBR 5462; conceitos de RCM (manutenção centrada em confiabilidade).
<b>Erro a evitar</b>	Planos desatualizados e carga acima da capacidade da equipe.

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 8.1.1 O que são serviços programados

Serviços programados são intervenções planejadas para ocorrer de acordo com uma frequência conhecida ou com critérios previamente definidos. Diferentemente das ordens que surgem da urgência do dia a dia, esses serviços entram no fluxo de forma previsível e ajudam o PCM a manter o controle da carga de trabalho. No contexto

deste livro, eles incluem principalmente manutenção preventiva, manutenção preditiva, rotas de lubrificação e check-lists de inspeção.

### **8.1.2 Manutenção preventiva**

A preventiva, como já visto na fundamentação, é a manutenção feita por tempo ou por uso, antes que a falha aconteça. No sistema, ela é configurada como planos que disparam ordens em intervalos definidos, seja por calendário, seja por horas de horímetro. Sua virtude é a previsibilidade: a equipe sabe de antemão o que terá pela frente e pode se organizar.

### **8.1.3 Manutenção preditiva**

A preditiva é a manutenção sob condição, baseada em medições. No bloco de serviços programados, ela aparece como rotinas de medição e análise, como coleta de vibração ou termografia, que se repetem periodicamente. Quando a medição indica risco, a intervenção é antecipada. A preditiva conversa diretamente com os sensores IoT: a diferença é que aqui a coleta pode ser programada e executada por uma pessoa, enquanto no sensor ela é contínua e automática.

### **8.1.4 Lubrificação**

A lubrificação é tratada como uma categoria própria por sua importância e frequência. Lubrificar no ponto certo, com o lubrificante certo, na quantidade certa e no intervalo certo é uma das formas mais baratas e eficazes de prolongar a vida dos ativos. O sistema organiza rotas de lubrificação, define os pontos e os lubrificantes e programa as recorrências, evitando tanto a falta quanto o excesso de lubrificante, ambos prejudiciais.

### **8.1.5 Check-list de inspeções**

O check-list é uma lista estruturada de verificações que o inspetor percorre, ponto a ponto, registrando a condição encontrada. Ele padroniza a inspeção, garante que nada importante seja esquecido e gera dados comparáveis ao longo do tempo. Quando uma verificação acusa anomalia, ela pode gerar automaticamente uma nova demanda de manutenção.

### **8.1.6 Conexões no fluxo**

Os serviços programados entram pela lateral do planejamento, abastecendo-o com trabalho previsível. Eles convivem, no planejamento, com as ordens nascidas de solicitações, sensores e horímetros. O equilíbrio entre o trabalho programado e o

trabalho reativo é um dos grandes indicadores de maturidade da manutenção: quanto mais o trabalho é programado, mais madura é a gestão.

### **8.1.7 Exemplo prático**

Uma planta define que todas as bombas da família de utilidades terão inspeção por check-list semanal, lubrificação quinzenal e análise de vibração mensal. Esses serviços entram automaticamente no planejamento, distribuídos ao longo do mês. O planejador, ao montar a semana, já encontra essas atividades previstas, e só precisa acomodar, em torno delas, as ordens que surgem de imprevistos.

### **8.1.8 Erros comuns e boas práticas**

O erro mais comum é deixar os planos programados envelhecerem sem revisão, executando inspeções que perderam o sentido ou ignorando pontos que passaram a importar. Outro é programar mais do que a equipe consegue cumprir, gerando ordens preventivas que vencem sem execução. Como boa prática, revise os planos periodicamente à luz do histórico de falhas, dimensione a carga programada à capacidade real da equipe e use os resultados das inspeções para ajustar as frequências.

### **8.1.9 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença**

Uma técnica valiosa nos serviços programados é o agrupamento de tarefas, também chamado de aproveitamento de oportunidade. Quando um equipamento precisa parar para um serviço, é racional aproveitar a parada para executar, de uma só vez, outras tarefas previstas para aquele ativo, ainda que algumas pudessem esperar um pouco. Agrupar reduz o número de paradas e o tempo total de indisponibilidade, multiplicando o valor de cada janela.

Outro ponto é o gatilho de cada plano. Alguns serviços fazem sentido por tempo, como uma inspeção visual periódica; outros por uso, como a troca de óleo por horas; e outros por condição, como uma análise disparada por um sintoma. Escolher o gatilho certo para cada tarefa é o que torna o plano eficiente, evitando tanto a manutenção excessiva quanto a insuficiente.

### **8.1.10 Esquema funcional do bloco**

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

## ESQUEMA FUNCIONAL — SERVIÇOS PROGRAMADOS

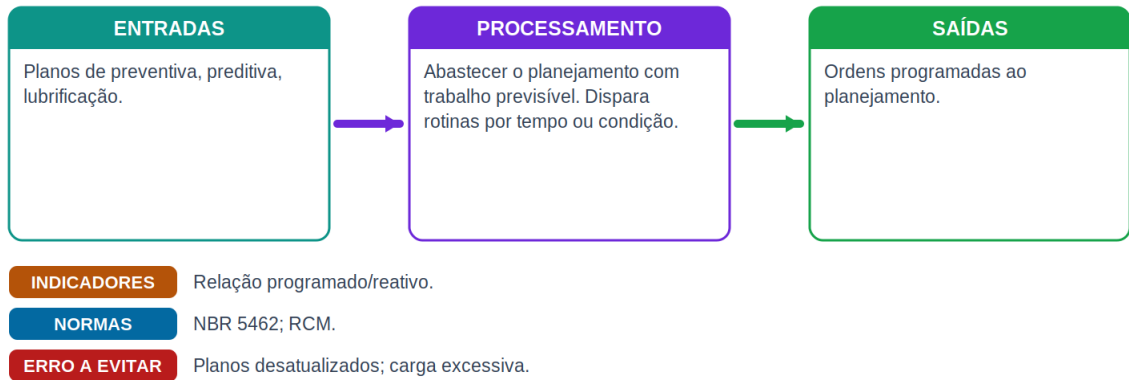


Figura 33 — Esquema funcional do bloco Serviços Programados: entradas, processamento e saídas. Fonte: elaborado pelo autor.

### 8.1.11 Exemplo aplicado

Uma equipe agrupou, numa única parada mensal, a inspeção, a lubrificação e a análise de vibração de um conjunto de bombas. Antes, cada serviço gerava uma parada própria; o agrupamento reduziu de três paradas para uma, liberando horas da equipe e da produção sem abrir mão de nenhuma tarefa preventiva.

### 8.1.12 Passo a passo no SIGMA EAM

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:

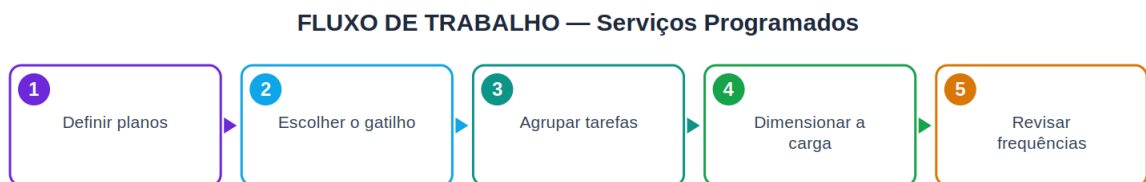


Figura 34 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Definir os planos por ativo e o gatilho de cada um.
- Passo 2 — Escolher tempo, uso ou condição como disparo.
- Passo 3 — Agrupar tarefas para aproveitar as paradas.
- Passo 4 — Dimensionar a carga à capacidade da equipe.
- Passo 5 — Revisar as frequências à luz do histórico.

### 8.1.13 Indicadores e metas do bloco

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente a relação entre trabalho programado e reativo e o cumprimento dos planos. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores

de forma confiável, com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

#### **8.1.14 Outro exemplo prático**

Um plano de lubrificação gerava ordens em excesso para um ativo de baixo uso. Ao revisar a frequência pelo histórico, a equipe ajustou o plano, reduzindo as ordens sem aumentar o risco. Os planos, afinal, também precisam de manutenção.

#### **8.1.15 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho**

Nos serviços programados, a IA responde à pergunta mais difícil da preventiva: com que frequência, afinal, fazer cada coisa?

- Exemplo 1 — A IA ajusta as frequências dos planos com base no comportamento real dos ativos, espaçando o que se mostra robusto e adensando o que dá sinais de risco, otimizando a preventiva.
- Exemplo 2 — A IA sugere agrupar tarefas e aproveitar oportunidades, recomendando, por exemplo, antecipar uma inspeção para coincidir com uma parada já prevista.

As vantagens são uma preventiva nem cedo nem tarde demais, e menos paradas. O paradigma muda de um plano fixo, definido uma vez e raramente revisto, para um plano que aprende e se ajusta sozinho. Some o desperdício de manter por manter, e a preventiva passa a ser feita na medida exata da necessidade.

## **8.2 Planejamento**

Chegamos agora ao ponto em que o PCM exerce sua função mais estratégica: transformar demandas e ordens em trabalho preparado com qualidade. O planejamento é o momento em que o serviço deixa de ser apenas uma necessidade registrada e passa a ter escopo, sequência lógica, estimativa de tempo, materiais definidos, competências necessárias e cuidados de segurança claramente estabelecidos. Por isso, pode-se dizer que o planejamento é o cérebro organizador da manutenção.

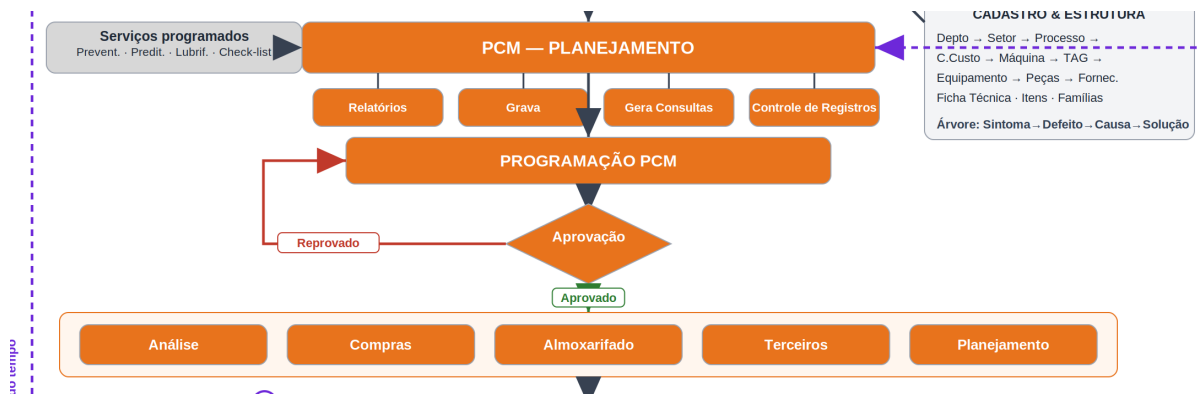


Figura 35 — Camada de planejamento: do PCM às saídas, à programação e à decisão de aprovação. Fonte: elaborado pelo autor.

### Quadro 9 — Síntese do bloco — PCM — Planejamento

Item	Descrição
<b>Função principal</b>	Definir como, com o que e em quanto tempo cada serviço será feito.
<b>Entradas (de onde vem)</b>	Ordens geradas, serviços programados, histórico e ficha técnica.
<b>Processamento (o que faz)</b>	Define escopo, peças, horas, competências e cuidados de segurança.
<b>Saídas (para onde vai)</b>	Ordens planejadas, saídas de informação e realimentação recebida.
<b>Indicadores relacionados</b>	Horas planejadas versus realizadas; produtividade; retrabalho.
<b>Normas relacionadas</b>	ISO 55001; boas práticas consagradas de PCM.
<b>Erro a evitar</b>	Confundir planejar com programar e ignorar o histórico.

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 8.2.1 O que é planejar

Planejar significa preparar o trabalho antes de executá-lo. É nessa etapa que se define o que será feito, como será feito, quais peças e ferramentas serão necessárias, quanto tempo a atividade tende a consumir, quais profissionais deverão participar e quais condições de segurança precisam ser garantidas. É importante destacar que planejar não é marcar data. Marcar quando o serviço será feito pertence à programação. Planejar é deixar o trabalho pronto para que, quando chegar o momento de executá-lo, a equipe não precise improvisar.

#### 8.2.2 Para que serve

O bom planejamento elimina o desperdício de tempo da equipe técnica. Sem ele, o mantenedor descobre no meio do serviço que falta uma peça, ou que precisa de uma ferramenta que está em outro lugar, ou que o procedimento não está claro. Com ele, tudo o que é necessário está disponível e definido antes do início. Estudos clássicos da área mostram que cada hora investida em planejamento economiza

várias horas de execução. O planejamento é, portanto, o melhor investimento de tempo do PCM.

### **8.2.3 Como funciona dentro do SIGMA EAM**

No SIGMA EAM, o planejamento recebe as ordens geradas e os serviços programados, e as enriquece. Para cada ordem, define-se o escopo, listam-se as peças e materiais, estimam-se as horas, indicam-se as competências e os cuidados. O sistema apoia esse trabalho com o histórico do ativo, com a ficha técnica e com a árvore de intervenções, que sugerem soluções já comprovadas. O resultado é uma ordem pronta para ser programada.

O planejamento também é o ponto de onde partem as saídas de informação do PCM, como relatórios, consultas e estatísticas, e para onde retornam as realimentações vindas da qualidade e da inteligência. Por isso ele aparece, no panorama, como uma barra central, recebendo de muitos lados e distribuindo para muitos lados.

### **8.2.4 Conexões no fluxo**

O planejamento recebe as ordens da geração da O.S. e os serviços programados pela lateral. Encaminha as ordens planejadas para a programação. Emite as saídas de informação. E recebe, pelas linhas de realimentação, as melhorias propostas pelo ciclo PDCA e pela camada de inteligência. É um bloco profundamente conectado, o verdadeiro centro nervoso do panorama.

### **8.2.5 Exemplo prático**

Uma O.S. de troca de rolamento de um motor chega ao planejamento. O planejador consulta o histórico, descobre que o mesmo motor já teve rolamento trocado antes, verifica na ficha técnica o modelo correto, lista o rolamento e as ferramentas de extração, estima quatro horas de trabalho com dois técnicos e registra a necessidade de bloqueio elétrico por segurança. Quando essa ordem chegar ao técnico, ele encontrará tudo preparado e poderá focar apenas na execução.

### **8.2.6 Erros comuns e boas práticas**

O erro mais comum é confundir planejar com programar, pulando a preparação e indo direto para a marcação de datas; o resultado são serviços que travam por falta de peças ou de definição. Outro erro é planejar sem consultar o histórico, repetindo soluções que já se mostraram ineficazes. Como boa prática, trate o planejamento

como uma etapa obrigatória para as ordens relevantes, apoie-se sempre no histórico e na ficha técnica, e padronize os planos das tarefas mais frequentes para ganhar velocidade.

### 8.2.7 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença

O planejamento ganha enorme eficiência quando se padronizam os planos das tarefas mais frequentes, transformando-os em modelos reutilizáveis. Em vez de planejar do zero a cada vez, o planejador aplica um modelo que já traz o escopo, a lista de peças, a estimativa de horas e os cuidados de segurança, ajustando apenas o que for específico. Essa padronização acelera o trabalho e eleva a qualidade, porque incorpora o melhor do que já se aprendeu.

Um cuidado que separa o bom do mau planejamento é o preparo das peças, às vezes chamado de separação prévia. Garantir que os materiais estejam reunidos e disponíveis antes do início do serviço evita o desperdício mais comum da execução: o técnico que interrompe o trabalho para buscar uma peça que não estava à mão. Planejar é, em grande parte, antecipar essas pequenas faltas que custam horas.

### 8.2.8 Esquema funcional do bloco

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

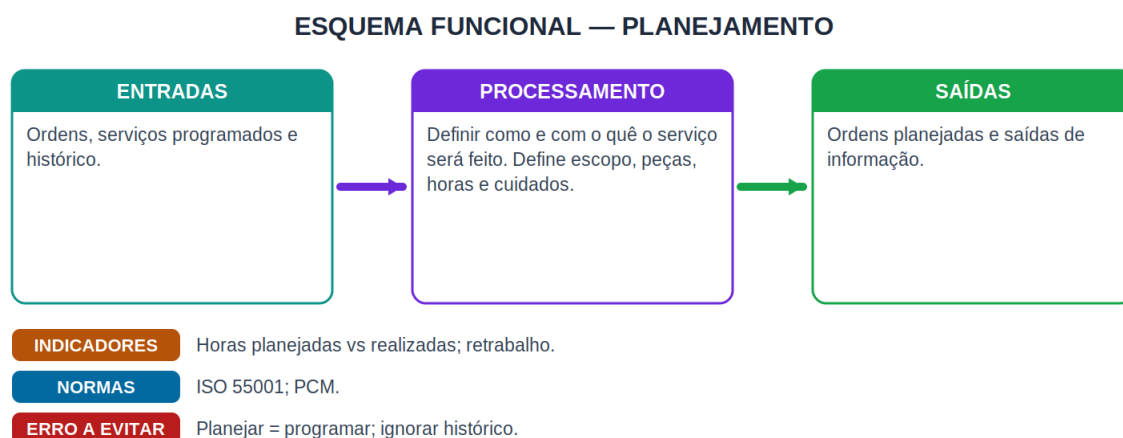


Figura 36 — Esquema funcional do bloco Planejamento: entradas, processamento e saídas. Fonte: elaborado pelo autor.

### 8.2.9 Exemplo aplicado

Ao planejar a troca de um acoplamento, o planejador montou um plano com peças, ferramentas, tempo estimado e bloqueio de segurança. Na execução, a equipe

não precisou interromper o trabalho nenhuma vez para buscar item, e o serviço terminou em metade do tempo da última vez, quando fora feito sem planejamento e com várias idas ao almoxarifado.

### 8.2.10 Passo a passo no SIGMA EAM

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:

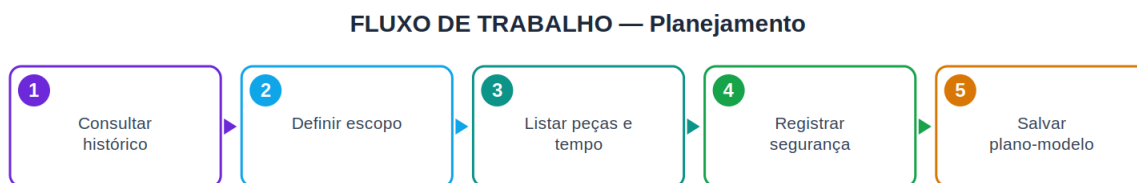


Figura 37 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Abrir a ordem e consultar o histórico do ativo.
- Passo 2 — Definir o escopo e o passo a passo do serviço.
- Passo 3 — Listar peças, ferramentas e competências.
- Passo 4 — Estimar as horas e registrar os cuidados de segurança.
- Passo 5 — Salvar como plano-modelo para reutilizar.

### 8.2.11 Indicadores e metas do bloco

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente as horas planejadas frente às realizadas, a produtividade e o retrabalho. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores de forma confiável, com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

### 8.2.12 Outro exemplo prático

Ao planejar a primeira troca de um componente novo na planta, não havia histórico. O planejador montou o plano com base no manual do fabricante e, após a execução, ajustou o plano-modelo com o tempo e as peças reais. O segundo serviço já foi muito mais preciso.

### 8.2.13 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho

No planejamento, a IA transforma cada serviço já feito em material para planejar o próximo com mais rapidez e precisão.

- Exemplo 1 — A IA gera um rascunho do plano, com escopo, peças e tempo, a partir de serviços semelhantes já executados, poupando o planejador de começar do zero.
- Exemplo 2 — A IA prevê os recursos necessários e os riscos do serviço, alertando, por exemplo, para uma peça de prazo longo ou para um cuidado de segurança específico daquele tipo de intervenção.

As vantagens são um planejamento mais rápido, mais preciso e que padroniza as melhores práticas. O paradigma desloca-se de planejar cada serviço do zero para planejar a partir do conhecimento acumulado da operação inteira. O bom planejamento deixa de depender da memória de uma pessoa e passa a ser um patrimônio que a IA ajuda a reutilizar.

### 8.3 Saídas do Planejamento

O planejamento não apenas prepara o trabalho; ele também produz informação. Deste bloco saem os relatórios, os registros gravados, as consultas e o controle de registros, que transformam o que acontece na manutenção em conhecimento utilizável.

**Quadro 10 — Síntese do bloco — Saídas do Planejamento**

Item	Descrição
<b>Função principal</b>	Transformar o que acontece em informação organizada e auditável.
<b>Entradas (de onde vem)</b>	Dados do planejamento e registros acumulados ao longo do fluxo.
<b>Processamento (o que faz)</b>	Gera relatórios, grava registros, cria consultas e controla a integridade.
<b>Saídas (para onde vai)</b>	Documentos e consultas que alimentam a operação e o BI.
<b>Indicadores relacionados</b>	Uso efetivo dos relatórios; integridade e consistência dos registros.
<b>Normas relacionadas</b>	NBR 14724 (apresentação); boas práticas de gestão documental.
<b>Erro a evitar</b>	Produzir relatórios inúteis e manter registros inconsistentes.

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 8.3.1 O que são as saídas

As saídas são os produtos de informação do planejamento. Elas incluem os relatórios, que organizam dados em documentos legíveis; a gravação dos registros, que assegura que tudo fique armazenado; a geração de consultas, que permite buscar

informações específicas; e o controle de registros, que mantém a integridade e a organização do acervo de dados.

### **8.3.2 Para que servem**

Essas saídas servem para que a manutenção seja transparente e auditável. Um relatório de ordens por equipamento, uma consulta de custos por centro de custo, um registro de tudo o que foi feito em um ativo: são esses produtos que permitem prestar contas, tomar decisões e construir os indicadores. Sem saídas organizadas, os dados existiriam mas seriam inacessíveis na prática.

### **8.3.3 Como funcionam e como se conectam**

As saídas derivam diretamente do planejamento e dos registros acumulados ao longo do fluxo. Elas alimentam, em um nível mais simples, a operação cotidiana, e, em um nível mais sofisticado, a camada de Business Intelligence, que as transforma em painéis e indicadores. Pode-se dizer que as saídas do planejamento são a forma básica de informação, que o BI depois eleva ao nível gerencial.

### **8.3.4 Exemplo prático**

Ao final de um mês, o planejador gera um relatório de todas as ordens executadas, com horas e custos, e uma consulta das ordens ainda pendentes. Esses documentos servem para a reunião mensal de manutenção, na qual a equipe discute o desempenho e define prioridades. Os mesmos dados, mais adiante, alimentarão o painel de BI que acompanha as tendências ao longo do ano.

### **8.3.5 Erros comuns e boas práticas**

O erro mais comum é produzir relatórios que ninguém usa, gastando esforço em documentos sem propósito. Outro é não controlar a integridade dos registros, permitindo dados duplicados ou inconsistentes. Como boa prática, produza apenas as saídas que sustentam decisões reais, padronize alguns poucos relatórios essenciais e zele pela qualidade dos registros, pois deles depende tudo o que vem depois.

### **8.3.6 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença**

É importante lembrar que os indicadores não existem por si; eles derivam dos dados registrados. Um relatório de disponibilidade só é confiável se as datas de falha e os tempos de reparo foram registrados corretamente. Por isso, as saídas de informação são tão boas quanto as entradas que as alimentaram. O planejador que entende essa cadeia cuida da origem do dado, não apenas da aparência do relatório.

Há ainda uma distinção útil entre relatórios padronizados, que se repetem periodicamente, e consultas pontuais, feitas para responder a uma pergunta específica do momento. Os primeiros sustentam a rotina; as segundas sustentam a investigação. Um bom sistema oferece os dois, e um bom planejador sabe quando basta um relatório de rotina e quando é preciso mergulhar em uma consulta sob medida.

### 8.3.7 Esquema funcional do bloco

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

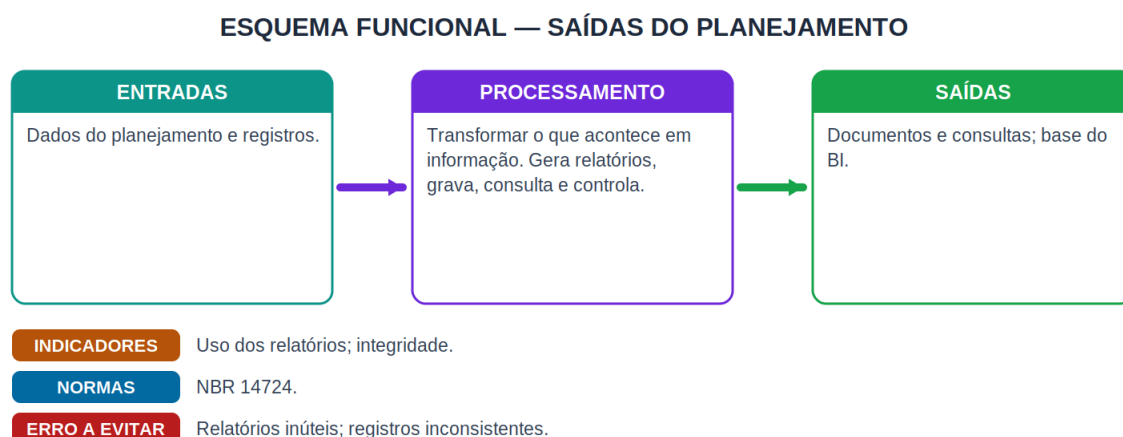


Figura 38 — Esquema funcional do bloco Saídas do Planejamento: entradas, processamento e saídas. Fonte: elaborado pelo autor.

### 8.3.8 Exemplo aplicado

Na reunião mensal, o planejador levou apenas dois relatórios: ordens concluídas com custo e ordens pendentes por motivo. Foi o suficiente para a equipe priorizar a semana seguinte. Antes, levavam-se muitas planilhas que ninguém lia até o fim, e a reunião terminava sem decisões claras.

### 8.3.9 Passo a passo no SIGMA EAM

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:

### FLUXO DE TRABALHO — Saídas do Planejamento



Figura 39 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Definir os poucos relatórios essenciais.
- Passo 2 — Padronizar o formato e a periodicidade.
- Passo 3 — Criar consultas para perguntas específicas.
- Passo 4 — Garantir a integridade dos registros.
- Passo 5 — Usar as saídas nas reuniões de decisão.

#### **8.3.10 Indicadores e metas do bloco**

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente o uso efetivo dos relatórios e a integridade dos registros. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores de forma confiável, com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

#### **8.3.11 Outro exemplo prático**

Uma consulta simples, ordens concluídas por executante no mês, revelou que a carga estava concentrada em poucas pessoas. A informação ajudou a reequilibrar a equipe e a planejar treinamentos para os demais.

#### **8.3.12 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho**

Nas saídas e relatórios, a IA muda a relação das pessoas com os dados, tornando a informação acessível a quem não é analista.

- Exemplo 1 — A IA gera resumos em linguagem natural dos relatórios, destacando o que mudou e o que merece atenção, em vez de exigir que alguém leia tabelas extensas.
- Exemplo 2 — A IA responde a perguntas feitas em linguagem comum, como quais ativos mais custaram no mês, retornando a resposta direta a partir dos dados.

As vantagens são uma informação ao alcance de todos e decisões mais rápidas. O paradigma muda de buscar dados em relatórios para simplesmente perguntar e receber respostas. O dado deixa de ficar trancado em planilhas e passa a conversar com quem precisa dele, no momento da decisão.

## 8.4 Programação

Planejado o trabalho, é preciso encaixá-lo no tempo e nos recursos disponíveis. Essa é a tarefa da programação, o bloco que decide quando e por quem cada serviço será feito.

**Quadro 11 — Síntese do bloco — Programação PCM**

Item	Descrição
<b>Função principal</b>	Encaixar os serviços planejados na agenda e nos recursos disponíveis.
<b>Entradas (de onde vem)</b>	Ordens planejadas, capacidade da equipe e janelas de parada.
<b>Processamento (o que faz)</b>	Distribui as ordens na semana respeitando prioridade e capacidade.
<b>Saídas (para onde vai)</b>	Programação submetida à aprovação; redução gradual do backlog.
<b>Indicadores relacionados</b>	Cumprimento da programação; backlog; aproveitamento de paradas.
<b>Normas relacionadas</b>	Boas práticas de PCM e de gestão da capacidade.
<b>Erro a evitar</b>	Programar acima da capacidade e ignorar as janelas de parada.

Fonte: elaborado pelo autor.

### 8.4.1 O que é programar

Programar é alocar os serviços planejados em uma linha do tempo, considerando a disponibilidade da equipe, das máquinas e dos recursos. Se planejar é preparar o trabalho, programar é agendá-lo. A programação responde às perguntas quando e com quem, transformando um conjunto de ordens prontas em uma agenda concreta de execução, normalmente semanal.

### 8.4.2 Para que serve

A programação serve para equilibrar a demanda com a capacidade. A equipe tem um número finito de horas disponíveis; os equipamentos têm janelas específicas em que podem parar. A programação encaixa os serviços nesses limites, evitando tanto a ociosidade quanto a sobrecarga, e garantindo que as paradas de produção sejam aproveitadas ao máximo. Uma boa programação é o que faz a manutenção caber na realidade da fábrica.

### **8.4.3 Como funciona dentro do SIGMA EAM**

A programação recebe as ordens planejadas e as distribui ao longo da semana, considerando prioridades, recursos e janelas de oportunidade. Ela leva em conta o backlog, ou seja, o acúmulo de serviços pendentes, e busca reduzi-lo de forma equilibrada. O resultado é uma programação que, uma vez aprovada, libera a execução. Caso a programação não seja aprovada, ela retorna para ajuste, em um laço que veremos no próximo capítulo.

### **8.4.4 Conexões no fluxo**

A programação recebe do planejamento as ordens prontas e encaminha o resultado para a decisão de aprovação. Em caso de reprovação, retorna para reprogramação. Em caso de aprovação, libera os recursos e a execução. Ela é o elo entre a preparação e a ação.

### **8.4.5 Exemplo prático**

Para a próxima semana, o programador dispõe de uma equipe com determinada capacidade de horas e de uma janela de parada da linha na quarta-feira. Ele encaixa, nessa janela, as ordens que exigem a máquina parada, distribui as demais ao longo dos dias e reserva uma folga para imprevistos. A programação resultante respeita a capacidade da equipe e aproveita a parada, sendo então submetida à aprovação.

### **8.4.6 Erros comuns e boas práticas**

O erro mais comum é programar acima da capacidade da equipe, gerando uma agenda irreal que se desfaz já na segunda-feira. Outro é ignorar as janelas de parada, programando serviços que exigem máquina parada em momentos de produção plena. Como boa prática, programe com base na capacidade real, reserve folga para o inevitável imprevisto, priorize o aproveitamento das paradas e acompanhe o backlog para mantê-lo sob controle.

### **8.4.7 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença**

A programação madura pratica o nivelamento da carga, distribuindo o trabalho de forma equilibrada ao longo dos dias e evitando picos que sobrecarregam a equipe em um dia e a deixam ociosa em outro. Nivelar é como organizar uma agenda pessoal: melhor distribuir os compromissos do que amontoá-los em uma única manhã. O resultado é uma execução mais fluida e menos estressante.

Outra prática é o congelamento da programação semanal: a partir de certo ponto, a agenda da semana seguinte é fechada e só se altera por verdadeira emergência. Esse congelamento protege o planejamento do caos das mudanças de última hora e permite que a equipe e os recursos se organizem com antecedência. A flexibilidade total parece boa, mas costuma produzir desperdício; a disciplina, bem dosada, produz previsibilidade.

#### 8.4.8 Esquema funcional do bloco

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

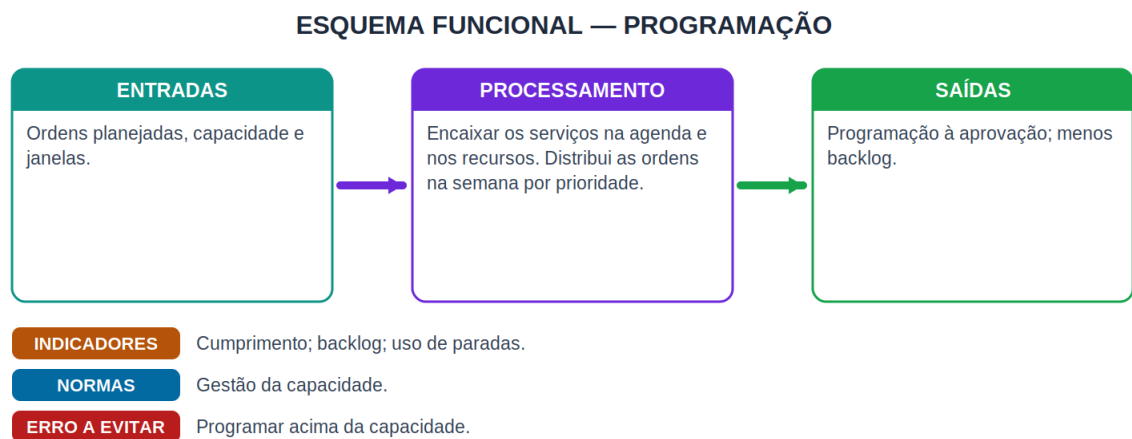


Figura 40 — Esquema funcional do bloco Programação: entradas, processamento e saídas. Fonte: elaborado pelo autor.

#### 8.4.9 Exemplo aplicado

Com a janela de parada da linha às quartas-feiras, o programador passou a concentrar nela todos os serviços que exigem máquina parada, distribuindo o restante pelos demais dias. Em três meses, o cumprimento da programação subiu de cerca de sessenta para mais de noventa por cento, e os imprevistos deixaram de desorganizar a semana.

#### 8.4.10 Passo a passo no SIGMA EAM

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:

#### FLUXO DE TRABALHO — Programação

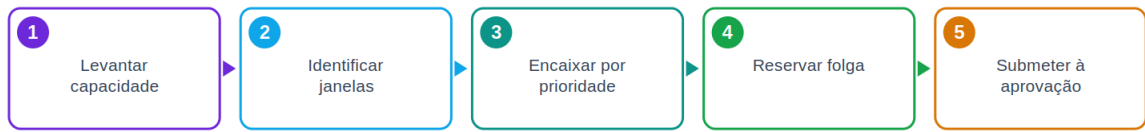


Figura 41 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Levantar a capacidade de horas da equipe.
- Passo 2 — Identificar as janelas de parada disponíveis.
- Passo 3 — Encaixar os serviços por prioridade e por janela.
- Passo 4 — Reservar uma folga para imprevistos.
- Passo 5 — Submeter a programação à aprovação.

#### **8.4.11 Indicadores e metas do bloco**

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente o cumprimento da programação, o backlog e o aproveitamento das paradas. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores de forma confiável, com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

#### **8.4.12 Outro exemplo prático**

Em uma semana de feriado, a capacidade da equipe caía pela metade. A programação, ciente disso, encaixou apenas o essencial e adiou o que podia esperar. Sem essa visão, a semana terminaria com metade do plano não cumprido e uma falsa sensação de fracasso.

#### **8.4.13 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho**

Na programação, a IA atua como um otimizador, encaixando o trabalho da forma mais eficiente possível.

- Exemplo 1 — A IA otimiza a alocação dos serviços considerando sequência, deslocamentos, competências e capacidade, montando uma semana que rende mais com o mesmo time.
- Exemplo 2 — A IA prevê o cumprimento provável da programação e sugere ajustes antes do início da semana, evitando a frustração de planos irrealistas.

As vantagens são mais cumprimento, menos deslocamento perdido e melhor aproveitamento das janelas de parada. O paradigma muda de um encaixe manual, baseado na experiência, para uma otimização assistida por dados. A programação deixa de ser um quebra-cabeça resolvido na intuição e passa a ser um plano calculado para extrair o máximo dos recursos.

Quando a programação é bem construída, a manutenção deixa de reagir ao acaso e passa a trabalhar com previsibilidade. Ainda assim, antes de seguir para a execução, é necessário validar se o que foi programado está realmente alinhado às prioridades do negócio e às condições operacionais da planta. É essa verificação que conduz à etapa de aprovação.

### 8.5 Aprovação (Aprovado e Reprovado)

Entre a programação elaborada pelo PCM e a execução em campo existe uma etapa de decisão. Nem toda programação deve seguir automaticamente para a prática sem uma validação prévia. A aprovação existe justamente para confirmar se o que foi programado está coerente com as prioridades do negócio, com os recursos disponíveis, com os custos envolvidos e com as condições operacionais da planta. É nesse ponto que a responsabilidade gerencial se materializa dentro do fluxo.

**Quadro 12 — Síntese do bloco — Aprovação**

Item	Descrição
<b>Função principal</b>	Confirmar, com responsabilidade, a liberação do trabalho programado.
<b>Entradas (de onde vem)</b>	Programação proposta, custos envolvidos e prioridades do negócio.
<b>Processamento (o que faz)</b>	Avalia e decide entre aprovar ou reprovado, com retorno para ajuste.
<b>Saídas (para onde vai)</b>	Programação liberada para execução ou devolvida para reprogramação.
<b>Indicadores relacionados</b>	Tempo de aprovação; taxa de reprovação.
<b>Normas relacionadas</b>	ISO 55001 (governança de decisões sobre ativos).
<b>Erro a evitar</b>	Aprovar sem análise ou travar o fluxo com burocracia.

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 8.5.1 O que é a aprovação

A aprovação é a etapa em que uma pessoa com responsabilidade gerencial analisa a programação proposta e decide se ela pode seguir para a execução. Em termos práticos, é o momento em que se verifica se o plano está coerente com as prioridades da operação, com os recursos disponíveis e com o impacto esperado sobre produção,

segurança e custos. Trata-se, portanto, de um ponto de controle essencial dentro do fluxo.

### **8.5.2 Para que serve**

A aprovação existe para garantir que decisões relevantes não avancem sem análise adequada. Uma programação pode envolver paradas de linha, uso intensivo de mão de obra, mobilização de terceiros, consumo de materiais e impacto direto nos resultados da planta. Por isso, aprovar não significa apenas autorizar; significa assumir a responsabilidade de confirmar que aquele conjunto de serviços faz sentido naquele momento. Ao mesmo tempo, esse processo precisa ser ágil o suficiente para não transformar a gestão em burocracia improdutiva.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ao longo deste livro, procurou-se mostrar que o Planejamento e Controle da Manutenção moderno vai muito além da simples organização de ordens de serviço. O PCM aparece, aqui, como uma disciplina capaz de integrar pessoas, processos, ativos, dados e tecnologia em um fluxo único, orientado por método, confiabilidade e melhoria contínua.

Também ficou evidente que a qualidade da manutenção depende menos de improviso e mais de estrutura. Um bom cadastro, uma demanda bem registrada, um planejamento sólido, uma programação realista, uma aprovação responsável e uma execução bem documentada formam a base de uma operação madura. Quando essas etapas são tratadas como partes de um sistema integrado, a manutenção deixa de atuar apenas de forma reativa e passa a produzir conhecimento para decidir melhor. Outro ponto central da obra é o papel crescente da tecnologia. Sensores, horímetros conectados, biometria, mobilidade, inteligência analítica e inteligência artificial não substituem o raciocínio técnico do profissional de manutenção; ao contrário, ampliam sua capacidade de enxergar, registrar, prever e agir no momento certo. O futuro da manutenção, portanto, não está apenas em fazer mais, mas em fazer melhor, com mais dados, mais contexto e mais inteligência aplicada.

Em síntese, compreender o PCM moderno é compreender a manutenção como uma função estratégica. É isso que permite aumentar a disponibilidade, reduzir perdas, melhorar a segurança, controlar custos e sustentar decisões mais maduras ao longo do ciclo de vida dos ativos. Espera-se que este livro contribua não apenas para a

compreensão do SIGMA EAM, mas para a formação de profissionais capazes de pensar a manutenção de forma sistêmica, crítica e orientada por resultados.

## **GLOSSÁRIO DE SIGLAS E TERMOS**

- **BACKLOG — VOLUME DE SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO JÁ IDENTIFICADOS, MAS AINDA NÃO EXECUTADOS, GERALMENTE MEDIDO EM HORAS OU SEMANAS DE TRABALHO.**
- **BUSINESS INTELLIGENCE (BI) — CONJUNTO DE RECURSOS DE ANÁLISE E VISUALIZAÇÃO DE DADOS QUE TRANSFORMA REGISTROS OPERACIONAIS EM INFORMAÇÕES GERENCIAIS.**
- **CMMS — SISTEMA INFORMATIZADO DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO, VOLTADO AO CONTROLE DE ATIVOS, ORDENS DE SERVIÇO, PLANOS E INDICADORES.**
- **EAM — GESTÃO DE ATIVOS EMPRESARIAIS. SISTEMA MAIS AMPLO QUE O CMMS, COBRINDO TAMBÉM CUSTOS, ESTOQUES, CONTRATOS E CICLO DE VIDA DOS ATIVOS.**
- **FMEA — ANÁLISE DOS MODOS E EFEITOS DE FALHA. MÉTODO USADO PARA IDENTIFICAR FALHAS POSSÍVEIS, SEUS EFEITOS E SUA CRITICIDADE.**
- **HORÍMETRO — DISPOSITIVO OU FUNÇÃO QUE REGISTRA AS HORAS DE OPERAÇÃO DE UM EQUIPAMENTO.**
- **IA — INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL. RECURSO COMPUTACIONAL CAPAZ DE RECONHECER PADRÕES, SUGERIR DECISÕES E APOIAR PREVISÕES.**
- **IOT — INTERNET DAS COISAS. USO DE SENSORES E CONECTIVIDADE PARA COLETAR DADOS DIRETAMENTE DOS EQUIPAMENTOS.**
- **MTBF — TEMPO MÉDIO ENTRE FALHAS. MEDE, EM MÉDIA, QUANTO TEMPO O ATIVO OPERA ENTRE UMA FALHA E A SEGUINTE.**
- **MTTR — TEMPO MÉDIO PARA REPARO. MEDE QUANTO TEMPO, EM MÉDIA, A EQUIPE LEVA PARA DEVOLVER O ATIVO À OPERAÇÃO APÓS UMA FALHA.**
- **O.S. — ORDEM DE SERVIÇO. DOCUMENTO CENTRAL QUE ORGANIZA, AUTORIZA, REGISTRA E RASTREIA UM TRABALHO DE MANUTENÇÃO.**
- **PCM — PLANEJAMENTO E CONTROLE DA MANUTENÇÃO. FUNÇÃO RESPONSÁVEL POR PREPARAR, PROGRAMAR, ACOMPANHAR E CONTROLAR OS SERVIÇOS DE MANUTENÇÃO.**
- **PDCA — CICLO DE MELHORIA CONTÍNUA BASEADO EM PLANEJAR, EXECUTAR, VERIFICAR E AGIR CORRETIVAMENTE.**
- **RCM — MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE. ABORDAGEM QUE DEFINE ESTRATÉGIAS DE MANUTENÇÃO A PARTIR DA FUNÇÃO DO ATIVO E DAS CONSEQUÊNCIAS DE SUAS FALHAS.**

- **SOLICITAÇÃO DE SERVIÇO (SS) — REGISTRO INICIAL DA NECESSIDADE DE MANUTENÇÃO PERCEBIDA POR UMA PESSOA OU POR UM EVENTO OPERACIONAL.**
- **TAG — CÓDIGO ÚNICO DE IDENTIFICAÇÃO DO ATIVO DENTRO DO SISTEMA.**

### **8.5.3 Os dois caminhos**

A partir da análise da programação, existem dois caminhos possíveis. Se a proposta estiver coerente com as prioridades, com a disponibilidade operacional e com os recursos necessários, ela é aprovada e segue para a execução. Se houver conflito de agenda, indisponibilidade de equipe, custo incompatível, risco não tratado ou qualquer outro impedimento relevante, a programação é reprovada e retorna para ajuste. Essa devolução não representa falha do processo; pelo contrário, mostra que o sistema possui um mecanismo saudável de revisão antes da ação.

Na prática, uma boa etapa de aprovação protege a execução de dois extremos igualmente prejudiciais: a liberação apressada de serviços mal preparados e o bloqueio excessivo causado por burocracia. O equilíbrio está em criar um ponto de decisão objetivo, ágil e alinhado à realidade operacional da empresa.

### **8.5.4 Fechamento do capítulo**

Ao longo deste capítulo, ficou evidente que o desempenho da manutenção depende menos de improviso e mais de preparação. Serviços programados bem construídos, planejamento sólido, programação realista e aprovação responsável formam, juntos, a base que sustenta uma execução eficiente. Quando essas etapas funcionam de forma integrada, a manutenção ganha previsibilidade, reduz perdas e cria as condições necessárias para que o trabalho em campo aconteça com segurança, qualidade e foco em resultado.

Na prática, uma boa etapa de aprovação protege a execução de dois extremos igualmente prejudiciais: a liberação apressada de serviços mal preparados e o bloqueio excessivo causado por burocracia. O equilíbrio está em criar um ponto de decisão objetivo, ágil e alinhado à realidade operacional da empresa.

### **8.5.4 Fechamento do capítulo**

Ao longo deste capítulo, ficou evidente que o desempenho da manutenção depende menos de improviso e mais de preparação. Serviços programados bem construídos, planejamento sólido, programação realista e aprovação responsável formam, juntos,

a base que sustenta uma execução eficiente. Quando essas etapas funcionam de forma integrada, a manutenção ganha previsibilidade, reduz perdas e cria as condições necessárias para que o trabalho em campo aconteça com segurança, qualidade e foco em resultado.

Na prática, uma boa etapa de aprovação protege a execução de dois extremos igualmente prejudiciais: a liberação apressada de serviços mal preparados e o bloqueio excessivo causado por burocracia. O equilíbrio está em criar um ponto de decisão objetivo, ágil e alinhado à realidade operacional da empresa.

#### **8.5.4 Conexões no fluxo**

A decisão recebe a programação proposta. O caminho aprovado segue para os recursos e a execução. O caminho reprovado retorna para a programação. É um ponto pequeno no desenho, mas decisivo na lógica: é onde a responsabilidade se materializa.

#### **8.5.5 Exemplo prático**

A programação da semana inclui a contratação de um guindaste para içar um motor, o que representa um custo elevado. O supervisor avalia e percebe que a parada poderia ser combinada com outro serviço próximo, otimizando o uso do guindaste. Ele reprova a versão atual; a programação retorna, é ajustada para combinar os dois serviços em uma única mobilização e, na nova rodada, é aprovada. O laço de reprovação evitou um gasto desnecessário.

#### **8.5.6 Erros comuns e boas práticas**

O erro mais comum é transformar a aprovação em mera formalidade, na qual tudo é aprovado sem análise, esvaziando o controle. O oposto também é nocivo: aprovações lentas e burocráticas que travam o fluxo. Como boa prática, defina claramente o que exige aprovação e o que pode seguir direto, estabeleça prazos para a decisão e use o laço de reprovação de forma construtiva, sempre acompanhado de orientação para o ajuste.

#### **8.5.7 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença**

A governança da aprovação costuma se apoiar em alçadas, ou seja, faixas de valor ou de risco que definem quem pode aprovar o quê. Serviços de baixo impacto podem ser liberados pelo próprio planejador; intervenções caras ou que exigem parada de produção sobem para níveis superiores. As alçadas equilibram agilidade e

controle, evitando tanto a burocracia para o trivial quanto a leviandade para o relevante.

Mesmo quando há discordância, é saudável a postura de divergir e comprometer-se: discutir abertamente, decidir e então apoiar a decisão tomada. O laço de reprovação deve sempre vir acompanhado de orientação, para que a reprogramação seja construtiva. E toda decisão fica registrada, formando uma trilha de auditoria que protege a equipe e dá transparência ao processo.

### 8.5.8 Esquema funcional do bloco

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

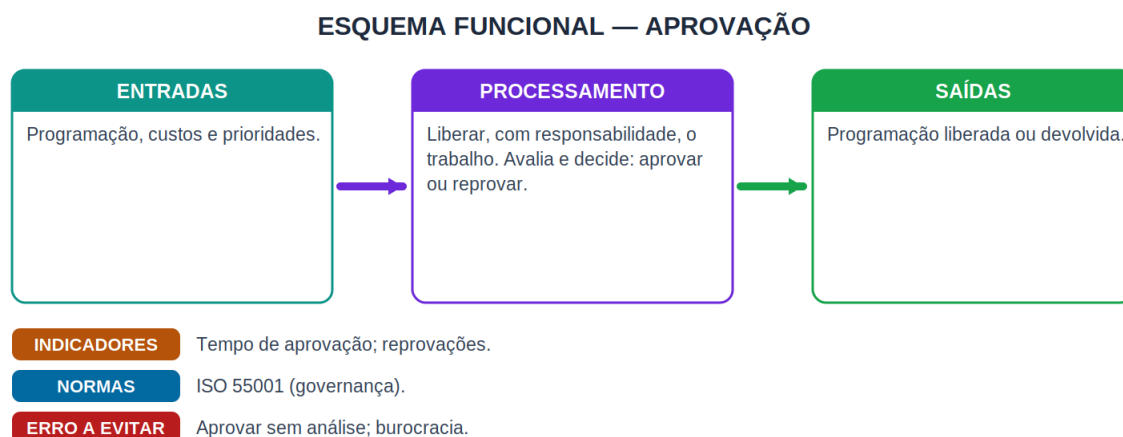


Figura 42 — Esquema funcional do bloco Aprovação: entradas, processamento e saídas. Fonte: elaborado pelo autor.

### 8.5.9 Exemplo aplicado

Uma programação previa a contratação de um guindaste de alto custo para um único serviço. Na aprovação, o supervisor combinou dois serviços próximos numa mesma mobilização. A reprovação, acompanhada de orientação, gerou uma versão melhor da programação e economizou o custo de uma segunda diária do equipamento.

### 8.5.10 Passo a passo no SIGMA EAM

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:

### FLUXO DE TRABALHO — Aprovação



Figura 43 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Receber a programação proposta.
- Passo 2 — Avaliar prioridades, custos e impacto.
- Passo 3 — Aprovar ou reprovar com orientação clara.
- Passo 4 — Registrar a decisão para a trilha de auditoria.
- Passo 5 — Liberar os recursos quando aprovado.

#### **8.5.11 Indicadores e metas do bloco**

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente o tempo de aprovação e a taxa de reprovação. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores de forma confiável, com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

#### **8.5.12 Outro exemplo prático**

Um pedido de compra de alto valor chegou para aprovação sem justificativa clara. O aprovador reprovou pedindo o histórico do ativo; ao analisá-lo, percebeu-se que a troca completa era desnecessária, bastando um reparo. A etapa de aprovação evitou um gasto evitável.

#### **8.5.13 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho**

Na aprovação, a IA dá ao decisor uma base sólida, tornando a etapa mais rápida sem perder o rigor.

- Exemplo 1 — A IA pré-analisa custo, risco e impacto de cada programação e apresenta ao aprovador um resumo com os pontos de atenção, poupando-o de garimpar a informação.
- Exemplo 2 — A IA detecta desvios de padrão, como um custo muito acima do usual para aquele tipo de serviço, e os destaca para revisão antes da liberação.

As vantagens são aprovações mais rápidas e mais bem fundamentadas. O paradigma muda de aprovar apenas pela experiência para aprovar com apoio analítico. O aprovador continua decidindo, mas agora enxerga, em segundos, o que antes exigiria uma análise demorada, e os gastos fora da curva deixam de passar despercebidos.

## 8.6 Recursos de Apoio

Uma vez aprovada a programação, é preciso garantir que tudo o que o serviço exige esteja disponível. O bloco de recursos reúne as áreas de apoio que viabilizam a execução: análise, compras, almoxarifado, terceiros e o próprio planejamento.

**Quadro 13 — Síntese do bloco — Recursos de Apoio**

Item	Descrição
<b>Função principal</b>	Garantir peças, materiais, serviços e competências para a execução.
<b>Entradas (de onde vem)</b>	Necessidades previstas no planejamento; estoque e fornecedores cadastrados.
<b>Processamento (o que faz)</b>	Aciona almoxarifado, compras, terceiros e análise conforme o caso.
<b>Saídas (para onde vai)</b>	Recursos disponíveis no momento certo para executar a ordem.
<b>Indicadores relacionados</b>	Disponibilidade de peças; prazo de atendimento; custo de materiais.
<b>Normas relacionadas</b>	ISO 55001 (gestão de recursos e de custos).
<b>Erro a evitar</b>	Acionar recursos tarde e não cadastrar fornecedores e prazos.

Fonte: elaborado pelo autor.

### 8.6.1 O que são os recursos de apoio

Recursos de apoio são as funções que fornecem à execução aquilo de que ela precisa. A análise estuda casos complexos e define soluções. As compras adquirem o que não há em estoque. O almoxarifado separa e entrega as peças e materiais. Os terceiros executam serviços especializados que a equipe própria não realiza. E o planejamento coordena tudo, garantindo que esses recursos cheguem na hora certa.

### 8.6.2 Para que servem

Esses recursos servem para que a execução não pare por falta de insumos. De nada adianta uma ordem bem planejada e programada se a peça não está disponível, ou se falta o serviço especializado de um terceiro. O bloco de recursos é a logística da manutenção: ele assegura que materiais, serviços e competências estejam no lugar certo no momento certo.

### **8.6.3 Como funcionam e se conectam**

Quando a programação é aprovada, ela aciona os recursos. O almoxarifado é consultado para verificar a disponibilidade das peças; o que falta é solicitado às compras; serviços especializados são contratados de terceiros; casos que exigem estudo vão para a análise. Tudo isso é orquestrado pelo planejamento, que já havia previsto essas necessidades na etapa de preparação. A integração com o cadastro de peças e com o controle de estoque é o que torna essa orquestração possível.

### **8.6.4 Exemplo prático**

Uma ordem aprovada exige a troca de um redutor completo. O almoxarifado verifica que não há redutor em estoque; as compras emitem o pedido ao fornecedor cadastrado; enquanto isso, um terceiro especializado é contratado para o içamento. O planejamento acompanha os prazos e só confirma a data de execução quando o redutor e o serviço de içamento estão garantidos. A ordem flui sem surpresas.

### **8.6.5 Erros comuns e boas práticas**

O erro mais comum é acionar os recursos tarde demais, descobrindo a falta de peças apenas no dia do serviço. Outro é não cadastrar fornecedores e prazos, o que torna as compras imprevisíveis. Como boa prática, antecipe as necessidades já no planejamento, mantenha o cadastro de peças e fornecedores atualizado, e trabalhe com estoques mínimos bem dimensionados para os itens críticos. A execução só é confiável quando a logística por trás dela é confiável.

### **8.6.6 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença**

No bloco de recursos, o conceito de prazo de atendimento, ou lead time, é decisivo. Toda peça que precisa ser comprada tem um tempo entre o pedido e a entrega, e ignorar esse tempo é a causa mais comum de serviços que travam. O planejamento maduro conhece os prazos dos itens críticos e os antecipa, de modo que a peça chegue antes da data do serviço, e não depois.

Para os itens mais críticos, vale a estratégia do estoque de segurança, mantendo uma quantidade mínima que protege contra a falta, ou de arranjos como o estoque consignado, em que o fornecedor mantém o item disponível e só cobra no consumo. Já os serviços de terceiros pedem gestão de contratos clara, com escopo, prazo e responsabilidades definidos, para que a dependência externa não vire um ponto cego do processo.

### 8.6.7 Esquema funcional do bloco

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

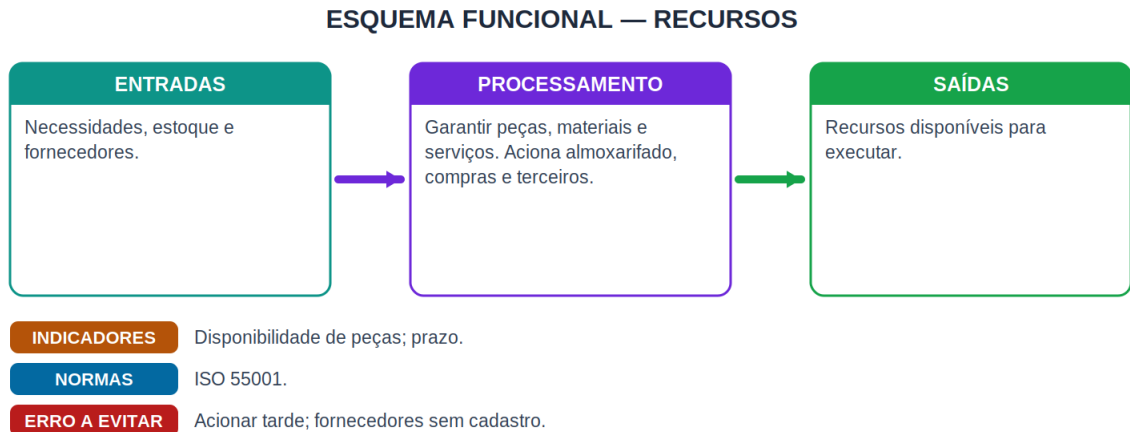


Figura 44 — Esquema funcional do bloco Recursos: entradas, processamento e saídas. Fonte: elaborado pelo autor.

### 8.6.8 Exemplo aplicado

No planejamento de uma parada, o sistema apontou que um rolamento crítico tinha prazo de entrega de quinze dias. A compra foi disparada com antecedência e, quando chegou a data do serviço, a peça já estava separada no almoxarifado. Antes, descobrir a falta no dia significava remarcar tudo e perder a janela de parada.

### 8.6.9 Passo a passo no SIGMA EAM

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:

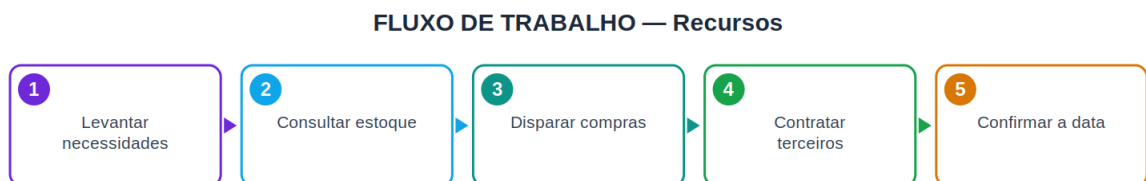


Figura 45 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Levantar as necessidades já no planejamento.
- Passo 2 — Consultar o estoque no almoxarifado.
- Passo 3 — Disparar as compras do que falta, com antecedência.
- Passo 4 — Contratar terceiros quando necessário.
- Passo 5 — Confirmar a data só com os recursos garantidos.

### **8.6.10 Indicadores e metas do bloco**

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente a disponibilidade de peças, o prazo de atendimento e o custo de materiais. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores de forma confiável, com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

### **8.6.11 Outro exemplo prático**

Para uma parada importante, o sistema mostrou que três peças críticas viriam do exterior, com prazos longos. As compras foram disparadas com a antecedência necessária e, no dia, tudo estava disponível. A parada não escorregou por falta de material.

### **8.6.12 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho**

Na gestão de recursos, a IA antecipa a necessidade, atacando a raiz do velho problema da peça que falta no dia do serviço.

- Exemplo 1 — A IA prevê a demanda de peças com base no histórico e nos planos futuros, otimizando o estoque mínimo e o ponto de pedido de cada item.
- Exemplo 2 — A IA antecipa o risco de ruptura, considerando prazos de fornecedores e sazonalidades, e alerta para comprar antes que falte.

As vantagens são a peça certa na hora certa, com menos capital parado e menos faltas. O paradigma muda de reagir à falta para prever a necessidade. O almoxarifado deixa de ser uma fonte de surpresas desagradáveis e passa a ser um aliado previsível do planejamento, sustentando as paradas sem sobressaltos.

## **8.7 Modelos de Documentos e Formulários**

Bons registros nascem de bons modelos. Este apêndice descreve a estrutura dos documentos mais usados na rotina do PCM. Eles não precisam ser complexos; precisam ser claros, completos e consistentes. No SIGMA EAM, a maior parte desses modelos já está embutida nas telas, mas conhecê-los ajuda o planejador a preencher melhor e a cobrar qualidade da equipe.

### **8.7.1 Modelo de Ordem de Serviço**

Uma boa Ordem de Serviço responde, sozinha, às perguntas essenciais: o quê, onde, por quê, quem e quando. Os campos mínimos são:

- Identificação e tipo da ordem (corretiva, preventiva, preditiva).
- TAG do ativo e sua localização na árvore.
- Sintoma ou motivo, com descrição objetiva.
- Prioridade, derivada da criticidade e da urgência.
- Escopo planejado, peças, ferramentas e horas estimadas.
- Cuidados de segurança e bloqueios necessários.
- Autoria da abertura e, ao final, da conclusão.

Uma ordem assim preenchida é compreensível por qualquer pessoa que a leia, hoje ou daqui a dois anos.

### **8.7.2 Modelo de plano de manutenção**

O plano define como um serviço recorrente deve ser feito, servindo de plano-modelo reutilizável. Ele contém o objetivo do plano, o gatilho que o dispara (tempo, uso ou condição), a lista de tarefas em ordem, as peças e ferramentas necessárias, o tempo estimado, as competências exigidas e os pontos de segurança. Um bom plano transforma conhecimento individual em patrimônio da empresa: mesmo que a pessoa experiente saia, o plano permanece.

### **8.7.3 Modelo de relato de histórico**

O relato é a biografia do ativo. O modelo mais útil segue a árvore de intervenções: descreve o sintoma observado, o defeito encontrado, a causa identificada e a solução aplicada, acrescentando o que se recomenda para o futuro. Evita-se o registro genérico, do tipo serviço realizado, que nada ensina. Um relato bem-feito permite que a próxima intervenção comece já sabendo o que aconteceu antes.

### **8.7.4 Modelo de checklist de inspeção**

Inspeções ganham consistência com checklists. O modelo lista cada ponto a verificar, o critério de aceitação (o que é normal e o que é alerta) e um campo para registrar a leitura ou a observação. Um bom checklist é específico o suficiente para não deixar dúvidas e enxuto o bastante para ser cumprido de fato. Quando alimentado pelo aplicativo móvel, com fotos e relato por voz, torna-se uma poderosa fonte de detecção precoce.

### **8.7.5 Modelo de análise de causa raiz**

Quando uma falha importante ou recorrente ocorre, vale registrar a análise. Um modelo simples combina a descrição do problema, a sequência dos cinco porquês até a causa de fundo, a causa raiz identificada e a ação definida para impedir a reincidência, com responsável e prazo. Registrar a análise no histórico do ativo evita que a mesma investigação precise ser refeita no futuro.

### **8.7.6 Modelo de relatório gerencial mensal**

O relatório que vai à liderança deve ser curto e decisivo. Um modelo eficaz traz a evolução dos poucos indicadores essenciais frente aos meses anteriores, os principais ofensores (ativos ou causas que mais consumiram recursos), as ações tomadas e os seus efeitos, e os pontos que exigem decisão da gestão. Um relatório assim ocupa poucas páginas e gera ação, em oposição a relatórios extensos que ninguém lê até o fim.

## **8.8 Gestão de Peças e Estoque de Manutenção**

De nada adianta planejar bem se a peça não está disponível na hora certa. A gestão de peças é parte inseparável do PCM, e equilibra dois custos opostos: o de faltar, que para a produção, e o de sobrar, que imobiliza capital nas prateleiras.

### **8.8.1 Criticidade da peça**

Nem toda peça merece o mesmo tratamento. A criticidade combina o impacto da falta (o quanto a ausência da peça compromete a operação) com o prazo de reposição (quanto tempo leva para obtê-la). Peças críticas, de alto impacto e prazo longo, justificam estoque de segurança; peças de baixo impacto e fácil reposição podem ser compradas sob demanda. Classificar as peças por criticidade é o primeiro passo para uma política de estoque inteligente.

### **8.8.2 A curva ABC**

A curva ABC organiza as peças por valor de consumo: poucos itens (classe A) costumam representar grande parte do valor, enquanto muitos itens (classe C) representam pouco. Esse olhar ajuda a concentrar atenção e controle onde o dinheiro está, sem desperdiçar esforço gerenciando parafusos com o mesmo rigor de um redutor. Combinada com a criticidade, a curva ABC orienta quanto estoque manter de cada item.

### **8.8.3 Estoque mínimo e ponto de pedido**

Para os itens que devem ser mantidos em estoque, definem-se um estoque mínimo, que não deve ser ultrapassado para baixo, e um ponto de pedido, que dispara a compra com antecedência suficiente para repor antes de faltar. O histórico de consumo, registrado no sistema, é o que permite calibrar esses níveis. Quando o planejamento e o estoque conversam, as paradas programadas chegam com tudo separado, e as emergências encontram as peças críticas à mão.

### **8.8.4 A ligação com o planejamento**

A melhor gestão de estoque é aquela integrada ao planejamento. Quando um plano de manutenção sabe de quais peças precisa, e quando o sistema enxerga as paradas futuras, as compras podem ser disparadas no tempo certo, evitando tanto a falta no dia do serviço quanto o estoque parado por meses. Peça certa, na hora certa, no lugar certo: esse é o objetivo, e ele só se alcança com informação fluindo entre o PCM e o almoxarifado.

## 9 EXECUÇÃO, MOBILIDADE E APONTAMENTO

Este capítulo trata do momento em que o plano encontra a realidade: a execução em campo, a mobilidade e o apontamento das horas, com segurança do trabalho.

### 9.1 Mantenedor (Execução)

Chegamos ao momento em que o trabalho efetivamente acontece. O mantenedor é a pessoa que executa a Ordem de Serviço, e este bloco representa a camada de execução, o ponto em que todo o planejamento se converte em ação no equipamento.



Figura 46 — Camada de execução: mantenedor, aplicativo móvel, apontamento de horas, tratamento de pendências, histórico e follow-up. Fonte: elaborado pelo autor.

#### Quadro 14 — Síntese do bloco — Mantenedor (Execução)

Item	Descrição
<b>Função principal</b>	Executar a O.S. e produzir os dados da intervenção.
<b>Entradas (de onde vem)</b>	O.S. liberada, recursos, ficha técnica e procedimento planejado.
<b>Processamento (o que faz)</b>	Realiza o serviço e registra horas, peças, relato e desfecho.
<b>Saídas (para onde vai)</b>	Serviço executado, dados de execução e histórico do ativo.
<b>Indicadores relacionados</b>	MTTR; produtividade; qualidade do registro.
<b>Normas relacionadas</b>	NBR 5462; normas de segurança do trabalho.
<b>Erro a evitar</b>	Executar sem registrar e não relatar o que foi encontrado.

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 9.1.1 Quem é o mantenedor

O mantenedor é o profissional técnico que realiza a intervenção: o mecânico, o eletricitista, o instrumentista, o técnico de refrigeração, entre outros. Ele é quem coloca a mão no equipamento, executa o procedimento, identifica detalhes que só aparecem na prática e devolve o ativo à operação. No panorama, ele é o ator central da execução.

### **9.1.2 O papel da execução no fluxo**

A execução é onde o valor planejado se concretiza. Tudo o que foi preparado, programado, aprovado e suprido existe para chegar a este ponto. Mas a execução não é apenas fazer; é também registrar. O mantenedor não só conserta: ele aponta as horas, relata o que encontrou, indica peças usadas e informa se o serviço foi concluído ou ficou pendente. Esse registro é o que realimenta todo o sistema.

### **9.1.3 Como funciona dentro do SIGMA EAM**

O mantenedor recebe a O.S., normalmente pelo aplicativo móvel, executa o trabalho apoiado pela ficha técnica e pelo procedimento planejado, e registra o resultado. Ele aponta as horas trabalhadas, decide se o serviço foi concluído ou se há pendência, lança o histórico do que foi feito e fica sob acompanhamento do follow-up. A identificação biométrica assegura que o registro tenha autoria. Assim, a execução é, ao mesmo tempo, ação física e produção de dados.

### **9.1.4 Conexões no fluxo**

A execução recebe os recursos e a ordem liberada. Conecta-se ao aplicativo móvel, que é a sua interface de campo; ao apontamento de horas, que mede o esforço; à decisão de conclusão ou pendência; ao lançamento de histórico; e ao follow-up, que a acompanha. É um bloco densamente conectado, porque é o ponto em que o mundo físico e o mundo da informação se encontram.

### **9.1.5 Exemplo prático**

Um eletricista recebe no celular uma O.S. para substituir um contator. Ele se identifica pelo rosto no aplicativo, lê o procedimento, executa a substituição com o bloqueio de segurança previsto, aponta duas horas de trabalho, registra que usou um contator do estoque, descreve no histórico o estado em que encontrou o componente e marca a ordem como concluída. Todo esse registro alimenta o histórico do ativo e os indicadores.

### **9.1.6 Erros comuns e boas práticas**

O erro mais comum é executar sem registrar adequadamente, deixando o sistema sem os dados que sustentam os indicadores. Outro é não relatar o que se encontrou, perdendo informação valiosa para o diagnóstico futuro. Como boa prática, trate o registro como parte inseparável da execução, descreva com objetividade o que

foi encontrado e feito, e use o aplicativo para registrar no momento, evitando deixar para depois, quando os detalhes já se perderam.

### 9.1.7 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença

A execução segura é inegociável, e um de seus pilares é o bloqueio e a etiquetagem das fontes de energia antes da intervenção, prática que garante que a máquina não será ligada enquanto alguém trabalha nela. Procedimentos padronizados, com os passos e os cuidados descritos, protegem tanto a pessoa quanto o equipamento, e devem estar disponíveis para o mantenedor no momento do serviço.

Há um valor frequentemente subestimado na execução: o retorno do executante para o planejamento. O mantenedor é quem vê a realidade do equipamento e quem percebe quando um plano está mal dimensionado, quando uma estimativa de tempo é irreal ou quando uma peça especificada não é a ideal. Capturar esse retorno e usá-lo para melhorar os planos é uma das formas mais ricas de aprendizado do PCM.

### 9.1.8 Esquema funcional do bloco

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

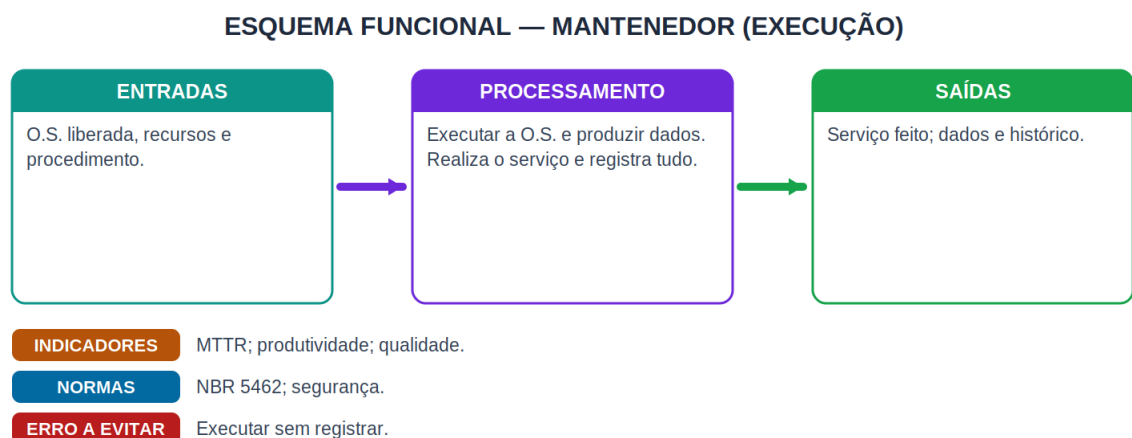


Figura 47 — Esquema funcional do bloco Mantenedor: entradas, processamento e saídas. Fonte: elaborado pelo autor.

### 9.1.9 Exemplo aplicado

Ao executar a troca de um selo mecânico, o mantenedor encontrou também desgaste no eixo. Registrou a observação por voz e anexou uma foto pelo aplicativo.

Essa informação, que antes se perderia, transformou-se em uma nova demanda planejada e evitou uma falha futura no mesmo ponto, poucas semanas depois.

#### **9.1.10 Passo a passo no SIGMA EAM**

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:

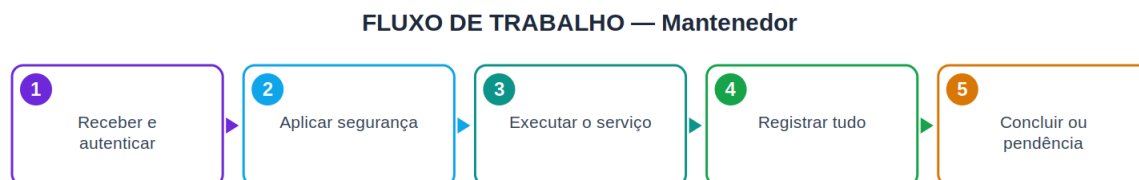


Figura 48 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Receber a ordem no aplicativo e autenticar-se.
- Passo 2 — Aplicar os bloqueios e cuidados de segurança.
- Passo 3 — Executar conforme o procedimento planejado.
- Passo 4 — Registrar horas, peças e o que foi encontrado.
- Passo 5 — Concluir ou registrar a pendência com o motivo.

#### **9.1.11 Indicadores e metas do bloco**

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente o MTTR, a produtividade e a qualidade do registro. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores de forma confiável, com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

#### **9.1.12 Outro exemplo prático**

Durante a execução, o procedimento planejado previa um torque específico. O técnico, consultando a ordem no aplicativo, aplicou o valor correto e registrou a conferência. Um detalhe que, esquecido no passado, já havia causado o afrouxamento e uma nova falha.

#### **9.1.13 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho**

Na execução, a IA chega como um copiloto do mantenedor, ali, no ponto em que o plano encontra a realidade.

- Exemplo 1 — A IA oferece um assistente de execução que traz o procedimento, o histórico do ativo e sugestões de diagnóstico, ajudando o técnico a resolver mais rápido e com mais segurança.
- Exemplo 2 — A IA estrutura automaticamente o relato ditado por voz, organizando-o em sintoma, defeito, causa e solução, sem que o técnico precise se preocupar com o formato.

As vantagens são uma execução mais rápida e padronizada e um registro muito melhor, feito sem esforço. O paradigma muda de executar sozinho, contando apenas com a própria memória, para executar com um copiloto que sabe o histórico de toda a planta. O conhecimento deixa de ser privilégio dos mais experientes e passa a estar disponível para todos, no momento do serviço.

## 9.2 Aplicativo Móvel

A execução moderna não acontece mais apenas no papel ou no computador de mesa. Ela acontece na palma da mão do mantenedor, por meio do aplicativo móvel ligado à Ordem de Serviço. Este é um dos recursos que mais transformam o dia a dia da manutenção.

**Quadro 15 — Síntese do bloco — Aplicativo Móvel**

Item	Descrição
<b>Função principal</b>	Levar a O.S. e seus registros para o campo, na mão do mantenedor.
<b>Entradas (de onde vem)</b>	Ordens designadas, ficha técnica e identificação biométrica.
<b>Processamento (o que faz)</b>	Consulta, aponta horas, relata, conclui e recebe notificações no local.
<b>Saídas (para onde vai)</b>	Registros feitos no momento e novas demandas (ex.: foto de anomalia).
<b>Indicadores relacionados</b>	Tempo entre a ação e o registro; uso efetivo do aplicativo em campo.
<b>Normas relacionadas</b>	Conceito de Indústria 4.0; boas práticas de mobilidade.
<b>Erro a evitar</b>	Usar sem treinamento e depender de rede onde não há sinal.

Fonte: elaborado pelo autor.

### 9.2.1 O que é o aplicativo móvel

O aplicativo móvel é a versão do SIGMA EAM que roda no celular ou no tablet do mantenedor, permitindo que ele interaja com a Ordem de Serviço diretamente no campo, ao lado do equipamento. Em vez de voltar a um terminal para consultar ou registrar, ele faz tudo onde o trabalho está acontecendo.

### **9.2.2 Para que serve**

O aplicativo serve para eliminar a distância entre a ação e o registro. Quando o mantenedor precisa caminhar até um computador para apontar horas ou consultar um procedimento, dois problemas aparecem: perde-se tempo e perdem-se detalhes, porque o registro é feito de memória, mais tarde. Com o aplicativo, o técnico recebe a ordem, consulta a ficha técnica, registra horas, relata o que encontrou e conclui o serviço no local, no momento exato. A informação fica mais rica e mais confiável.

### **9.2.3 Como funciona dentro do SIGMA EAM**

O aplicativo liga-se diretamente à O.S. Ele recebe as ordens designadas ao técnico, mostra os procedimentos e a ficha técnica, permite o apontamento de horas e o relato de execução, e leva ao bolso do mantenedor as notificações e o acompanhamento do follow-up. A autenticação por reconhecimento facial ocorre no próprio aplicativo, garantindo que o registro feito em campo tenha autoria confiável. É a ponte entre a O.S. e o mundo físico.

### **9.2.4 Conexões no fluxo**

O aplicativo conecta-se ao mantenedor, de quem é a ferramenta de trabalho, e à Ordem de Serviço, que ele recebe e atualiza. Conecta-se também ao Notify, levando as notificações ao campo, e ao follow-up, permitindo o acompanhamento dos serviços. Ele é, em essência, a materialização móvel de vários blocos ao mesmo tempo.

### **9.2.5 Exemplo prático**

Um mecânico recebe no aplicativo uma O.S. de lubrificação de uma rota com dez pontos. Caminhando pela planta, ele consulta no celular o lubrificante e a quantidade de cada ponto, marca cada um conforme executa, fotografa uma anomalia que percebeu em um dos equipamentos e, ao final, conclui a ordem. A anomalia fotografada vira automaticamente uma nova demanda. Tudo isso sem voltar uma única vez à sala da manutenção.

### **9.2.6 Erros comuns e boas práticas**

O erro mais comum é fornecer o aplicativo sem treinar a equipe, fazendo com que a ferramenta poderosa seja subutilizada. Outro é depender de conectividade em áreas onde ela não existe, sem prever o trabalho fora de linha. Como boa prática, treine os mantenedores no uso do aplicativo, incentive o registro no momento da

execução e verifique a cobertura de rede nas áreas críticas, prevendo alternativas onde o sinal é fraco.

### 9.2.7 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença

Uma característica decisiva do aplicativo móvel é a capacidade de trabalhar fora de linha, registrando as informações no celular mesmo sem sinal e sincronizando-as quando a conexão retorna. Em plantas com áreas sem cobertura, essa capacidade é o que viabiliza o registro no momento da execução, em vez do registro de memória feito depois. Verificar a cobertura e prever o trabalho offline é parte da implantação.

O aplicativo também enriquece o registro com recursos que o papel não oferece: fotos de anomalias, anexos e a leitura de códigos junto ao equipamento, que confirmam a TAG correta com um simples apontar da câmera. Esses recursos reduzem erros, aceleram o trabalho e tornam o histórico muito mais rico, porque uma imagem registrada no local vale, muitas vezes, mais do que um parágrafo escrito depois.

### 9.2.8 Esquema funcional do bloco

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

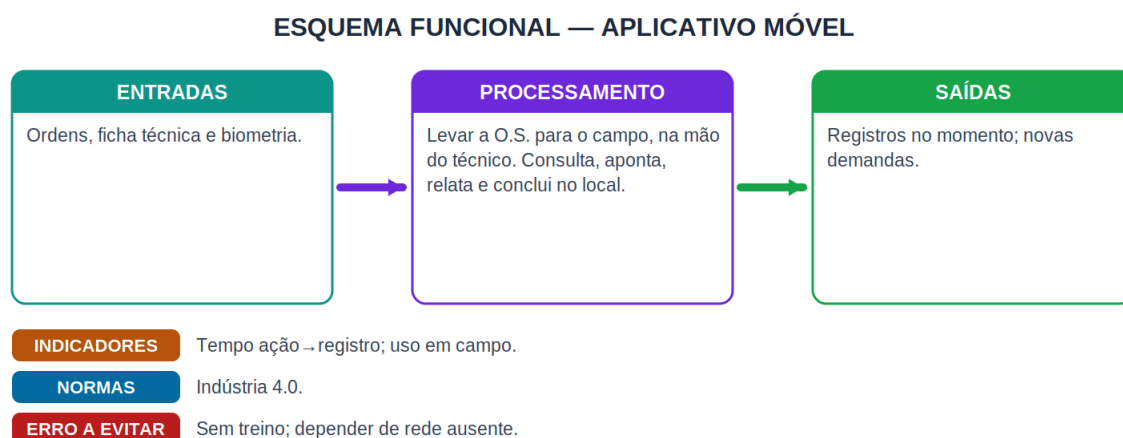


Figura 49 — Esquema funcional do bloco Aplicativo Móvel: entradas, processamento e saídas. Fonte: elaborado pelo autor.

### 9.2.9 Exemplo aplicado

Numa área sem sinal de rede, o técnico registrou toda a intervenção no aplicativo em modo offline; ao retornar à zona com cobertura, tudo sincronizou

sozinho. O registro foi feito no momento e no local, com fotos e horas, sem depender de voltar à sala da manutenção e tentar reconstruir os detalhes de memória.

### **9.2.10 Passo a passo no SIGMA EAM**

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:



Figura 50 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Receber as ordens designadas no aplicativo.
- Passo 2 — Consultar a ficha técnica e o procedimento no local.
- Passo 3 — Registrar horas, fotos e relato por voz.
- Passo 4 — Trabalhar em modo offline onde não há sinal.
- Passo 5 — Concluir a ordem e sincronizar os dados.

### **9.2.11 Indicadores e metas do bloco**

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente o tempo entre a ação e o registro e o uso efetivo do aplicativo em campo. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores de forma confiável, com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

### **9.2.12 Outro exemplo prático**

Um técnico em altura, em uma torre, não teria como digitar um relatório. Pelo aplicativo, ditou tudo por voz e anexou fotos, concluindo a ordem sem precisar descer. O registro foi feito no exato local do serviço, com uma riqueza que a memória jamais reproduziria.

### **9.2.13 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho**

No aplicativo móvel, a IA torna a interação em campo natural, como conversar com um colega que conhece o sistema.

- Exemplo 1 — A IA funciona como um assistente por voz em campo, respondendo a perguntas e recebendo comandos, ideal para quem está de mãos ocupadas, em altura ou com luvas.
- Exemplo 2 — A IA reconhece uma peça ou um equipamento a partir de uma foto e traz, na hora, a ficha técnica, o histórico e as peças relacionadas.

As vantagens são mãos livres e muito menos tempo procurando informação. O paradigma muda de consultar o sistema, navegando por menus, para conversar com o sistema em linguagem natural. O aplicativo deixa de ser uma tela a operar e passa a ser um assistente que entende e responde, mesmo nas condições mais adversas do campo.

### 9.3 Apontamento de Horas

Entre os registros que o mantenedor produz, o apontamento de horas tem lugar de destaque. Ele é a medida do esforço da manutenção e a base de uma série de indicadores e custos.

**Quadro 16 — Síntese do bloco — Apontamento de Horas**

Item	Descrição
<b>Função principal</b>	Medir o esforço de mão de obra dedicado a cada serviço.
<b>Entradas (de onde vem)</b>	Tempo trabalhado por mantenedor identificado, vinculado à O.S.
<b>Processamento (o que faz)</b>	Soma as horas, atribui custo de mão de obra e alimenta indicadores.
<b>Saídas (para onde vai)</b>	Custo de mão de obra, MTTR e produtividade.
<b>Indicadores relacionados</b>	MTTR; horas por tipo de manutenção; produtividade.
<b>Normas relacionadas</b>	NBR 5462 (tempos de reparo).
<b>Erro a evitar</b>	Apontar de memória e omitir os serviços pequenos.

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 9.3.1 O que é apontar horas

Apontar horas é registrar quanto tempo foi dedicado a cada serviço, por quem. Esse registro transforma o trabalho, que é uma atividade física, em um dado mensurável. Sem ele, não se sabe quanto custa a mão de obra de um serviço, nem quanto tempo a equipe gasta em cada tipo de manutenção, nem qual a produtividade real do setor.

### **9.3.2 Para que serve**

As horas apontadas servem a vários propósitos. Elas compõem o custo de mão de obra de cada O.S. Alimentam o cálculo do tempo médio para reparo, o MTTR. Permitem medir a produtividade e a distribuição do esforço entre os tipos de manutenção. E ajudam a dimensionar a equipe, mostrando se a capacidade é suficiente para a demanda. As horas são, em muitos sentidos, a moeda da manutenção.

### **9.3.3 Como funciona dentro do SIGMA EAM**

O apontamento ocorre na execução, idealmente pelo aplicativo móvel, vinculando as horas à O.S. e ao mantenedor identificado. O sistema soma essas horas para apurar custos, alimentar indicadores e compor o histórico. As horas também dialogam com os horímetros: enquanto o horímetro mede o tempo de funcionamento da máquina, o apontamento mede o tempo de trabalho da pessoa. Juntos, eles dão a dimensão do uso do ativo e do esforço da equipe.

### **9.3.4 Exemplo prático**

Em um reparo de emergência, dois técnicos trabalham três horas cada. Eles apontam, cada um, suas três horas na O.S. O sistema calcula seis horas de mão de obra, atribui o custo correspondente ao centro de custo do equipamento e contabiliza o tempo no cálculo do MTTR daquele ativo. No fim do mês, esses números compõem o retrato do desempenho da manutenção.

### **9.3.5 Erros comuns e boas práticas**

O erro mais comum é o apontamento impreciso, feito de memória no fim do dia, ou os famosos arredondamentos que distorcem os números. Outro é não apontar as horas de serviços pequenos, subestimando o esforço real. Como boa prática, aponte as horas no momento da execução, pelo aplicativo, com honestidade e precisão, lembrando que esses números voltarão como indicadores que orientam decisões sobre a própria equipe.

### **9.3.6 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença**

No apontamento, é útil distinguir as horas diretas, gastas efetivamente na intervenção, das horas indiretas, gastas em deslocamentos, esperas e preparação. Essa distinção revela um indicador poderoso: a fração do tempo da equipe que é de fato dedicada à chave na mão, por vezes chamada de tempo produtivo. Em muitas

operações, esse tempo é surpreendentemente baixo, e melhorá-lo, por meio de melhor planejamento e logística, traz ganhos enormes sem contratar ninguém.

Convém não confundir utilização com produtividade. Uma equipe pode estar totalmente ocupada e, ainda assim, pouco produtiva, se grande parte do tempo se perde em esperas e idas e vindas. O apontamento honesto, que registra também as horas indiretas, é o que permite enxergar essa diferença e atacar as causas do desperdício, em vez de simplesmente cobrar mais esforço das pessoas.

### **9.3.7 Apontamento de horas com identificação facial e lançamento por voz**

Entre todas as aplicações da face e da voz, o apontamento de horas talvez seja a que mais se beneficia, porque é aqui que as fraudes e as imprecisões eram historicamente mais frequentes. Antes desses recursos, o apontamento dependia da memória e da boa vontade. As horas eram anotadas no fim do dia, frequentemente arredondadas, às vezes infladas, e não raro registradas por um colega em nome de outro. A ausência de prova de quem executou abria caminho para o que se chama de marcação por terceiros, em que uma pessoa aponta o trabalho de outra que não estava presente. O efeito era duplo: além da fraude trabalhista, os indicadores ficavam distorcidos, com custos de mão de obra irreais e tempos de reparo que não refletiam a realidade.

A identificação facial elimina a raiz dessas falhas. Ao iniciar e ao encerrar a sua participação em uma ordem, o mantenedor confirma a face, e as horas passam a ser assinadas biometricamente. Torna-se impossível apontar horas em nome de outra pessoa, porque a face não se empresta, e a prova de vida impede o uso de uma fotografia. Cada hora registrada fica, assim, inequivocamente ligada a quem a trabalhou, com data e hora, com valor de assinatura eletrônica.

O lançamento por voz, por sua vez, ataca a imprecisão e o atraso. Em vez de tentar reconstruir, horas depois, o tempo gasto e o que foi feito, o técnico aponta no momento, falando: apontar uma hora e trinta, troca da vedação concluída. De mãos livres, mesmo com luvas e ao lado da máquina, ele registra de forma imediata e precisa. As vantagens se somam: combate à fraude, pelo não-repúdio e pelo fim da marcação por terceiros; velocidade, porque falar é mais rápido do que digitar; conformidade, pela assinatura eletrônica auditável; e, talvez o mais importante para a gestão, exatidão dos indicadores, já que o tempo médio para reparo, o custo de mão de obra e a produtividade passam a refletir a realidade. Um exemplo torna isso

tangível: em uma equipe que migrou do apontamento manual para o apontamento com face e voz, some a figura do colega que batia o ponto pelo outro, as horas lançadas passam a fechar com o tempo real de permanência nas ordens, e o custo de mão de obra deixa de ser uma estimativa para se tornar um dado confiável.

### APONTAMENTO DE HORAS: DO MANUAL À ASSINATURA POR FACE E VOZ

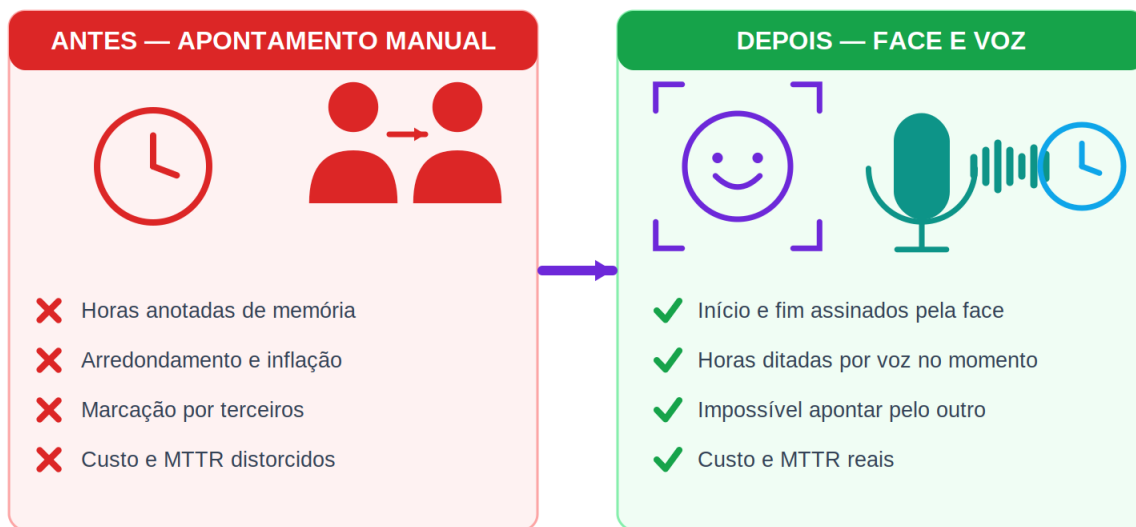


Figura 51 — Apontamento de horas: do registro manual, sujeito a fraude, à assinatura por face e voz no momento da execução. Fonte: elaborado pelo autor.

#### 9.3.8 Esquema funcional do bloco

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

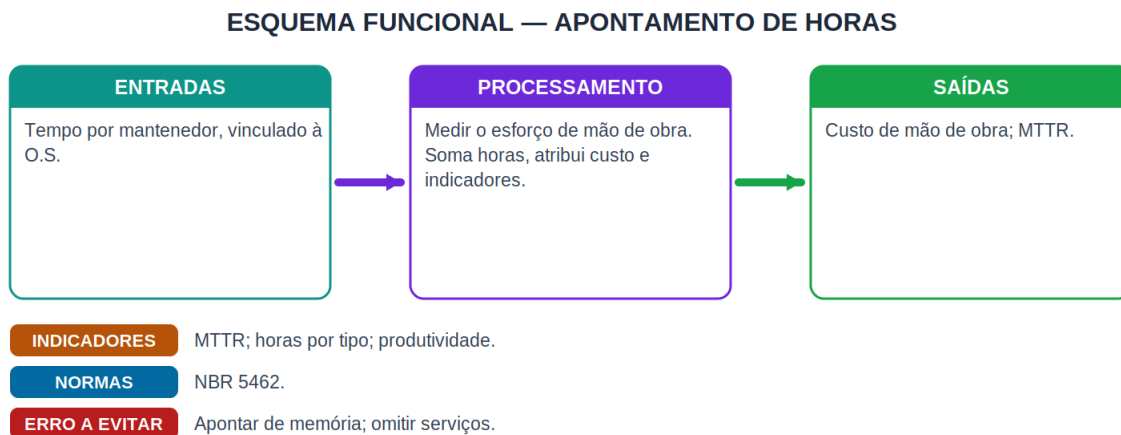


Figura 52 — Esquema funcional do bloco Apontamento de Horas: entradas, processamento e saídas. Fonte: elaborado pelo autor.

### 9.3.9 Exemplo aplicado

Ao final de uma semana, o relatório de horas mostrou que uma parcela significativa do tempo da equipe se perdia em deslocamentos e esperas por peças. Com esse dado, o planejador reorganizou a logística de materiais e recuperou boa parte dessas horas, elevando a produtividade sem contratar ninguém a mais.

### 9.3.10 Passo a passo no SIGMA EAM

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:



Figura 53 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Iniciar o apontamento ao começar o serviço.
- Passo 2 — Registrar as horas vinculadas à ordem e à pessoa.
- Passo 3 — Distinguir as horas diretas das indiretas.
- Passo 4 — Encerrar o apontamento ao concluir.
- Passo 5 — Usar os dados para ajustar a logística e a equipe.

### 9.3.11 Indicadores e metas do bloco

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente o MTTR, as horas por tipo de manutenção e a produtividade. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores de forma confiável, com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

### 9.3.12 Outro exemplo prático

Ao comparar as horas apontadas com o tempo planejado, o planejador notou que certo tipo de serviço sempre levava o dobro do previsto. Investigou, descobriu uma etapa mal dimensionada e corrigiu o plano-modelo, tornando as estimativas futuras realistas.

### **9.3.13 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho**

No apontamento de horas, a IA cuida da qualidade e do significado dos dados de esforço, que são a base de indicadores críticos.

- Exemplo 1 — A IA detecta apontamentos anômalos, como horas muito acima ou abaixo do padrão para aquele tipo de serviço, sinalizando para revisão e protegendo a operação contra erros e fraudes.
- Exemplo 2 — A IA aprende os tempos reais por tipo de serviço e usa esse aprendizado para melhorar as estimativas de planejamento, tornando-as cada vez mais realistas.

As vantagens são dados de horas confiáveis e estimativas que refletem a realidade. O paradigma muda de apenas medir o passado para aprender com ele e prever o esforço futuro. O apontamento deixa de ser um mero registro contábil e passa a alimentar um ciclo em que cada serviço torna o próximo mais bem planejado.

## **9.4 Segurança do Trabalho na Manutenção**

A manutenção é uma das atividades de maior risco em qualquer planta, porque coloca pessoas em contato com energias perigosas justamente quando os equipamentos estão abertos ou em condições não usuais. Nenhuma eficiência justifica um acidente. Este apêndice resume práticas essenciais, que devem estar embutidas no fluxo das ordens.

### **9.4.1 Bloqueio e etiquetagem**

Antes de intervir em um equipamento, é preciso garantir que ele não possa ser ligado nem liberar energia inesperadamente. O bloqueio e a etiquetagem consistem em isolar e travar todas as fontes de energia, elétrica, mecânica, hidráulica, pneumática, térmica, e sinalizar que há pessoas trabalhando. A O.S. deve trazer, no seu escopo, os pontos de bloqueio necessários, de modo que a segurança não dependa da memória de quem executa.

### **9.4.2 Permissão de trabalho e análise de risco**

Para serviços de maior risco, como trabalho em altura, em espaço confinado ou a quente, exige-se uma permissão de trabalho, precedida de uma análise dos riscos da tarefa e das medidas de controle. Esse passo, longe de ser burocracia, é o momento em que a equipe pensa, antes de agir, no que pode dar errado e em como

se proteger. Integrar a permissão à ordem garante que ela não seja esquecida sob a pressão do tempo.

#### **9.4.3 Segurança como parte do planejamento**

A segurança não é uma etapa separada, mas uma dimensão de todo o planejamento. Ao definir o escopo de um serviço, definem-se também os equipamentos de proteção, os bloqueios, as permissões e os cuidados específicos. Quando a segurança está no plano, ela acontece; quando fica a cargo da boa vontade no momento, mais cedo ou mais tarde falha. Por isso, um bom plano de manutenção é também um bom plano de segurança.

#### **9.4.4 Registro e aprendizado**

Assim como as falhas técnicas, os incidentes e quase acidentes devem ser registrados e analisados pela causa raiz. Cada quase acidente é um aviso gratuito: tratá-lo evita o acidente real. O mesmo histórico que ensina sobre a confiabilidade dos ativos pode, e deve, ensinar sobre a segurança das tarefas, fechando o ciclo de melhoria também nessa dimensão tão importante.

## 10 CONCLUSÃO, VALIDAÇÃO, HISTÓRICO E FOLLOW-UP

O fim do fluxo é tão importante quanto o início. Este capítulo trata da conclusão correta, da validação, do histórico e do acompanhamento, com a gestão da causa raiz da solicitação à conclusão.

### 10.1 Conclusão e Pendência

Ao final de uma intervenção, há sempre uma decisão a tomar: o serviço foi concluído ou ficou pendente. Esse ponto de decisão, representado no panorama por um losango, é mais importante do que parece.

Quadro 17 — Síntese do bloco — Conclusão e Pendência

Item	Descrição
Função principal	Definir o desfecho correto da execução com honestidade.
Entradas (de onde vem)	Resultado da execução e das horas apontadas.
Processamento (o que faz)	Decide entre concluir ou registrar pendência, sempre com o motivo.
Saídas (para onde vai)	Encaminhamento ao histórico ou à reprogramação e ao follow-up.
Indicadores relacionados	Taxa de pendências; reincidência; backlog.
Normas relacionadas	NBR 5462 (falha e defeito); boas práticas de qualidade do dado.
Erro a evitar	Conclusão falsa de serviço que ficou incompleto.

Fonte: elaborado pelo autor.

#### 10.1.1 O que decide este bloco

Este bloco decide o desfecho imediato da execução. Concluído significa que o trabalho foi inteiramente realizado e o equipamento está apto. Pendente significa que algo impediu a conclusão, seja a falta de uma peça, a necessidade de uma parada que não pôde ser obtida, ou a descoberta de um problema adicional que exige nova preparação.

#### 10.1.2 Por que distinguir conclusão de pendência

Distinguir os dois desfechos é essencial para a verdade dos dados. Marcar como concluído um serviço que ficou pela metade contamina os indicadores e cria falsa sensação de resolução. Reconhecer a pendência, ao contrário, mantém o serviço vivo no sistema, garante seu acompanhamento e alimenta o backlog com a verdade. A honestidade neste ponto é o que sustenta a confiabilidade de todo o histórico.

### **10.1.3 Como funciona dentro do SIGMA EAM**

Quando o mantenedor conclui o serviço, o caminho segue para o lançamento do histórico. Quando há pendência, o sistema mantém a ordem aberta, registra o motivo, e aciona a reprogramação e o acompanhamento pelo follow-up. A pendência pode também gerar uma notificação, alertando o planejador de que algo precisa de nova providência. Assim, nenhum serviço se perde por ter ficado incompleto.

### **10.1.4 Conexões no fluxo**

A decisão recebe o resultado da execução e das horas apontadas. O caminho de conclusão leva ao lançamento de histórico. O caminho de pendência aciona a reprogramação, o follow-up e, quando configurado, uma notificação. É um pequeno cruzamento que direciona o serviço para o seu desfecho correto.

### **10.1.5 Exemplo prático**

Um técnico abre uma O.S. para reparar uma válvula, mas descobre que a peça de reposição correta não está em estoque. Em vez de improvisar ou de marcar o serviço como concluído, ele registra a pendência, indicando a falta da peça. O sistema mantém a ordem aberta, aciona as compras, agenda nova data e mantém o follow-up de olho. Quando a peça chega, o serviço é retomado e, então sim, concluído.

### **10.1.6 Erros comuns e boas práticas**

O erro mais grave é a conclusão falsa, marcar como pronto o que não está, geralmente para melhorar números no curto prazo. Esse erro destrói a confiabilidade dos dados e adia problemas. Como boa prática, cultive a cultura de registrar a pendência com transparência, deixe claro o motivo, e trate as pendências como serviços vivos que merecem acompanhamento até o encerramento real.

### **10.1.7 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença**

As pendências têm naturezas diferentes, e distingui-las ajuda a tratá-las. Há a pendência de material, quando falta uma peça; a pendência técnica, quando o problema exige um estudo ou uma solução ainda não definida; e a pendência de janela, quando o serviço só pode ser feito em uma parada que ainda não ocorreu. Cada tipo pede uma providência específica, e registrar o motivo é o que direciona corretamente a ação.

É importante perceber que a forma de tratar as pendências afeta os indicadores. Manter uma ordem aberta enquanto se aguarda uma peça reflete a

verdade no backlog e evita inflar artificialmente o número de conclusões. Já o tempo de espera por material não deveria ser computado como tempo de reparo, sob pena de distorcer o MTTR. A honestidade no registro da pendência é, no fundo, a honestidade dos próprios indicadores.

#### **10.1.8 Conclusão de O.S. com assinatura facial e relato por voz**

A conclusão da ordem é o ponto em que a honestidade do registro mais importa, e também onde a identificação por face e o relato por voz mostram grande valor. Antes, uma ordem podia ser marcada como concluída sem que se soubesse, com certeza, quem a encerrou, o que facilitava a chamada conclusão falsa, isto é, dar por pronto um serviço que não foi inteiramente realizado, muitas vezes para melhorar números no curto prazo. Sem autoria comprovada, esse desvio raramente podia ser responsabilizado.

Com a identificação facial, a conclusão passa a exigir o reconhecimento de quem encerra a ordem, transformando-se em uma assinatura digital, com autor, data e hora, e com a proteção da prova de vida. Quem conclui responde pelo que declarou concluído. Com o relato por voz, o fechamento ganha riqueza: ainda no local, o profissional dita o que foi feito e o que recomenda, alimentando um histórico completo no momento em que os detalhes estão frescos. As vantagens são claras: combate direto à conclusão falsa, pela responsabilização; rastreabilidade plena do encerramento; e um histórico mais rico e confiável, que beneficiará a próxima intervenção naquele ativo.

#### **10.1.9 Esquema funcional do bloco**

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

## ESQUEMA FUNCIONAL — CONCLUSÃO / PENDÊNCIA

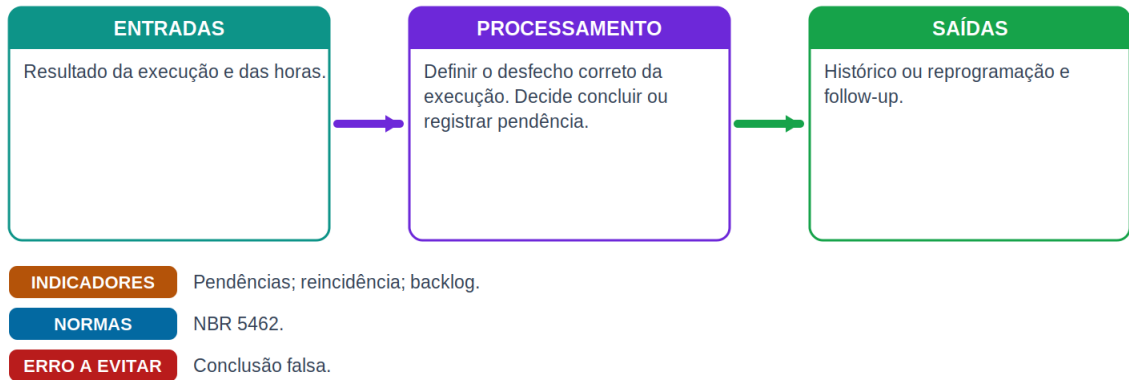


Figura 54 — Esquema funcional do bloco Conclusão e Pendência: entradas, processamento e saídas. Fonte: elaborado pelo autor.

### 10.1.10 Exemplo aplicado

Um técnico não pôde concluir a troca de uma válvula por falta da peça correta. Em vez de marcar como concluído, registrou a pendência com o motivo. O sistema manteve a ordem viva, acionou a compra e, três dias depois, a válvula foi instalada e a ordem, então sim, foi encerrada, com o histórico fiel ao que aconteceu.

### 10.1.11 Passo a passo no SIGMA EAM

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:

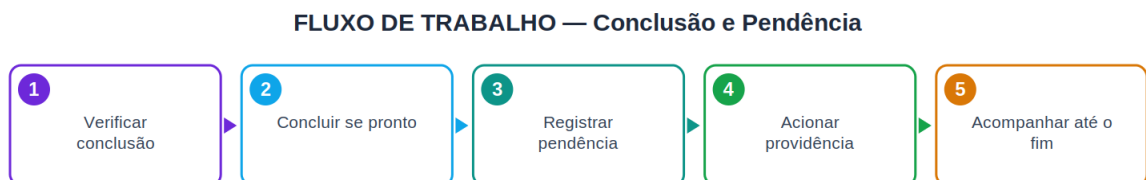


Figura 55 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Verificar se o serviço foi inteiramente realizado.
- Passo 2 — Se sim, encaminhar à conclusão e ao histórico.
- Passo 3 — Se não, registrar a pendência e o seu motivo.
- Passo 4 — Acionar a providência adequada.
- Passo 5 — Acompanhar pelo follow-up até o encerramento real.

### 10.1.12 Indicadores e metas do bloco

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente a taxa de pendências, a reincidência e o backlog. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores de forma confiável, com

dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

#### **10.1.13 Outro exemplo prático**

Uma ordem foi marcada como pendente por falta de uma peça específica. Semanas depois, o relatório de pendências por motivo mostrou que a mesma peça travava vários serviços. A equipe ajustou o estoque mínimo dela e eliminou a recorrência.

#### **10.1.14 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho**

Na conclusão e na pendência, a IA ajuda a tomar a decisão certa e a antecipar o que vem depois.

- Exemplo 1 — A IA sugere se o caso é de conclusão ou de pendência e prevê o risco de reincidência, alertando quando uma ordem tem grande chance de voltar em breve.
- Exemplo 2 — A IA recomenda automaticamente um follow-up ou uma análise de causa raiz quando reconhece um padrão de falha que costuma se repetir.

As vantagens são menos conclusões falsas, menos reincidência e uma ação preventiva mais cedo. O paradigma muda de fechar a ordem e esquecer para fechar e já prever o futuro daquele ativo. A conclusão deixa de ser um ponto final e passa a ser também um ponto de partida para evitar a próxima falha.

#### **10.1.15 Validação e assinaturas na conclusão: qualidade e solicitante**

A conclusão de uma Ordem de Serviço não deveria ser um ato isolado de quem executou. Concluir bem significa comprovar que o problema foi realmente resolvido e que a causa, e não apenas o sintoma, foi tratada. Para isso, no momento da conclusão, o SIGMA EAM aciona um módulo de validação e assinaturas que envolve três papéis complementares.

Primeiro, o executante registra a solução aplicada e assina, fechando tecnicamente o serviço. Em seguida, o setor de qualidade valida a coerência da cadeia sintoma, defeito, causa e solução, verificando sobretudo se a causa raiz foi de fato atacada, e não apenas o efeito visível; aprova ou devolve a ordem com orientação.

Por fim, o solicitante original confirma que o problema que havia percebido foi resolvido, trazendo a validação de quem convive com o equipamento no dia a dia. As três assinaturas são feitas por identificação facial, com prova de vida, registrando autor, data e hora, com valor de assinatura eletrônica e força de não-repúdio.

#### MÓDULO DE VALIDAÇÃO E ASSINATURAS NA CONCLUSÃO DA O.S.



Assinaturas por identificação facial e voz, com prova de vida: autoria, data e hora (não-repúdio).

Figura 56 — Módulo de validação e assinaturas na conclusão da O.S.: executante, qualidade e solicitante. Fonte: elaborado pelo autor.

Somente quando as validações são aprovadas e as assinaturas são colhidas, a O.S. é efetivamente concluída e segue ao histórico, já com a cadeia da causa raiz completa. Se qualquer das validações reprovar, a ordem retorna como pendência, com o motivo registrado, evitando a conclusão falsa e a reincidência. A normatização completa desse módulo, com as regras e as exceções, encontra-se em capítulo próprio deste manual.

## 10.2 Lançamento de Histórico

Concluído o serviço, resta o ato que talvez seja o mais valioso de todo o fluxo para o longo prazo: lançar o histórico. É o registro do que aconteceu, e é dele que o sistema extrai grande parte de sua inteligência.

### Quadro 18 — Síntese do bloco — Lançamento de Histórico

Item	Descrição
<b>Função principal</b>	Registrar o que aconteceu, formando a biografia do ativo.
<b>Entradas (de onde vem)</b>	Resultado da conclusão e a árvore sintoma, defeito, causa e solução.
<b>Processamento (o que faz)</b>	Estrutura o relato e o vincula à TAG do ativo.
<b>Saídas (para onde vai)</b>	Conhecimento para o cadastro, os indicadores, o BI e a IA.
<b>Indicadores relacionados</b>	Confiabilidade; reincidência; padrões de falha.
<b>Normas relacionadas</b>	ISO 14224 (coleta de dados de falha); NBR 5462.

<b>Erro a evitar</b>	Histórico vazio, genérico ou sem a árvore de intervenções.
----------------------	--

Fonte: elaborado pelo autor.

### **10.2.1 O que é o histórico**

O histórico é o relato estruturado do que foi feito em cada O.S.: o que se encontrou, o que se fez, quais peças se usaram, quanto tempo levou e qual foi o resultado. Acumulado ao longo do tempo, o histórico de um ativo conta a sua biografia: quantas vezes falhou, por quais motivos, com que custos e com que soluções.

### **10.2.2 Para que serve**

O histórico serve à memória e ao aprendizado. É consultando o histórico que o planejador descobre que um equipamento falha sempre pelo mesmo motivo, que uma solução funcionou melhor que outra, ou que vale a pena substituir um ativo que dá prejuízo recorrente. O histórico é também a base dos indicadores de confiabilidade e a matéria-prima da inteligência artificial, que aprende com os padrões do passado para prever o futuro.

### **10.2.3 Como funciona dentro do SIGMA EAM**

Ao concluir a O.S., o mantenedor lança o histórico, idealmente usando a árvore de intervenções: relaciona o sintoma ao defeito, à causa e à solução. Esse registro estruturado é o que transforma relatos soltos em dados comparáveis. O histórico fica vinculado à TAG do ativo, somando-se a tudo o que já se registrou ali. Com o tempo, forma-se um acervo que dá ao ativo uma identidade de desempenho.

### **10.2.4 Conexões no fluxo**

O lançamento de histórico recebe o resultado da conclusão. Alimenta o cadastro e a árvore de intervenções, enriquecendo o conhecimento sobre as falhas. E abastece, mais adiante, as camadas de qualidade e de inteligência, que dele extraem padrões e melhorias. É um bloco que olha para o passado para construir o futuro.

### **10.2.5 Exemplo prático**

Após trocar um rolamento, o técnico lança o histórico relacionando o sintoma vibração, o defeito rolamento desgastado, a causa lubrificação insuficiente e a solução substituição e ajuste do plano de lubrificação. Meses depois, ao analisar o histórico, o planejador percebe que vários equipamentos da mesma família apresentaram o

mesmo padrão, e decide revisar a rota de lubrificação inteira. O histórico bem lançado gerou uma melhoria de fundo.

#### **10.2.6 Erros comuns e boas práticas**

O erro mais comum é o histórico vazio ou genérico, do tipo serviço realizado, que nada acrescenta. Outro é não usar a árvore de intervenções, registrando texto livre que depois não pode ser comparado. Como boa prática, registre o histórico de forma estruturada, relacionando sintoma, defeito, causa e solução, e seja específico, lembrando que esse registro será lido por você mesmo ou por um colega no futuro, em busca de respostas.

#### **10.2.7 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença**

O histórico estruturado é a matéria-prima da análise de confiabilidade. Quando as falhas são codificadas por sintoma, defeito e causa, torna-se possível aplicar técnicas simples e poderosas, como a análise que ordena as causas das mais frequentes para as menos frequentes, revelando os poucos problemas responsáveis pela maior parte das paradas. Atacar esses poucos vitais rende muito mais do que dispersar esforço por todos os problemas.

O histórico também é o que denuncia a reincidência. Quando um mesmo defeito reaparece repetidamente em um ativo, o registro acumulado é o que permite enxergar o padrão e concluir que a causa raiz não foi eliminada, apenas o sintoma. Essa percepção dispara a análise de causa raiz e, muitas vezes, uma mudança de plano que finalmente resolve o problema de fundo.

#### **10.2.8 Esquema funcional do bloco**

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

## ESQUEMA FUNCIONAL — HISTÓRICO

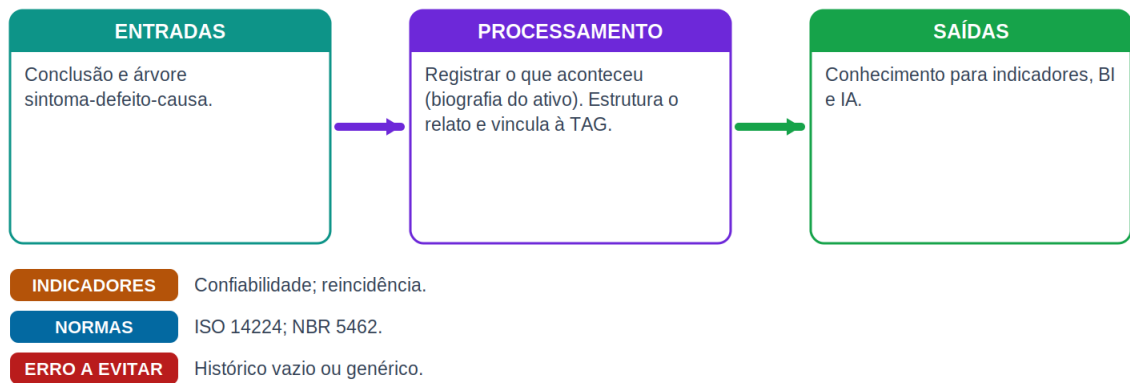


Figura 57 — Esquema funcional do bloco Histórico: entradas, processamento e saídas. Fonte: elaborado pelo autor.

### 10.2.9 Exemplo aplicado

Antes de um serviço, o técnico consultou o histórico de uma bomba e viu que a última falha fora por lubrificação insuficiente e que a rota já havia sido ajustada. Confirmou que o ajuste resolveu e registrou a evolução. O histórico, assim, não apenas guardou o passado, mas orientou a decisão do presente.

### 10.2.10 Passo a passo no SIGMA EAM

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:

#### FLUXO DE TRABALHO — Histórico

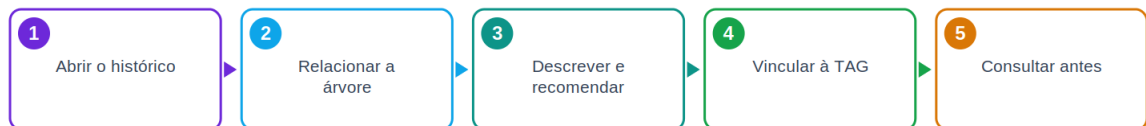


Figura 58 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Ao concluir, abrir o lançamento de histórico.
- Passo 2 — Relacionar sintoma, defeito, causa e solução.
- Passo 3 — Descrever o que foi feito e o que se recomenda.
- Passo 4 — Vincular o registro à TAG do ativo.
- Passo 5 — Consultar o histórico antes da próxima intervenção.

### 10.2.11 Indicadores e metas do bloco

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente a confiabilidade, a reincidência e os padrões de falha. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores de forma confiável,

com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

#### **10.2.12 Outro exemplo prático**

Antes de substituir um equipamento, a gestão consultou o histórico completo: falhas, custos e intervenções dos últimos anos. A decisão de troca, antes baseada em intuição, passou a ser sustentada por dados, no momento economicamente correto.

#### **10.2.13 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho**

No histórico, a IA transforma um arquivo que dormia em conhecimento ativo, que trabalha pela operação.

- Exemplo 1 — A IA estrutura e classifica automaticamente os relatos, usando processamento de linguagem natural para organizá-los na árvore de intervenções, mesmo quando escritos de forma livre.
- Exemplo 2 — A IA minera o histórico em busca de padrões de falha recorrentes, revelando, por exemplo, que certo componente falha sempre após determinada condição de operação.

As vantagens são um histórico que vira fonte de conhecimento, e não um depósito de registros. O paradigma muda de registrar para o passado para gerar conhecimento para o futuro. Cada relato bem-feito, antes apenas guardado, passa a ensinar o sistema e a equipe, fechando o ciclo entre o que aconteceu e o que se deve fazer adiante.

### **10.3 Follow-up**

Abrir e executar serviços não basta; é preciso acompanhá-los até o fim. O follow-up é o bloco que vigia o andamento das ordens, cuidando de prazos, pendências e níveis de serviço.

**Quadro 19 — Síntese do bloco — Follow-up**

<b>Item</b>	<b>Descrição</b>
<b>Função principal</b>	Acompanhar as ordens até o encerramento real, cuidando dos prazos.
<b>Entradas (de onde vem)</b>	Status da execução e das pendências; SLAs definidos por criticidade.
<b>Processamento (o que faz)</b>	Monitora prazos e dispara, com o Notify, alertas e lembretes.

<b>Saídas (para onde vai)</b>	Ordens conduzidas ao encerramento dentro do prazo.
<b>Indicadores relacionados</b>	Cumprimento de SLA; idade das ordens; backlog.
<b>Normas relacionadas</b>	Boas práticas de SLA e de gestão de serviços.
<b>Erro a evitar</b>	Acompanhar só o que alguém lembra e não definir SLAs.

Fonte: elaborado pelo autor.

### **10.3.1 O que é o follow-up**

Follow-up é o acompanhamento sistemático das Ordens de Serviço ao longo de seu ciclo de vida. Ele observa em que estado cada ordem se encontra, há quanto tempo está aberta, se cumpre os prazos acordados e se há pendências a resolver. É o olhar atento que impede que as ordens se percam ou envelheçam esquecidas.

### **10.3.2 Para que serve**

O follow-up serve para garantir que nada fique para trás. Em uma operação movimentada, é fácil uma ordem ficar parada por falta de uma providência simples que ninguém cobrou. O follow-up cobra. Ele também acompanha os níveis de serviço acordados, conhecidos pela sigla SLA, que estabelecem prazos máximos para o atendimento conforme a criticidade. Manter o SLA é manter a confiança da produção na manutenção.

### **10.3.3 Como funciona dentro do SIGMA EAM**

O follow-up monitora o status das ordens, especialmente as pendentes, e dispara, junto com o Notify, lembretes e alertas quando algo se aproxima do prazo ou o ultrapassa. Ele se conecta à execução, de onde recebe o andamento, e ao tratamento de pendências, de onde recebe os serviços que precisam de nova providência. No aplicativo móvel, o follow-up chega às mãos do mantenedor e do supervisor, mantendo todos cientes da situação.

### **10.3.4 Conexões no fluxo**

O follow-up recebe informação da execução e do bloco de pendências. Trabalha em conjunto com o Notify, que é o seu mensageiro. E reporta a situação geral das ordens, alimentando tanto a operação quanto a camada de inteligência, que acompanha indicadores de prazo e de backlog. É o bloco que cuida do tempo de vida das ordens.

### **10.3.5 Exemplo prático**

Uma ordem de prioridade média está aberta há vários dias, aguardando uma peça. O follow-up percebe que o prazo do SLA se aproxima e dispara um alerta ao planejador, que verifica o pedido de compra e descobre um atraso do fornecedor. Com o aviso antecipado, ele aciona um fornecedor alternativo e cumpre o prazo. Sem o follow-up, a ordem teria estourado o SLA silenciosamente.

### **10.3.6 Erros comuns e boas práticas**

O erro mais comum é acompanhar apenas as ordens que alguém lembra, deixando as demais à deriva. Outro é não definir SLAs por criticidade, tratando tudo igual. Como boa prática, deixe o follow-up acompanhar automaticamente todas as ordens, defina prazos coerentes com a criticidade de cada equipamento e use os alertas para agir antes do vencimento, e não depois.

### **10.3.7 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença**

O follow-up se beneficia do conceito de envelhecimento das ordens, que mede há quanto tempo cada ordem está aberta. Ordens que envelhecem demais são sinais de algo travado, e ordená-las da mais antiga para a mais recente revela rapidamente onde o fluxo está emperrado. Acompanhar esse envelhecimento é uma forma simples e eficaz de impedir que serviços se percam no tempo.

Muitas operações maduras apoiam o follow-up em uma rápida reunião diária, na qual a equipe revisa as ordens críticas, as pendências e os prazos próximos do vencimento. Essa rotina curta, somada aos alertas automáticos do sistema, cria uma cultura de acompanhamento em que os problemas são vistos cedo e resolvidos antes de se agravarem. O follow-up, assim, é tanto ferramenta quanto hábito.

### **10.3.8 Esquema funcional do bloco**

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

### ESQUEMA FUNCIONAL — FOLLOW-UP

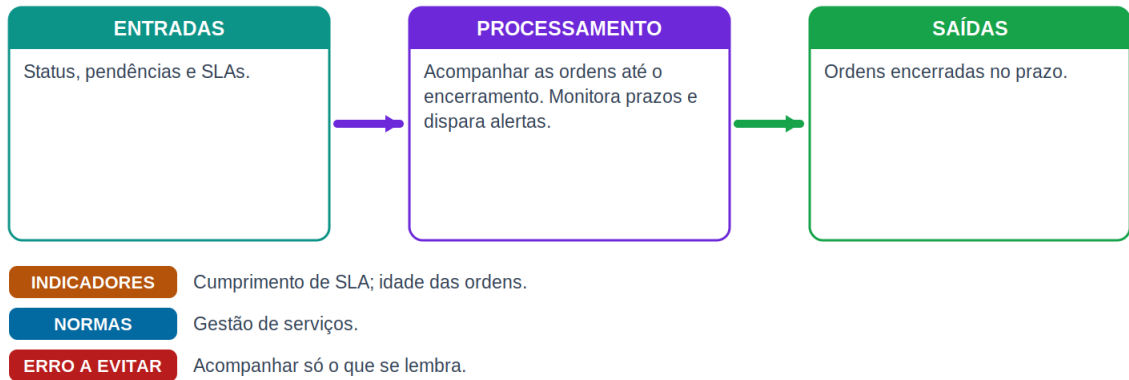


Figura 59 — Esquema funcional do bloco Follow-up: entradas, processamento e saídas. Fonte: elaborado pelo autor.

#### 10.3.9 Exemplo aplicado

Uma ordem de prioridade média ficou parada aguardando peça. O follow-up percebeu a aproximação do prazo do nível de serviço acordado e alertou o planejador, que acionou um fornecedor alternativo. O prazo foi cumprido; sem o aviso antecipado, a ordem teria estourado o prazo em silêncio, minando a confiança da produção.

#### 10.3.10 Passo a passo no SIGMA EAM

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:

#### FLUXO DE TRABALHO — Follow-up

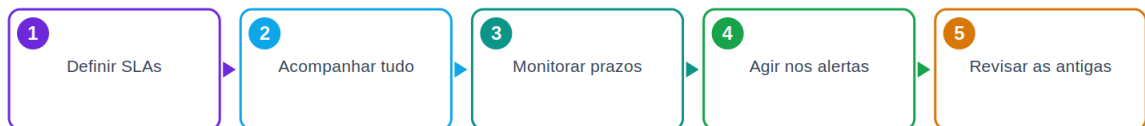


Figura 60 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Definir os prazos de atendimento por criticidade.
- Passo 2 — Deixar o follow-up acompanhar todas as ordens.
- Passo 3 — Monitorar a idade e os prazos das ordens.
- Passo 4 — Agir nos alertas antes do vencimento.
- Passo 5 — Revisar as ordens mais antigas na reunião diária.

#### 10.3.11 Indicadores e metas do bloco

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente o cumprimento dos prazos acordados, a idade das ordens e o backlog. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores de

forma confiável, com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

#### **10.3.12 Outro exemplo prático**

O follow-up destacou uma ordem parada havia muito tempo, aguardando uma definição de engenharia. O alerta levou o tema à reunião, onde a decisão foi finalmente tomada. Sem o acompanhamento, a ordem dormiria indefinidamente, e o ativo seguiria comprometido.

#### **10.3.13 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho**

No follow-up, a IA aponta o foco da atenção para onde o risco realmente está.

- Exemplo 1 — A IA prioriza dinamicamente quais ordens acompanhar de perto, destacando aquelas com maior risco de atraso ou de impacto, em vez de tratar todas igualmente.
- Exemplo 2 — A IA prevê gargalos no fluxo, como um acúmulo iminente de ordens aguardando aprovação ou peças, permitindo agir antes que o represamento aconteça.

As vantagens são a certeza de que nada importante é esquecido e o foco no que de fato importa. O paradigma muda de acompanhar tudo da mesma forma para concentrar energia onde o risco é maior. O follow-up deixa de ser uma varredura cansativa e passa a ser um radar inteligente, que aponta o que merece a próxima ação.

### **10.4 A Causa Raiz no Fluxo: da Solicitação à Conclusão**

Tratar a causa raiz é o que separa uma manutenção que apaga incêndios de uma manutenção que resolve de verdade. Este apêndice descreve, normatiza e exemplifica o uso da cadeia sintoma, defeito, causa e solução ao longo de todo o fluxo, desde a abertura da Solicitação de Serviço até a conclusão da Ordem de Serviço, e detalha o módulo de validação e assinaturas da qualidade e do solicitante no momento da conclusão.

#### **10.4.1 Por que tratar a causa, e não o sintoma**

Quando uma falha é tratada apenas no seu sintoma, ela volta. Trocar um rolamento que travou resolve o efeito de hoje, mas, se a causa, por exemplo, uma

lubrificação insuficiente, não for atacada, o próximo rolamento travará amanhã. A análise de causa raiz busca a origem fundamental do problema, aquela cuja eliminação impede a reincidência. Tratar a causa custa um pouco mais de disciplina no presente, mas economiza muitas falhas, paradas e custos no futuro. É por isso que a cadeia sintoma, defeito, causa e solução deve atravessar todo o fluxo de trabalho, e não ficar restrita a um relatório isolado.

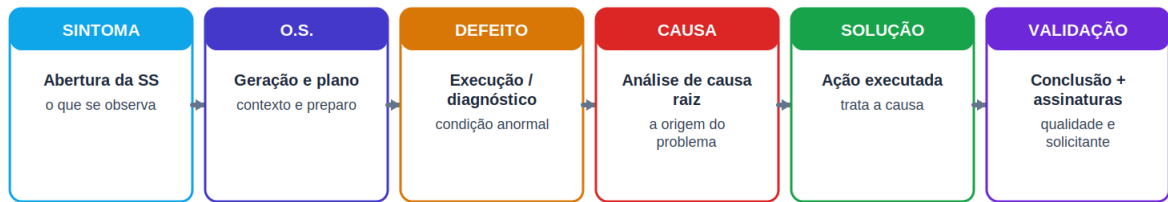
#### **10.4.2 O modelo: sintoma, defeito, causa e solução**

O modelo organiza a investigação em quatro elos encadeados, com significados precisos. O sintoma é aquilo que se observa, a manifestação perceptível do problema, como ruído, vibração, aquecimento ou vazamento. O defeito é a condição anormal identificada no equipamento durante o diagnóstico; vale lembrar, conforme a terminologia consagrada, que defeito é um desvio que pode ainda não impedir a função, enquanto a falha é o término da capacidade de cumprir a função. A causa é a razão de fundo que levou ao defeito, a causa raiz propriamente dita. A solução é a ação que corrige o defeito e, principalmente, elimina a causa, prevenindo a reincidência. Padronizar os termos de cada elo, em linha com as taxonomias de falha reconhecidas, é o que permite somar, comparar e aprender ao longo do tempo.

#### **10.4.3 A causa raiz ao longo do fluxo**

A força do modelo está em distribuir os quatro elos pelos momentos certos do fluxo, cada um registrado por quem tem a melhor informação naquele instante. O sintoma é registrado na abertura da Solicitação de Serviço, pelo solicitante, em sua própria linguagem. A Ordem de Serviço carrega esse sintoma e prepara o diagnóstico. Na execução, o mantenedor identifica o defeito e investiga a causa, usando, quando a falha é crítica ou recorrente, um método estruturado como os cinco porquês ou o diagrama de causa e efeito. Na conclusão, registra-se a solução aplicada. E, ainda na conclusão, o módulo de validação e assinaturas garante que a cadeia esteja completa e que a causa, de fato, tenha sido tratada.

### A CAUSA RAIZ NO FLUXO: DA SOLICITAÇÃO À CONCLUSÃO



Cada elo é registrado no seu momento e vinculado à TAG e à árvore de intervenções.

Figura 61 — A cadeia sintoma, defeito, causa e solução distribuída ao longo do fluxo, da solicitação à conclusão. Fonte: elaborado pelo autor.

#### 10.4.4 Normalização do registro da causa raiz

Para que a cadeia funcione de forma consistente, convém adotá-la como norma interna, alinhada às boas práticas de coleta de dados de confiabilidade e manutenção, à terminologia de confiabilidade e manutenibilidade e aos princípios de gestão da qualidade e de gestão de ativos. Recomenda-se as seguintes regras:

- Toda Ordem de Serviço corretiva, e toda ordem originada de uma falha, deve registrar os quatro elos: sintoma, defeito, causa e solução.
- O sintoma é de preenchimento obrigatório na abertura da Solicitação de Serviço, em linguagem do solicitante, com a TAG correta.
- O defeito e a causa são registrados na execução e na análise, nunca presumidos na abertura.
- Para falhas críticas ou recorrentes, a causa deve ser obtida por método estruturado de análise de causa raiz, e não por suposição.
- Cada elo é vinculado à TAG e à árvore de intervenções, com termos padronizados, para permitir comparação e aprendizado.
- Nenhuma Ordem de Serviço relevante é concluída com a cadeia incompleta ou sem que a causa tenha sido tratada.
- A solução deve declarar explicitamente como a causa raiz foi eliminada, e não apenas como o sintoma foi contornado.

#### 10.4.5 O módulo de validação e assinaturas na conclusão

A conclusão é o ponto de controle em que se comprova que o trabalho foi bem-feito. O módulo de validação e assinaturas, acionado quando a ordem é encaminhada para conclusão, segue regras claras:

- O executante registra a solução aplicada e assina, fechando tecnicamente o serviço.

- O setor de qualidade valida a coerência da cadeia sintoma, defeito, causa e solução, verifica se a causa raiz foi tratada e aprova ou devolve a ordem com orientação; ao aprovar, assina.
- O solicitante original confirma que o problema percebido foi resolvido e assina, trazendo a validação de quem usa o equipamento.
- As três assinaturas usam identificação facial, com prova de vida, registrando autor, data e hora, com valor de assinatura eletrônica e força de não-repúdio.
- A reprovação em qualquer etapa devolve a ordem como pendência, com o motivo registrado, impedindo a conclusão falsa.
- Em exceções previstas, como a indisponibilidade do solicitante, aplica-se uma regra documentada, por exemplo, a validação por um responsável da área, sem jamais dispensar a validação da qualidade.
- Somente com as validações aprovadas e as assinaturas colhidas a ordem é concluída e a cadeia consolidada no histórico.

Esse módulo está representado no capítulo sobre conclusão e pendência, na figura do módulo de validação e assinaturas.

#### **10.4.6 Exemplos aplicados**

Os exemplos a seguir percorrem a cadeia inteira, da solicitação à conclusão validada.

No primeiro caso, o operador de uma estação de bombeamento abre uma solicitação relatando o sintoma: ruído e vibração crescentes na bomba B-02, percebidos desde a manhã. A ordem é gerada e planejada. Na execução, o mantenedor identifica o defeito: rolamento traseiro com folga excessiva. Aplicando os cinco porquês, chega à causa raiz: o ponto de lubrificação daquele rolamento não constava da rota, ficando sem lubrificação por meses. A solução vai além de trocar o rolamento: inclui o ponto na rota de lubrificação, eliminando a causa. Na conclusão, a qualidade verifica que a causa, e não só o sintoma, foi tratada; o solicitante confirma o fim do ruído; executante, qualidade e solicitante assinam por reconhecimento facial. A ordem é concluída, e o histórico guarda a cadeia completa.

No segundo caso, o sintoma registrado na solicitação é o desarme frequente de um motor de uma esteira. O defeito identificado na execução é o sobreaquecimento do motor. A análise revela a causa: a ventilação estava obstruída por acúmulo de pó,

e o filtro de ar estava muito além da vida útil. A solução combina a limpeza, a troca do filtro e a inclusão de uma inspeção periódica de ventilação para aquele tipo de motor. Na validação, a qualidade confirma que a recorrência foi atacada com a nova inspeção; o solicitante confirma o fim dos desarmes; as assinaturas são colhidas e a ordem, concluída.

No terceiro caso, a solicitação relata o sintoma de vazamento de óleo sob uma prensa. O defeito é a vedação do cilindro hidráulico rompida. A causa raiz, porém, não é a vedação em si, mas uma válvula desajustada que mantinha a pressão acima do especificado, levando as vedações a romperem repetidamente. A solução substitui a vedação e, sobretudo, reajusta e calibra a válvula. A qualidade valida que a causa de fundo, a pressão excessiva, foi corrigida; o solicitante confirma o fim do vazamento; as três assinaturas encerram a ordem. Sem a análise de causa raiz, a vedação seria trocada repetidas vezes, tratando o efeito e ignorando a origem.

#### ***10.4.7 Benefícios: o fim da reincidência e a confiança nos dados***

Adotar a cadeia da causa raiz ao longo do fluxo, com validação e assinaturas na conclusão, produz benefícios que se reforçam. A reincidência cai, porque as causas, e não apenas os sintomas, passam a ser tratadas. A confiança nos dados aumenta, porque cada conclusão é validada por quem entende de qualidade e por quem convive com o equipamento, e assinada com autoria inequívoca. A rastreabilidade torna-se completa, o que atende a exigências de auditoria e de setores regulados. E o histórico, alimentado por cadeias completas, transforma-se em uma fonte de aprendizado que, somada à inteligência artificial, permite prever e prevenir falhas semelhantes em outros ativos. Em síntese, a manutenção deixa de remediar e passa a resolver.

## **PARTE IV — CONTROLE, MELHORIA E INTELIGÊNCIA**

## 11 MELHORIA CONTÍNUA E CICLO PDCA

Até aqui, percorremos o nascimento, o planejamento e a execução do trabalho. Mas um sistema maduro não se contenta em executar; ele verifica se executou bem e melhora continuamente. Essa é a função do ciclo PDCA, a camada de garantia da qualidade do panorama.

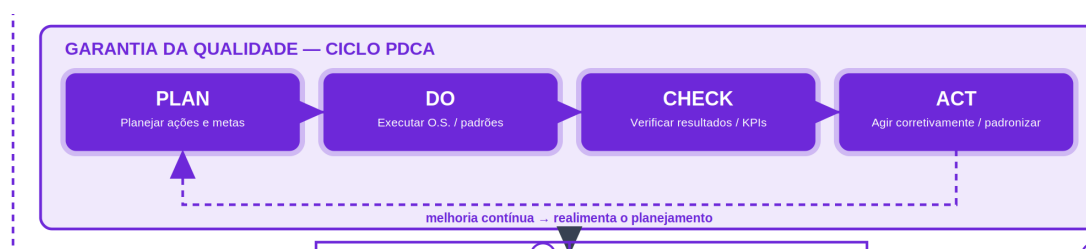


Figura 62 — Camada de qualidade: o ciclo PDCA garantindo a melhoria contínua e realimentando o planejamento. Fonte: elaborado pelo autor.

### Quadro 20 — Síntese do bloco — Ciclo PDCA

Item	Descrição
<b>Função principal</b>	Garantir a melhoria contínua, fechando o aprendizado no planejamento.
<b>Entradas (de onde vem)</b>	Resultados da execução, histórico e indicadores.
<b>Processamento (o que faz)</b>	Planejar, fazer, verificar e agir sobre metas de manutenção.
<b>Saídas (para onde vai)</b>	Padrões revisados e melhorias devolvidas ao planejamento.
<b>Indicadores relacionados</b>	Evolução do MTBF, da disponibilidade e dos custos ao longo do tempo.
<b>Normas relacionadas</b>	TQC e qualidade total; ISO 55001 (melhoria contínua).
<b>Erro a evitar</b>	Parar no fazer ou verificar sem agir.

Fonte: elaborado pelo autor.

### 11.1 O que é o PDCA

PDCA é a sigla, em inglês, das quatro etapas de um ciclo de melhoria contínua: planejar, fazer, verificar e agir. É uma das ferramentas mais consagradas da gestão da qualidade, e sua lógica é simples e poderosa: em vez de tratar cada problema como um evento isolado, trata-se a gestão como um ciclo que gira sem parar, melhorando a cada volta.

### 11.2 As quatro etapas

A etapa planejar, o P, consiste em definir metas e as ações para alcançá-las. Na manutenção, é decidir o que se quer melhorar, por exemplo reduzir as falhas de um equipamento crítico, e como se vai consegui-lo. A etapa fazer, o D, é executar as

ações planejadas, seguindo os padrões definidos; corresponde, no panorama, à execução das ordens. A etapa verificar, o C, é conferir os resultados frente às metas, usando os indicadores e os históricos; é o momento de comparar o planejado com o realizado. A etapa agir, o A, é tomar providências a partir do que se verificou: se a meta foi atingida, padroniza-se a solução; se não foi, corrige-se o rumo e recomeça-se o ciclo.

### **11.3 Para que serve na manutenção**

O PDCA serve para que a manutenção aprenda com a própria experiência de forma organizada. Sem ele, as equipes repetem os mesmos erros e perdem as boas soluções por falta de padronização. Com ele, cada problema vira aprendizado, cada solução boa vira padrão e cada padrão é revisado à luz dos resultados. O PDCA é o que transforma um conjunto de tarefas em um processo que evolui.

### **11.4 Como funciona dentro do SIGMA EAM**

No panorama, o PDCA aparece como uma faixa que envolve a execução e a verificação, e que se fecha em um laço de melhoria contínua que realimenta o planejamento. Os dados do histórico e dos indicadores alimentam a etapa de verificação; as conclusões da verificação geram ações que voltam ao planejamento, ajustando planos, frequências, procedimentos e prioridades. Assim, a qualidade não é um setor à parte, mas um modo de operar embutido no fluxo.

### **11.5 Conexões no fluxo**

A camada PDCA recebe os resultados da execução e os dados de histórico e indicadores. Processa-os nas etapas de verificar e agir. E devolve, pela linha de realimentação, melhorias para o planejamento. É um dos elos que transformam o panorama de uma linha reta em um ciclo que aprende.

### **11.6 Exemplo prático**

A equipe estabelece como meta reduzir, em um trimestre, as paradas não planejadas de uma linha. Planeja ações, como reforçar a lubrificação e antecipar inspeções. Executa essas ações ao longo do trimestre. Ao verificar, percebe que as paradas caíram, mas menos que o esperado, e que um modo de falha específico persiste. Então age: ajusta o plano, inclui uma nova inspeção e reinicia o ciclo. A cada volta, a linha fica mais confiável.

## 11.7 Erros comuns e boas práticas

O erro mais comum é parar no fazer, executando sem verificar, de modo que a melhoria nunca acontece de fato. Outro é verificar sem agir, produzindo relatórios que apontam problemas que ninguém corrige. Como boa prática, complete sempre o ciclo, defina metas mensuráveis, use os indicadores na verificação e garanta que cada verificação gere uma ação concreta, padronizando o que deu certo.

## 11.8 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença

Ao lado do PDCA, que serve à melhoria, existe um ciclo irmão voltado à manutenção do que já foi conquistado, no qual se padroniza, se executa conforme o padrão, se verifica e se age para sustentar o resultado. A combinação dos dois é virtuosa: melhora-se até atingir um novo patamar e, então, padroniza-se esse patamar para não regredir. Sem essa padronização, as melhorias se perdem com a rotatividade das pessoas e o passar do tempo.

O PDCA também é o lar natural da análise de causa raiz. Quando a verificação revela um problema persistente, a etapa de agir não se contenta em remediar o sintoma; ela investiga a causa fundamental e atua sobre ela. É essa disciplina que diferencia a manutenção que apaga incêndios da manutenção que elimina as fontes de incêndio, e o ciclo PDCA é o método que organiza essa busca.

## 11.9 Esquema funcional do bloco

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

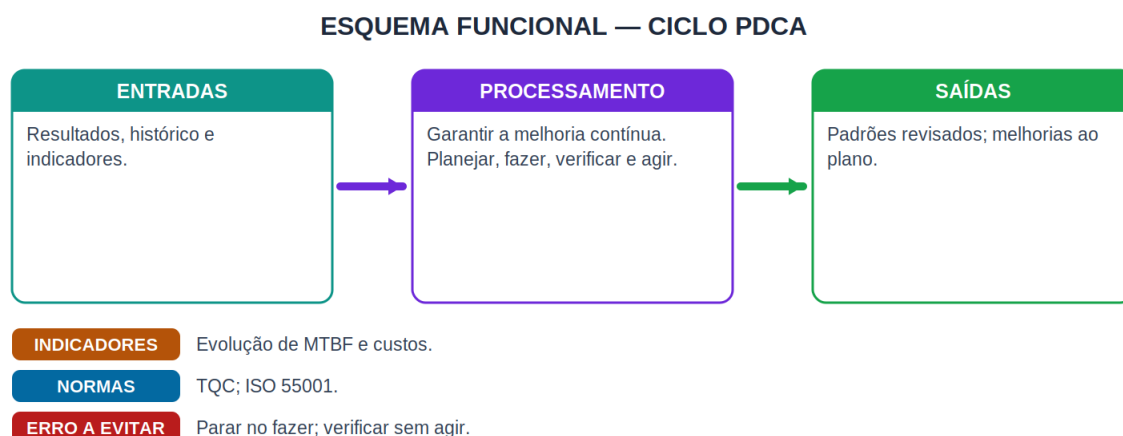


Figura 63 — Esquema funcional do bloco Ciclo PDCA: entradas, processamento e saídas. Fonte: elaborado pelo autor.

### 11.10 Exemplo aplicado

A meta de um trimestre foi reduzir as paradas de uma linha. A equipe planejou as ações, executou-as, verificou pelos indicadores e percebeu que um modo de falha persistia. Agiu ajustando o plano e padronizou a solução que funcionou. A cada volta do ciclo, a linha ficou mais confiável, de forma mensurável.

### 11.11 Passo a passo no SIGMA EAM

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:



Figura 64 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Planejar: definir a meta e as ações.
- Passo 2 — Fazer: executar conforme o padrão.
- Passo 3 — Verificar: comparar os resultados com a meta.
- Passo 4 — Agir: corrigir o rumo ou padronizar a solução.
- Passo 5 — Reiniciar o ciclo no período seguinte.

### 11.12 Indicadores e metas do bloco

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente a evolução do MTBF, da disponibilidade e dos custos ao longo do tempo. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores de forma confiável, com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

### 11.13 Outro exemplo prático

Após um ciclo de melhoria, a equipe percebeu que a solução padronizada para um problema funcionara em uma linha, mas não em outra, de contexto diferente. Em vez de abandonar o padrão, ajustou-o ao contexto. O PDCA ensinou que padronizar não é engessar.

#### **11.14 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho**

No ciclo PDCA, a IA acelera a melhoria contínua, mostrando onde agir e se a ação funcionou.

- Exemplo 1 — A IA identifica, entre muitos problemas, as causas que mais impactam os resultados, ajudando a equipe a escolher onde concentrar o esforço de melhoria.
- Exemplo 2 — A IA mede o efeito real das ações tomadas, comparando o antes e o depois nos indicadores, e sugere o foco do próximo ciclo.

As vantagens são uma melhoria mais rápida e baseada em evidência, e não em achismo. O paradigma muda de um ciclo guiado pela intuição para um ciclo guiado por dados. O PDCA, que muitas vezes empaca na etapa de verificar, ganha um motor analítico que mantém a roda girando e a operação evoluindo de forma mensurável.

## 12 BUSINESS INTELLIGENCE

Todo o fluxo descrito até aqui gera uma enorme quantidade de dados. A camada de Business Intelligence é a que transforma esses dados em informação gerencial, em painéis e indicadores que orientam decisões.

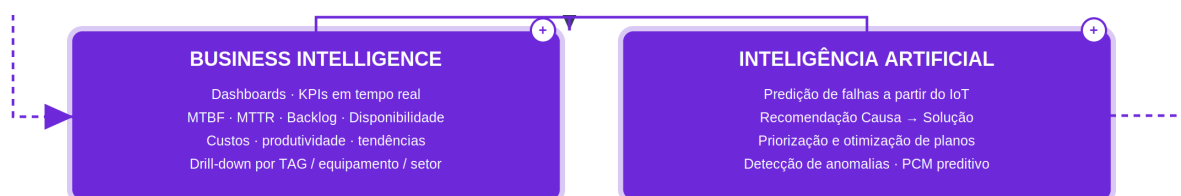


Figura 65 — Camada de inteligência: Business Intelligence e Inteligência Artificial fechando o ciclo de gestão. Fonte: elaborado pelo autor.

### Quadro 21 — Síntese do bloco — Business Intelligence

Item	Descrição
<b>Função principal</b>	Transformar os dados acumulados em painéis e indicadores gerenciais.
<b>Entradas (de onde vem)</b>	Ordens, horas, históricos, horímetros e custos.
<b>Processamento (o que faz)</b>	Calcula e exibe indicadores em tempo real, com detalhamento por ativo.
<b>Saídas (para onde vai)</b>	Dashboards e leitura de desempenho que realimentam a gestão.
<b>Indicadores relacionados</b>	MTBF, MTTR, disponibilidade, backlog, custos e produtividade.
<b>Normas relacionadas</b>	ISO 55001 (desempenho de ativos).
<b>Erro a evitar</b>	Painéis alimentados por dados ruins e excesso de indicadores.

Fonte: elaborado pelo autor.

### 12.1 O que é Business Intelligence

Business Intelligence, abreviado como BI, é o conjunto de recursos que reúne, organiza e apresenta os dados de forma a apoiar decisões. Na prática, o BI se manifesta em painéis visuais, chamados de dashboards, que mostram os indicadores de forma clara e atualizada, permitindo enxergar tendências, comparar períodos e identificar problemas de relance.

### 12.2 Para que serve

O BI serve para tirar a gestão da intuição e colocá-la sobre fatos. Em vez de afirmar que a manutenção vai bem ou mal por impressão, o gestor olha para o painel e vê a disponibilidade, o MTBF, o MTTR, o backlog, os custos e a produtividade, ao longo do tempo e por área. O BI também permite o detalhamento, descendo do

número geral até a TAG específica que está puxando o resultado para baixo. É a ferramenta que conecta o detalhe ao panorama.

### **12.3 Como funciona dentro do SIGMA EAM**

O BI consome os dados acumulados em todo o fluxo: as ordens, as horas, os históricos, os horímetros, os custos. A partir deles, calcula e exibe os indicadores em tempo real, organizados em painéis. No panorama, o BI recebe ainda a contribuição direta dos horímetros web, pela ligação dedicada de monitoramento do tempo, e dialoga com as saídas do planejamento, que fornecem a informação básica que o BI eleva ao nível gerencial. O BI também integra o laço de realimentação, devolvendo ao planejamento uma leitura clara do desempenho.

### **12.4 Conexões no fluxo**

O BI recebe dados de praticamente todos os blocos, em especial das horas, dos históricos, dos horímetros e das saídas do planejamento. Entrega painéis e indicadores aos gestores. E realimenta o planejamento e a programação com uma visão de desempenho que orienta prioridades. É a tradução dos dados em conhecimento gerencial.

### **12.5 Exemplo prático**

Em uma reunião mensal, o gestor abre o painel de BI e percebe que a disponibilidade de uma linha caiu nos últimos dois meses. Detalhando, descobre que a queda se concentra em um único equipamento, cujo MTBF despencou. Com essa informação, prioriza uma análise de causa naquele ativo, em vez de espalhar esforço por toda a linha. O BI transformou um sintoma difuso em uma ação precisa.

### **12.6 Erros comuns e boas práticas**

O erro mais comum é encher os painéis de indicadores que ninguém usa, criando confusão em vez de clareza. Outro é confiar em painéis alimentados por dados ruins, o que produz decisões erradas com aparência de fundamentação. Como boa prática, escolha poucos indicadores que realmente importam, garanta a qualidade dos dados que os alimentam e use o BI nas reuniões de decisão, fechando o ciclo entre medir e agir.

## 12.7 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença

Um modo útil de entender o BI é a cadeia que vai do dado à decisão. O dado bruto, como uma data de falha, vira informação quando organizado, como um MTBF, e vira decisão quando interpretado à luz de uma meta, como priorizar um ativo cujo MTBF caiu. O valor do BI não está em mostrar números bonitos, mas em encurtar o caminho entre o dado e a decisão acertada.

Dois cuidados elevam a qualidade do BI. O primeiro é a granularidade: bons painéis permitem partir do número geral e descer até a TAG específica, porque é no detalhe que está a causa. O segundo é a resistência aos indicadores de estimação, aqueles que se acompanham por hábito mas que não orientam nenhuma decisão. Menos indicadores, melhor escolhidos e confiáveis, valem mais do que um painel saturado.

## 12.8 Esquema funcional do bloco

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.

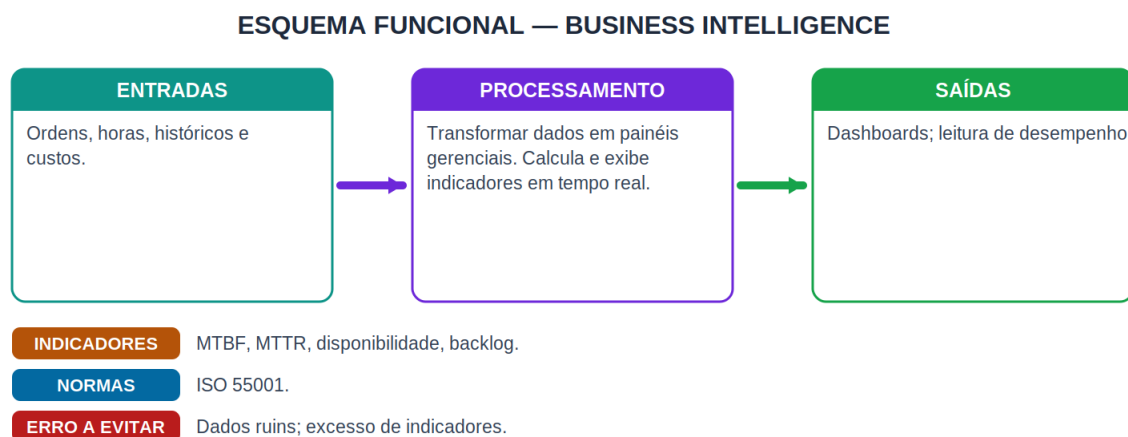


Figura 66 — Esquema funcional do bloco Business Intelligence: entradas, processamento e saídas.  
Fonte: elaborado pelo autor.

## 12.9 Exemplo aplicado

Num painel, a disponibilidade de uma linha vinha caindo havia dois meses. O detalhamento mostrou que a queda se concentrava em um único ativo, cujo tempo entre falhas havia despencado. A análise focou nesse ativo, em vez de espalhar esforço pela linha inteira, e a disponibilidade voltou ao patamar anterior.

## 12.10 Passo a passo no SIGMA EAM

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:

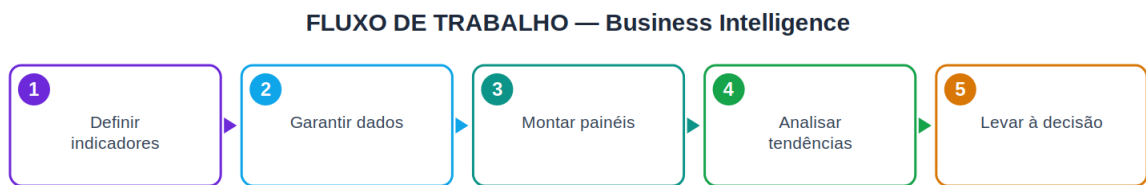


Figura 67 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Definir os poucos indicadores essenciais.
- Passo 2 — Garantir a qualidade dos dados de origem.
- Passo 3 — Montar painéis com detalhamento por ativo.
- Passo 4 — Analisar tendências e desvios.
- Passo 5 — Levar as conclusões para a decisão.

## 12.11 Indicadores e metas do bloco

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente o MTBF, o MTTR, a disponibilidade, o backlog e os custos. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores de forma confiável, com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

## 12.12 Outro exemplo prático

Um painel cruzou o custo de manutenção com a disponibilidade por linha. Uma linha de alto custo e alta disponibilidade revelou-se, na verdade, eficiente; outra, de baixo custo e baixa disponibilidade, escondia um problema. O dado evitou uma conclusão precipitada.

## 12.13 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho

No Business Intelligence, a IA dá o passo do dado para o insight, sem exigir um especialista a postos.

- Exemplo 1 — A IA gera insights automáticos, detectando tendências e anomalias nos painéis e avisando, por exemplo, que a disponibilidade de uma linha vem caindo de forma anormal.
- Exemplo 2 — A IA permite a análise conversacional, em que o gestor pergunta em linguagem natural e recebe não só o número, mas a explicação por trás dele.

As vantagens são chegar do dado ao insight sem depender de um analista dedicado. O paradigma muda de painéis que apenas mostram para painéis que explicam e alertam. A informação deixa de esperar que alguém a interprete e passa a se manifestar sozinha, apontando o que está fora do esperado e por quê.

## 13 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO PCM

No ponto mais avançado do panorama está a inteligência artificial. Ela representa o estágio em que o sistema não apenas mostra o que aconteceu, mas aprende com os dados e ajuda a antecipar o que vai acontecer.

**Quadro 22 — Síntese do bloco — Inteligência Artificial**

Item	Descrição
<b>Função principal</b>	Aprender com os dados para prever falhas e recomendar ações.
<b>Entradas (de onde vem)</b>	Dados de sensores, horímetros e histórico estruturado.
<b>Processamento (o que faz)</b>	Identifica padrões, detecta anomalias e gera previsões e recomendações.
<b>Saídas (para onde vai)</b>	Alertas preditivos e recomendações ao planejamento e à demanda.
<b>Indicadores relacionados</b>	Antecedência das previsões; redução de falhas e de custos.
<b>Normas relacionadas</b>	Conceito de Indústria 4.0; ISO 55001.
<b>Erro a evitar</b>	Aplicar IA sobre dados ruins e confiar sem julgamento humano.

Fonte: elaborado pelo autor.

### 13.1 O que é inteligência artificial na manutenção

Inteligência artificial, abreviada como IA, é a capacidade de um sistema de aprender padrões a partir de dados e de usá-los para fazer previsões e recomendações. Na manutenção, isso significa, por exemplo, aprender com o histórico de um equipamento e com os dados dos sensores quais combinações de sinais costumam preceder uma falha, e alertar antes que ela aconteça.

### 13.2 Para que serve

A IA serve para elevar a manutenção do nível reativo e preventivo ao nível preditivo e prescritivo. Preditivo significa prever a falha com antecedência, a partir dos dados. Prescritivo significa não só prever, mas recomendar a melhor ação. A IA também acelera o diagnóstico, ao sugerir, diante de um sintoma, a causa mais provável e a solução que historicamente funcionou, apoiada na árvore de intervenções. E ajuda a priorizar, indicando onde o risco é maior e onde o esforço trará mais retorno.

### 13.3 Como funciona dentro do SIGMA EAM

A IA consome os dados dos sensores, dos horímetros e dos históricos estruturados. Com eles, identifica padrões, detecta anomalias e gera previsões e recomendações. No panorama, ela fecha o ciclo de duas formas. Primeiro, realimenta

o planejamento e a programação, sustentando decisões orientadas por dados. Segundo, realimenta a própria detecção de demanda, ajustando limites de sensores e antecipando a abertura de ordens, no que se pode chamar de manutenção preditiva e prescritiva. A IA é, assim, o ponto em que o sistema deixa de apenas registrar e passa a aconselhar.

### **13.4 Conexões no fluxo**

A IA recebe dados dos sensores, dos horímetros e do histórico. Devolve previsões e recomendações ao planejamento, à programação e à camada de demanda. É o vértice da camada de inteligência e o motor mais sofisticado da realimentação do panorama.

### **13.5 Exemplo prático**

A IA observa, ao longo de meses, que certo padrão de vibração combinado com leve aumento de temperatura precede, em determinado tipo de motor, a falha de rolamento. Quando esse padrão reaparece em um motor monitorado, a IA antecipa o alerta, recomenda a inspeção do rolamento e sugere, com base no histórico, a substituição preventiva e o ajuste da lubrificação. A equipe age semanas antes do que agiria com base apenas em limites fixos, evitando uma parada.

### **13.6 Erros comuns e boas práticas**

O erro mais comum é esperar que a IA funcione sobre dados ruins; sem histórico bem estruturado e sem dados confiáveis de sensores, não há aprendizado de qualidade. Outro é confiar cegamente nas recomendações, sem o julgamento humano. Como boa prática, invista primeiro na qualidade dos dados, comece a IA pelos equipamentos críticos com bom histórico, e trate as recomendações como apoio à decisão, e não como substituto do conhecimento do profissional.

### **13.7 Aprofundamento: detalhes que fazem diferença**

O segredo da inteligência artificial na manutenção está menos no algoritmo e mais nos dados. Modelos aprendem com exemplos, e exemplos são o histórico bem registrado e os dados confiáveis dos sensores. Por isso, investir na qualidade e na estrutura dos dados rende mais do que perseguir o algoritmo mais sofisticado. Uma IA alimentada por dados ruins apenas erra mais rápido e com mais confiança.

Outro princípio é a explicabilidade aliada ao julgamento humano. Uma recomendação que vem acompanhada do porquê, mostrando quais sinais a

sustentam, é muito mais útil do que um veredito sem explicação, porque permite ao profissional confiar com discernimento. A IA deve ser tratada como um conselheiro experiente: ouve-se a sua recomendação, entende-se a sua razão e decide-se com responsabilidade, mantendo a pessoa no comando.

### 13.8 Esquema funcional do bloco

Para visualizar rapidamente o que entra, o que o bloco faz e o que sai, o esquema a seguir resume o funcionamento, com os indicadores, as normas relacionadas e o principal erro a evitar.



Figura 68 — Esquema funcional do bloco Inteligência Artificial: entradas, processamento e saídas. Fonte: elaborado pelo autor.

### 13.9 Exemplo aplicado

Depois de meses aprendendo com o histórico, a inteligência artificial passou a alertar sobre falhas de rolamento em motores de certo tipo dias antes do limite fixo dos sensores. Em um caso, recomendou a inspeção e a troca preventiva com base no padrão aprendido, evitando uma parada não planejada na produção.

### 13.10 Passo a passo no SIGMA EAM

Na prática do dia a dia, o uso deste bloco costuma seguir uma sequência simples, que o planejador pode adotar como referência:



Figura 69 — Fluxo de trabalho do bloco (passo a passo). Fonte: elaborado pelo autor.

- Passo 1 — Garantir histórico estruturado e dados confiáveis.
- Passo 2 — Começar pelos ativos críticos.
- Passo 3 — Deixar a inteligência aprender os padrões de falha.
- Passo 4 — Tratar as previsões como apoio, com julgamento humano.
- Passo 5 — Realimentar o modelo com os resultados reais.

### **13.11 Indicadores e metas do bloco**

Para acompanhar a saúde deste bloco, o planejador deve observar especialmente a antecedência das previsões e a redução de falhas e de custos. No início da jornada, a meta é simplesmente passar a medir esses indicadores de forma confiável, com dados honestos. Com a maturidade, busca-se melhorá-los de modo sustentado, comparando sempre o resultado de hoje com o de períodos anteriores da própria operação, e não com números absolutos de outras realidades, que podem ter contextos muito diferentes.

### **13.12 Outro exemplo prático**

A inteligência sugeriu antecipar a inspeção de um grupo de ativos com base em um padrão sutil. A equipe, com bom senso, verificou e confirmou o risco em parte deles. As previsões foram tratadas como uma hipótese qualificada, confirmada pelo julgamento humano.

### **13.13 O uso da Inteligência Artificial no fluxo de trabalho**

Sendo este o bloco da própria inteligência artificial, vale mostrar como ela otimiza não uma etapa, mas o fluxo inteiro, costurando tudo o que foi visto.

- Exemplo 1 — A IA evolui da previsão para a prescrição: além de antecipar uma falha, recomenda a ação concreta, a melhor data e as peças necessárias, entregando uma decisão quase pronta.
- Exemplo 2 — A IA orquestra os demais blocos, aprendendo de forma contínua com cada ordem e realimentando o planejamento, a programação e o estoque, em uma otimização global e não apenas local.

As vantagens são saltar do diagnóstico para a recomendação e tratar a operação como um todo, e não em pedaços. O paradigma muda de um sistema que registra para um sistema que pensa junto com a equipe. É a consolidação de toda a jornada deste manual: dados confiáveis na origem, fluxo bem estruturado e, no topo,

uma inteligência que devolve, em forma de recomendação, tudo o que a operação aprendeu sobre si mesma.

## PARTE V — IMPLANTAÇÃO E PRÁTICA

## **14 IMPLANTAÇÃO, MATURIDADE E TREINAMENTO**

Implantar um sistema de gestão é uma jornada. Este capítulo reúne o roteiro de implantação, o modelo de maturidade e o plano de treinamento e adoção.

### **14.1 Roteiro de Implantação e Modelo de Maturidade**

Compreender a estrutura funcional é o primeiro passo; o segundo é saber por onde começar e como evoluir. Este apêndice propõe um caminho de implantação em etapas e um modelo simples de maturidade, para que o planejador situe a sua empresa e enxergue os próximos passos.

#### ***14.1.1 A lógica da evolução por etapas***

Nenhuma empresa precisa, nem consegue, implantar todos os blocos de uma só vez. O caminho saudável é evolutivo: cada etapa consolida uma base sobre a qual a próxima se apoia. Tentar saltar etapas, como instalar sensores e inteligência artificial antes de ter um cadastro confiável e o registro disciplinado de ordens, costuma produzir frustração, porque a tecnologia avançada se alimenta dos dados que só as etapas anteriores geram. A pressa, aqui, é inimiga do resultado.

A imagem mais útil é a de construir uma casa. Primeiro a fundação, depois a estrutura, depois as paredes, e só então os acabamentos e a automação. Os blocos de cadastro, solicitação e ordem são a fundação; o planejamento e a programação são a estrutura; a execução registrada com qualidade são as paredes; e os sensores, o Business Intelligence e a inteligência artificial são os acabamentos sofisticados que coroam o conjunto.

#### ***14.1.2 Etapa 1: a fundação de dados***

A primeira etapa estabelece a fundação. Ela consiste em cadastrar os ativos, ao menos os críticos, com TAGs padronizadas, centros de custo corretos e fichas técnicas razoáveis, e em começar a registrar disciplinadamente as solicitações e as ordens de serviço. O objetivo desta etapa não é a sofisticação, mas a confiabilidade do registro básico. Ao final dela, a empresa já consegue saber o que foi feito, em que ativo e a que custo, o que por si só representa um salto enorme em relação às planilhas e aos recados verbais.

O maior desafio desta etapa não é técnico, mas cultural: convencer as pessoas a registrar. Por isso, ela deve vir acompanhada de treinamento, de simplicidade nos

formulários e de retorno aos solicitantes, para que o registro se torne hábito e não fardo.

#### **14.1.3 Etapa 2: o planejamento e a programação disciplinados**

Com a fundação pronta, a segunda etapa introduz o planejamento e a programação como práticas regulares. As ordens relevantes passam a ser planejadas antes de executadas, com escopo, peças, horas e cuidados definidos; a semana passa a ser programada segundo a capacidade real e as janelas de parada; e a aprovação passa a exercer a sua função de governança. Surgem os primeiros planos de serviços programados, e a relação entre trabalho programado e reativo começa a pender para o lado saudável.

Nesta etapa, os primeiros indicadores confiáveis se tornam possíveis, porque já há dados suficientes e disciplina de registro. O backlog passa a ser acompanhado, e o cumprimento da programação vira um espelho da maturidade crescente.

#### **14.1.4 Etapa 3: a execução conectada**

A terceira etapa leva o sistema para o campo. O aplicativo móvel coloca a ordem na mão do mantenedor, o apontamento de horas e o lançamento de histórico passam a ser feitos no momento da execução, e a identificação biométrica garante a autoria dos registros. As notificações e o follow-up entram em cena, acelerando a comunicação e impedindo que ordens se percam. A qualidade e a riqueza dos dados dão um novo salto, porque o registro passa a acontecer onde e quando o trabalho ocorre.

É também nesta etapa que o ciclo PDCA começa a girar de forma consciente, com metas de melhoria, verificações apoiadas em indicadores e ações que realimentam o planejamento. A manutenção deixa de apenas executar e passa a aprender com a própria experiência.

#### **14.1.5 Etapa 4: a inteligência**

A quarta etapa incorpora os recursos mais avançados da Indústria 4.0. Os horímetros web e os sensores IoT automatizam a coleta de dados de campo e permitem a abertura de ordens por uso e por condição. O Business Intelligence transforma os dados acumulados em painéis e indicadores que orientam a gestão. E a inteligência artificial passa a prever falhas e a recomendar ações, elevando a

manutenção ao patamar preditivo e prescritivo. Esta etapa só rende plenamente porque as anteriores construíram a base de dados confiáveis de que ela depende.

#### **14.1.6 Um modelo simples de maturidade**

A partir dessas etapas, pode-se descrever um modelo de maturidade em cinco níveis. No primeiro nível, reativo, a manutenção apaga incêndios e quase tudo é corretivo não planejado. No segundo, organizado, há cadastro e registro de ordens, mas o planejamento ainda é incipiente. No terceiro, planejado, o planejamento e a programação são disciplinados e os indicadores são confiáveis. No quarto, proativo, predominam a preventiva e a preditiva, o trabalho reativo é minoria e a melhoria contínua é cultura. No quinto, otimizado, os dados, o Business Intelligence e a inteligência artificial sustentam decisões orientadas por dados e a manutenção opera de forma preditiva e prescritiva.

Situar a empresa nesse modelo é útil porque revela o próximo passo. Não se salta do primeiro nível para o quinto; sobe-se um degrau de cada vez, consolidando cada patamar antes de buscar o seguinte. O valor do modelo não está no rótulo, mas na clareza sobre a direção da evolução.

A figura a seguir resume os cinco níveis de maturidade, em ordem crescente.

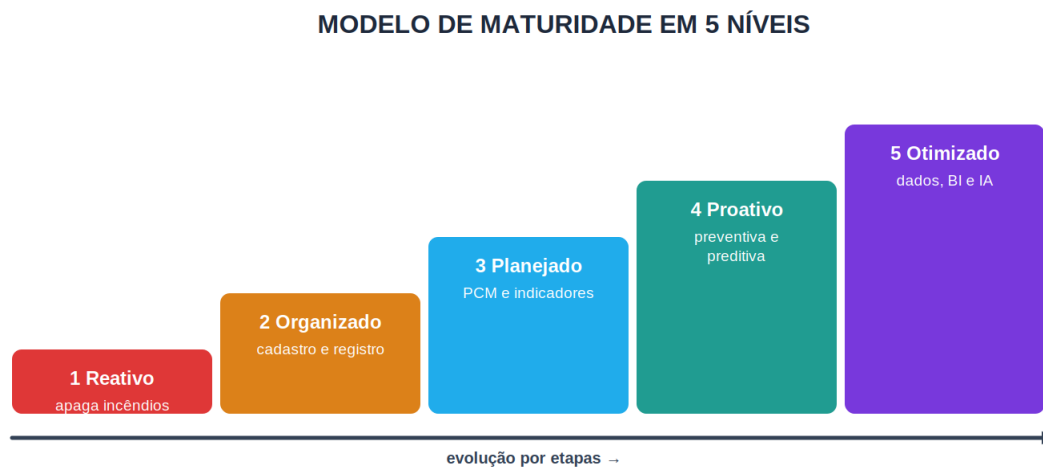


Figura 70 — Modelo de maturidade da manutenção em cinco níveis. Fonte: elaborado pelo autor.

#### **14.1.7 Fatores de sucesso e armadilhas**

Alguns fatores favorecem a implantação: o apoio da liderança, que legitima o esforço; o treinamento contínuo, que capacita as pessoas; a simplicidade inicial, que evita o excesso de campos e regras que afastam os usuários; e a comemoração dos primeiros resultados, que sustenta a motivação. Do outro lado, há armadilhas conhecidas: querer tudo de uma vez, complicar demais o início, tratar a implantação

como projeto de informática em vez de mudança de gestão, e negligenciar a qualidade do dado em nome da velocidade.

A lição que atravessa todo este trabalho reaparece aqui: a tecnologia é poderosa, mas é a disciplina das pessoas com os dados que liberta esse poder. Uma implantação bem-sucedida é, antes de tudo, uma conquista cultural.

## **14.2 Roteiro de Implantação em 90 Dias**

Implantar um sistema de gestão da manutenção é uma jornada, não um evento. O roteiro a seguir divide os primeiros noventa dias em três fases, cada uma com um foco claro. Ele é uma referência: cada operação ajusta o ritmo à sua realidade, mas a ordem das prioridades costuma se manter.

### **14.2.1 Dias 0 a 30 — fundação**

O primeiro mês é dedicado a construir a base sobre a qual todo o resto se apoia. Sem um bom cadastro, nada funciona. Nesta fase, define-se o padrão de codificação das TAGs e monta-se a árvore de ativos, do departamento ao componente, com centros de custo coerentes. Preenchem-se as fichas técnicas dos ativos mais críticos primeiro, relacionando as peças principais. Em paralelo, cadastram-se as pessoas e os perfis de acesso, e configura-se a identificação por face e por voz, definindo validade de acesso para terceiros. O objetivo do mês não é ter tudo, mas ter os ativos críticos bem cadastrados e a porta de entrada do sistema segura e organizada.

### **14.2.2 Dias 31 a 60 — operação do fluxo**

Com a fundação pronta, o segundo mês coloca o fluxo para girar. Habilitam-se os canais de demanda, a solicitação de serviço, os horímetros e, onde houver, os sensores. Passa-se a gerar O.S. a partir das demandas reais, a planejar os serviços com escopo e peças, e a programar a semana respeitando a capacidade. O aplicativo móvel entra em campo, e a equipe começa a apontar horas e a concluir ordens no local, com assinatura por face e relato por voz. É um mês de aprendizado e ajuste: surgem dúvidas, corrigem-se cadastros, refinam-se os planos. O importante é que toda intervenção, a partir de agora, nasça e termine dentro do sistema.

### **14.2.3 Dias 61 a 90 — controle e melhoria**

No terceiro mês, com dados reais se acumulando, o foco passa para a leitura e a melhoria. Configuram-se os painéis de indicadores essenciais, o follow-up com

prazos por criticidade entra em ação, e realizam-se as primeiras reuniões de análise apoiadas em dados, e não em impressões. Começa-se a aplicar o ciclo PDCA sobre os problemas que os indicadores revelam, e iniciam-se os primeiros casos de manutenção sob condição nos ativos mais críticos. Ao fim dos noventa dias, a operação não estará perfeita, mas terá saído do modo reativo para um ciclo organizado, planejado e mensurável, pronto para amadurecer.

#### **14.2.4 Fatores de sucesso e riscos a evitar**

Alguns fatores aumentam muito a chance de sucesso, e vale tê-los em mente desde o início:

- Patrocínio da liderança, que prioriza o cadastro e protege o tempo da equipe para a implantação.
- Foco nos ativos críticos primeiro, em vez de tentar cadastrar tudo de uma vez.
- Registros honestos desde o primeiro dia, pois dados ruins contaminam todos os indicadores.
- Treinamento prático no aplicativo e nos recursos de face e voz, para que a adoção seja natural.
- Disciplina de fechar o ciclo: verificar os indicadores e agir, em vez de apenas executar.

Os riscos mais comuns são o inverso desses fatores: cadastro apressado e inconsistente, expectativa de resultados imediatos, e o abandono dos registros sob pressão do dia a dia. Reconhecê-los cedo é metade do caminho para evitá-los.

### **14.3 Plano de Treinamento e Adoção**

Nenhum sistema entrega valor se as pessoas não o usam bem. A tecnologia é a parte mais fácil; a adoção é o verdadeiro desafio. Este apêndice propõe um caminho para treinar e engajar a equipe.

#### **14.3.1 Treinamento por papel**

Cada papel precisa de um treinamento específico. O solicitante aprende a abrir uma boa solicitação, com TAG e sintoma corretos. O mantenedor aprende a usar o aplicativo em campo, a apontar horas com identificação por face e a relatar por voz. O planejador aprende a transformar demandas em planos, a programar respeitando a capacidade e a ler indicadores. O gestor aprende a interpretar os painéis e a conduzir

o ciclo de melhoria. Treinar todos da mesma forma desperdiça tempo; treinar por papel respeita a necessidade de cada um.

### **14.3.2 Currículo mínimo**

Um currículo enxuto cobre: a visão geral do fluxo, para que cada um entenda onde se encaixa; a operação prática das telas que a pessoa usa; as regras de bom registro; e os recursos de identificação por face e por voz. O treinamento prático, com exemplos reais da própria planta, vale mais que horas de teoria. O objetivo é que, ao terminar, cada pessoa saiba fazer a sua parte com confiança.

### **14.3.3 Estratégia de adoção e gestão da mudança**

A adoção se sustenta em alguns pilares: o apoio visível da liderança, que usa os dados do sistema nas reuniões; a escolha de pessoas de referência em cada área, que ajudam os colegas; a celebração dos primeiros resultados, que mostram o valor do esforço; e a paciência com a curva de aprendizado, sem abandonar os registros sob pressão. Mudar a forma de trabalhar leva tempo, mas cada semana de disciplina consolida o novo hábito.

## **15 GOVERNANÇA E QUALIDADE DOS DADOS**

Como o dado é o fio que costura toda a estrutura, ele merece um tratamento à altura. Este apêndice reúne princípios de governança e qualidade dos dados aplicáveis ao SIGMA EAM, em linguagem acessível.

### **15.1 Por que governar os dados**

Governar os dados é definir regras claras sobre como eles são criados, mantidos e usados, e atribuir responsabilidades por sua qualidade. Sem governança, cada pessoa cadastra e registra de um jeito, os padrões se perdem e os indicadores deixam de ser confiáveis. Com governança, o dado se torna um patrimônio da empresa, confiável e duradouro, capaz de sustentar decisões importantes ao longo dos anos.

### **15.2 As dimensões da qualidade do dado**

A qualidade do dado pode ser pensada em algumas dimensões simples. A completude diz respeito a não deixar campos essenciais em branco. A exatidão diz respeito a registrar a informação correta, como a TAG certa e as horas reais. A consistência diz respeito a seguir sempre os mesmos padrões, como a codificação das TAGs e a árvore de intervenções. A tempestividade diz respeito a registrar no momento certo, e não de memória, depois. E a unicidade diz respeito a evitar duplicidades, como ordens repetidas para o mesmo problema. Cuidar dessas dimensões é cuidar da confiabilidade de tudo o que vem depois.

### **15.3 Papéis na qualidade do dado**

A qualidade do dado é responsabilidade de todos, mas com papéis distintos. O solicitante responde pela qualidade da descrição da necessidade. O planejador responde pela qualidade do cadastro e do plano. O mantenedor responde pela qualidade do apontamento e do histórico. O gestor responde por exigir e usar dados confiáveis nas decisões. Quando cada papel assume a sua parte, o sistema inteiro se beneficia; quando alguém relaxa, a fragilidade se propaga por toda a cadeia.

### **15.4 Práticas que sustentam a qualidade**

Algumas práticas simples sustentam a qualidade ao longo do tempo. Padronizar listas e códigos, em vez de deixar tudo como texto livre, facilita o registro correto e a comparação posterior. Validar dados na entrada, alertando para campos

obrigatórios e inconsistências, previne erros na origem. Revisar periodicamente o cadastro, corrigindo TAGs e fichas desatualizadas, mantém a fundação firme. E auditar amostras de ordens e históricos, com espírito de melhoria e não de punição, revela onde a qualidade precisa de reforço. Essas práticas, somadas à cultura de registro honesto, transformam o dado em um ativo tão valioso quanto as próprias máquinas.

### **15.5 O dado como legado**

Há uma última reflexão que vale ao planejador. Os dados que ele registra hoje serão lidos amanhã por ele mesmo, por colegas e por sistemas inteligentes que ainda nem existem. Um histórico bem lançado pode, anos depois, evitar uma parada, orientar uma compra ou treinar uma inteligência artificial. Cada registro cuidadoso é, nesse sentido, um legado deixado para o futuro da manutenção. Compreender isso é compreender a razão mais profunda de toda a disciplina que este trabalho procurou transmitir.

## **16 ESTUDOS DE CASO**

Os princípios deste manual ganham vida em casos concretos. Este capítulo reúne estudos de caso integrados e por setor.

### **16.1 Estudo de Caso Integrado**

Para amarrar tudo o que foi visto, este apêndice acompanha uma única Ordem de Serviço do nascimento ao encerramento, mostrando como cada bloco atua na prática. O caso é fictício, mas representa situações cotidianas de uma planta industrial.

#### **16.1.1 O cenário**

Em uma fábrica de alimentos, existe uma bomba centrífuga que transfere xarope entre dois tanques. Ela é um ativo de criticidade alta, porque sua parada interrompe a linha inteira e gera perda de produto. A bomba é monitorada por um sensor de vibração e tem um horímetro web instalado. Seu cadastro está completo: pertence ao setor de utilidades, ao processo de transferência, a um centro de custo específico, e sua ficha técnica lista vedações, rolamentos e o óleo recomendado. Sua árvore de intervenções relaciona o sintoma vibração ao defeito rolamento desgastado e à causa lubrificação insuficiente.

#### **16.1.2 A detecção da demanda**

Em uma terça-feira, o sensor de vibração começa a registrar uma elevação lenta, mas persistente, no nível de vibração da bomba. Durante semanas, a leitura havia sido estável; agora, ela cresce a cada dia. Ao cruzar o limite de alerta previamente calibrado, o sistema entende que há uma condição anormal e abre automaticamente uma Ordem de Serviço de inspeção, classificando-a com prioridade compatível com a criticidade alta do ativo. Nenhum humano precisou perceber o problema: a demanda nasceu do próprio equipamento, pelo bloco de sensores IoT.

No mesmo instante, o bloco Notify dispara um aviso ao planejador e ao técnico de plantão, informando o equipamento, o sintoma e a prioridade. A informação circulou sozinha, no ritmo do evento.

#### **16.1.3 A geração e o contexto da O.S.**

A Ordem de Serviço nasce já contextualizada. O bloco de geração busca, no cadastro, tudo o que se sabe sobre a bomba: o setor, o centro de custo, a ficha técnica e a árvore de intervenções. A O.S., portanto, não é um pedaço de papel em branco;

ela chega ao planejador com o histórico do ativo, com as peças prováveis e com um diagnóstico sugerido, graças à árvore que liga a vibração ao rolamento e à lubrificação.

#### **16.1.4 O planejamento**

O planejador abre a O.S. e reconhece o padrão: a mesma bomba já apresentou esse comportamento no passado, e o histórico mostra que a causa foi lubrificação insuficiente. Ele planeja o serviço com cuidado. Define o escopo, que inclui a inspeção do rolamento e a sua eventual substituição. Lista as peças prováveis, consultando a ficha técnica: o rolamento específico, as vedações e o óleo correto. Estima quatro horas de trabalho com dois técnicos. Indica os cuidados de segurança, em especial o bloqueio elétrico da bomba. E, percebendo a reincidência, registra a necessidade de revisar a rota de lubrificação daquele ponto.

Como existe um modelo de plano padronizado para serviços em bombas dessa família, grande parte desse trabalho é aplicada a partir do modelo, e o planejador ajusta apenas o que é específico deste caso.

#### **16.1.5 A programação e a aprovação**

A O.S. planejada segue para a programação. O programador verifica que a substituição do rolamento exige a bomba parada e identifica que há uma janela de parada da linha na próxima quinta-feira. Ele encaixa o serviço nessa janela, distribui a carga da equipe de forma equilibrada e mantém uma folga para imprevistos. A programação resultante respeita a capacidade real da equipe e aproveita a janela.

A programação é submetida à aprovação. Como o serviço tem custo moderado e aproveita uma parada já prevista, o supervisor aprova sem ressalvas. Caso o custo fosse elevado ou exigisse uma parada extraordinária, a decisão subiria a uma alçada superior. Com a aprovação, os recursos são liberados.

#### **16.1.6 Os recursos de apoio**

Acionado, o almoxarifado verifica que o rolamento e as vedações estão em estoque, separando-os previamente para o serviço, em uma preparação que evita interrupções na execução. O óleo recomendado também é separado. Não há necessidade de compras nem de terceiros neste caso, porque o planejamento antecipou as necessidades e o estoque de itens críticos estava bem dimensionado. Tudo o que o serviço exige está reunido antes da data.

### **16.1.7 A execução**

Na quinta-feira, durante a janela de parada, os dois técnicos recebem a O.S. no aplicativo móvel. Cada um se autentica pelo reconhecimento facial, garantindo a autoria dos registros. Eles consultam, no próprio celular, o procedimento e a ficha técnica, aplicam o bloqueio elétrico de segurança e iniciam a intervenção. Ao abrir o mancal, confirmam o diagnóstico: o rolamento está com folga e sinais de desgaste, compatíveis com lubrificação insuficiente. Eles substituem o rolamento e as vedações, aplicam o óleo correto e registram, com uma foto, o estado em que o componente foi encontrado.

Cada técnico aponta, no aplicativo, as suas horas de trabalho, vinculadas à O.S. O sistema soma o esforço e atribui o custo de mão de obra ao centro de custo da bomba.

### **16.1.8 A conclusão e o histórico**

Concluída a substituição e verificado o funcionamento, os técnicos marcam a O.S. como concluída, com honestidade, porque o trabalho foi inteiramente realizado. Em seguida, lançam o histórico de forma estruturada, relacionando o sintoma vibração, o defeito rolamento desgastado, a causa lubrificação insuficiente e a solução substituição do rolamento e ajuste da rota de lubrificação. Acrescentam a recomendação de acompanhar a vibração nas duas semanas seguintes. Esse registro, vinculado à TAG da bomba, soma-se à sua biografia.

### **16.1.9 O follow-up, a qualidade e a inteligência**

O follow-up acompanha a O.S. até o seu encerramento real e, como o serviço foi concluído dentro da janela, o SLA é cumprido com folga. O ciclo PDCA entra em cena: ao verificar o histórico, percebe-se que a lubrificação insuficiente foi, de novo, a causa, e a etapa de agir resulta em uma melhoria concreta, a revisão da rota de lubrificação para reforçar aquele ponto. Essa melhoria volta ao planejamento, realimentando o sistema.

Os dados gerados alimentam o Business Intelligence, que atualiza o MTBF, o MTTR e a disponibilidade da bomba, e permite ao gestor enxergar a tendência. A inteligência artificial, por sua vez, incorpora mais um exemplo ao seu aprendizado, refinando a relação entre o padrão de vibração observado e a falha de rolamento, de modo que, na próxima vez, o alerta possa vir ainda mais cedo. O ciclo se fecha, e a

bomba, agora, é um pouco mais confiável e um pouco mais bem compreendida do que era antes.

#### **16.1.10 A lição do caso**

O caso mostra, em um único exemplo, a essência do panorama: a demanda nasceu de um sensor, virou O.S. contextualizada pelo cadastro, foi planejada com apoio do histórico, programada em uma janela, aprovada com responsabilidade, suprida com antecedência, executada e registrada com qualidade pelo aplicativo, acompanhada pelo follow-up, melhorada pelo PDCA e transformada em conhecimento pelo BI e pela IA. Cada bloco fez a sua parte, e o fio que costurou todos eles foi o dado confiável. Esta é a manutenção que o SIGMA EAM torna possível.

### **16.2 Estudos de Caso por Setor**

Os princípios deste manual valem para qualquer operação, mas ganham vida quando aplicados a contextos concretos. Os casos a seguir, inspirados em situações típicas, mostram como o mesmo fluxo do SIGMA EAM se ajusta a realidades diferentes. Em todos eles, repare que a lógica é a mesma: uma demanda nasce, vira O.S., é planejada, programada, executada, registrada e analisada, alimentando a melhoria contínua.

#### **16.2.1 Indústria de alimentos e bebidas**

Em uma fábrica de bebidas, a linha de envase é o coração do negócio: cada minuto parado significa produto não embalado e, às vezes, lote perdido por questões de higiene. Antes da adoção de um fluxo estruturado, a manutenção era predominantemente corretiva; quando uma envasadora parava, a equipe corria para consertar, sem peças à mão, e a linha ficava horas ociosa. Os registros eram esparsos, e ninguém sabia dizer qual componente falhava mais.

Com o SIGMA EAM, a operação inverteu essa lógica. As envasadoras e os trocadores de calor passaram a ter horímetros e sensores de temperatura e vibração; ao atingir limites, o sistema abria a O.S. automaticamente, e o Notify avisava o turno. O cadastro padronizado por TAG permitiu somar custos por linha e descobrir os equipamentos que mais consumiam recursos. Em campo, os técnicos usam o aplicativo com as mãos enluvadas, apontando horas e relatando por voz, com assinatura facial, o que eliminou a marcação por terceiros e tornou o histórico fiel. Em poucos meses, as paradas não planejadas da linha de envase caíram de forma

expressiva, e as preventivas passaram a ser agrupadas em janelas de higienização já previstas, sem roubar tempo de produção.

### **16.2.2 Metalurgia e siderurgia**

Em uma planta metalúrgica, os ativos são pesados, caros e críticos: um redutor de um laminador, por exemplo, pode levar semanas para ser substituído e custar uma fortuna em produção perdida. Aqui, a consequência da falha é tão alta que a estratégia certa é antecipar. Antes, a empresa trocava componentes por tempo, o que gerava desperdício em alguns casos e falhas surpresa em outros, porque a idade nem sempre prevê a falha.

A virada veio com a manutenção sob condição, apoiada pelo SIGMA EAM. Sensores de vibração e temperatura nos grandes mancais alimentam o sistema, que aplica a lógica da curva P-F: ao primeiro sinal detectável, abre a O.S. e dá à equipe a janela necessária para planejar com calma. Com a análise de modos de falha, a equipe priorizou os pontos de maior risco e concentrou o monitoramento neles. O planejamento de paradas passou a acionar a compra de peças críticas com a antecedência do prazo de entrega, evitando o pesadelo de descobrir a falta no dia do serviço. A análise de causa raiz, sustentada pelo histórico estruturado, atacou as falhas recorrentes, e o tempo médio entre falhas dos ativos críticos subiu de forma sustentada.

### **16.2.3 Papel e celulose**

A indústria de papel e celulose opera em processo contínuo, com grandes paradas gerais programadas, muitas vezes anuais, em que centenas de serviços precisam ser executados em poucos dias. O sucesso de uma parada dessas depende quase inteiramente de planejamento e de recursos garantidos. Antes de um fluxo maduro, paradas estouravam o prazo porque faltava uma peça, um andaime ou uma competência específica no momento certo.

Com o SIGMA EAM, a preparação da grande parada tornou-se um exercício de planejamento e programação em escala. Cada serviço virou uma O.S. planejada, com escopo, peças, ferramentas, horas e cuidados de segurança definidos; a programação encaixou tudo na janela da parada, respeitando a capacidade das equipes e dos contratados. O módulo de recursos disparou compras e contratações com semanas de antecedência, e o follow-up acompanhou cada pendência. Durante a parada, o aplicativo móvel manteve todos vendo o mesmo painel, com apontamento

e conclusão no local. O resultado foi uma parada que terminou no prazo, com custo previsível e um histórico completo, que já serviu de plano-modelo para a parada seguinte.

#### **16.2.4 Frota e logística**

Uma transportadora enfrentava um desafio diferente: ativos móveis, espalhados geograficamente, cuja manutenção depende do uso e não apenas do tempo. As trocas marcadas por data faziam alguns veículos rodarem além do recomendado e outros pararem cedo demais. O acompanhamento era feito em planilhas que nunca refletiam a realidade da estrada.

A adoção do SIGMA EAM com horímetros e odômetros integrados mudou o jogo. Cada veículo passou a gerar suas preventivas pelo uso real, em quilômetros ou horas, e não por uma data arbitrária. Os motoristas e os mecânicos das filiais usam o aplicativo móvel, que funciona mesmo sem sinal e sincroniza depois, registrando ocorrências no momento, com fotos e relato por voz. O follow-up, com prazos por criticidade, garante que nenhuma ordem aberta em uma filial distante seja esquecida. Com o custo de manutenção somando por veículo e por tipo, a gestão passou a decidir com dados quando renovar a frota, em vez de no susto da próxima quebra.

#### **16.2.5 Saúde e utilidades prediais**

Em um hospital, certos equipamentos sustentam a vida, e a manutenção é também uma questão de conformidade e de rastreabilidade. Falhas em sistemas de gases medicinais, climatização de centros cirúrgicos ou grupos geradores têm consequências graves, e auditorias exigem provar quem fez o quê, quando e como. Antes, registros em papel se perdiam e a comprovação era trabalhosa.

Com o SIGMA EAM, cada ativo crítico ganhou ficha, plano e criticidade bem definidos. As preventivas e calibrações passaram a ser disparadas no prazo, com o Notify cobrando os responsáveis. A identificação facial deu a cada conclusão de O.S. o peso de uma assinatura digital, com autor, data e hora, exatamente o que uma auditoria pede. O histórico estruturado tornou simples demonstrar a conformidade, e a análise de causa raiz reduziu a reincidência em equipamentos sensíveis. A manutenção deixou de ser um custo a justificar e passou a ser um pilar de segurança comprovável.

### **16.3 Mais Estudos de Caso**

Os casos a seguir complementam os casos anteriores, abordando situações de partida diferentes. Eles reforçam uma mensagem central: o fluxo é o mesmo, o que muda é o ponto de partida e o ritmo.

#### ***16.3.1 Pequena indústria começando do zero***

Uma pequena indústria, sem nenhum sistema, vivia de manutenção corretiva e da memória de um mecânico experiente, prestes a se aposentar. O risco era enorme: com a saída dele, anos de conhecimento iriam embora. A implantação começou pelo básico, cadastrando os poucos ativos críticos e registrando, com a ajuda do próprio mecânico, o histórico e os planos que existiam apenas na cabeça dele. Em três meses, o conhecimento estava no sistema, e a empresa, antes refém de uma pessoa, passou a ter um patrimônio de informação que permanece.

#### ***16.3.2 Operação migrando de planilhas***

Uma operação de porte médio controlava tudo em planilhas: uma para ordens, outra para horas, outra para estoque, nenhuma conversando com a outra. O esforço de manter as planilhas era enorme, e os números nunca fechavam. A migração para o SIGMA EAM unificou o fluxo: a mesma informação, antes digitada três vezes, passou a existir uma única vez e a fluir entre as etapas. O tempo antes gasto alimentando planilhas foi redirecionado para o que importa, planejar e melhorar, e os indicadores, finalmente, passaram a ser confiáveis.

#### ***16.3.3 Empresa com manutenção terceirizada***

Uma empresa terceirizava boa parte da manutenção e tinha dificuldade de fiscalizar o que era feito e cobrado. Faltava transparência: as horas e os serviços vinham em relatórios do prestador, difíceis de auditar. Com o sistema, os terceiros passaram a ter cadastro e perfil próprios, com acesso de validade definida, e a registrar a sua atuação no mesmo fluxo, com identificação por face e apontamento por voz. A empresa ganhou rastreabilidade total: passou a saber exatamente quem fez o quê, quando e quanto custou, e a relação com os prestadores tornou-se mais justa e baseada em dados.

## **17 INTEGRAÇÃO COM OUTROS SISTEMAS**

A manutenção não vive isolada. O valor do SIGMA EAM multiplica-se quando ele conversa com os demais sistemas da empresa. Este apêndice descreve as integrações mais comuns e o que cada uma agrega.

### **17.1 Integração com o ERP**

O ERP cuida das compras, do estoque e da contabilidade. Integrar a manutenção ao ERP permite que uma necessidade de peça gere o pedido de compra sem retrabalho, que o consumo do almoxarifado seja baixado automaticamente, e que os custos de manutenção apareçam corretamente na contabilidade. O resultado é menos digitação dupla, menos erro e uma visão financeira fiel do que a manutenção consome.

### **17.2 Integração com sensores e IoT**

A conexão com sensores e horímetros é o que viabiliza a manutenção sob condição. Leituras de vibração, temperatura, corrente e horas fluem para o sistema, que as compara com limites e abre ordens automaticamente. Quanto mais rica e confiável essa telemetria, mais cedo os problemas são detectados e maior se torna a janela de antecipação da curva P-F.

### **17.3 Integração com BI e dados**

Embora o próprio sistema ofereça painéis, muitas empresas consolidam dados de várias fontes em uma plataforma de BI corporativa. A integração permite cruzar a manutenção com produção, qualidade e finanças, revelando relações que cada sistema isolado não mostraria, como o impacto da disponibilidade sobre o atendimento de pedidos. O cuidado essencial é a qualidade do dado de origem: BI sobre dados ruins apenas acelera conclusões erradas.

### **17.4 Boas práticas de integração**

Integrações bem-sucedidas começam pequenas e crescem. Recomenda-se priorizar a integração de maior valor primeiro, em geral a do ERP para compras e custos; definir claramente qual sistema é a fonte da verdade de cada dado, para evitar divergências; e validar os dados após cada integração, antes de confiar neles. Integração não é um fim em si: ela serve para que a informação flua sem atrito e sem perda.

## **18 BOAS PRÁTICAS, ERROS E AUDITORIA**

Maturidade se constrói evitando erros conhecidos e auditando a própria operação. Este capítulo reúne boas práticas, erros a evitar, checklist de auditoria e perguntas frequentes.

### **18.1 Erros Mais Comuns e Como Evitá-los**

Este apêndice consolida, em forma de lista, os erros mais frequentes mencionados ao longo do trabalho, com a respectiva orientação de como evitá-los.

- Compartilhar credenciais de acesso. Evite usando a identificação biométrica individual e mantendo o cadastro de pessoas atualizado.
- Descrever a solicitação de forma vaga. Evite orientando os solicitantes a relatar o sintoma com objetividade, o tempo de ocorrência e o risco envolvido.
- Escolher a TAG errada. Evite padronizando a codificação das TAGs e treinando quem abre solicitações.
- Confiar em leituras manuais de horímetro. Evite usando horímetros web com leitura automática e contínua.
- Definir limites de sensores mal calibrados. Evite ajustando os limites com base no histórico real e revisando-os periodicamente.
- Gerar ordens sem cadastro adequado. Evite completando o cadastro dos ativos críticos antes de operar o fluxo.
- Tratar o cadastro como burocracia inicial. Evite investindo tempo na árvore de ativos, nas fichas técnicas e nas famílias.
- Confundir planejar com programar. Evite tratando o planejamento como etapa obrigatória, separada da marcação de datas.
- Programar acima da capacidade. Evite dimensionando a programação à capacidade real e reservando folga para imprevistos.
- Transformar a aprovação em formalidade. Evite definindo claramente o que exige análise e estabelecendo prazos para decidir.
- Acionar recursos tarde demais. Evite antecipando as necessidades de peças e serviços já no planejamento.
- Executar sem registrar. Evite cultivando a cultura de que registrar é parte inseparável da execução.

- Apontar horas de memória. Evite apontando no momento, pelo aplicativo, com precisão e honestidade.
- Marcar como concluído o que está incompleto. Evite registrando a pendência com transparência e o seu motivo.
- Lançar histórico vazio ou genérico. Evite usando a árvore de intervenções e sendo específico no relato.
- Acompanhar apenas o que alguém lembra. Evite deixando o follow-up acompanhar todas as ordens automaticamente.
- Parar no fazer, sem verificar e agir. Evite completando sempre o ciclo PDCA com ações concretas.
- Encher os painéis de indicadores. Evite escolhendo poucos indicadores essenciais e garantindo a qualidade dos dados.
- Aplicar inteligência artificial sobre dados ruins. Evite investindo primeiro na qualidade e na estrutura dos dados.

## **18.2 Erros que Custam Caro e Como Corrigi-los**

Para encerrar, vale reunir, de forma direta, os erros que mais comprometem a gestão da manutenção, com a respectiva correção. Reconhecê-los no próprio dia a dia é o primeiro passo para superá-los.

### ***18.2.1 Cadastrar de qualquer jeito***

O erro: criar TAGs sem padrão, deixar fichas incompletas e centros de custo inconsistentes. O custo: indicadores que não somam, históricos que não se encontram, decisões no escuro. A correção: definir o padrão antes de cadastrar em massa, começar pelos ativos críticos e tratar o cadastro como a fundação de tudo, e não como uma formalidade.

### ***18.2.2 Trabalhar fora do sistema***

O erro: resolver problemas de improviso, sem abrir ordem, porque era rápido. O custo: o histórico fica cego para boa parte do que acontece, e os indicadores mentem. A correção: estabelecer, como regra inegociável, que toda intervenção nasce de uma demanda registrada e termina dentro do fluxo, por menor que seja.

### ***18.2.3 Confundir planejar com programar***

O erro: jogar serviços na agenda sem definir antes o como, com o quê e com quanto. O custo: execuções truncadas, idas e vindas ao almoxarifado, retrabalho. A

correção: separar com clareza as duas etapas, planejando o conteúdo do serviço antes de encaixá-lo no tempo, e criar planos-modelo reutilizáveis.

#### **18.2.4 Apontar horas de memória**

O erro: registrar horas no fim do dia, de cabeça, ou deixar que um colega aponte pelo outro. O custo: MTTR irreal, custo de mão de obra distorcido e abertura para fraude. A correção: apontar no momento, com identificação por face e relato por voz, tornando cada hora fiel e assinada por quem a trabalhou.

#### **18.2.5 Marcar conclusões falsas**

O erro: dar por concluído o que não foi inteiramente feito, para melhorar números. O custo: reincidência, perda de confiança nos dados e risco de segurança. A correção: usar a pendência com motivo quando o serviço não termina, e exigir identificação por face na conclusão, dando-lhe valor de assinatura.

#### **18.2.6 Medir muito e usar nada**

O erro: encher relatórios de indicadores que ninguém lê nem usa para decidir. O custo: esforço desperdiçado e a falsa sensação de gestão. A correção: escolher poucos indicadores essenciais, confiáveis, e usá-los de fato nas reuniões e no ciclo PDCA, transformando número em ação.

#### **18.2.7 Parar de melhorar**

O erro: executar bem, mas nunca verificar e agir, deixando o ciclo aberto. O custo: a operação estaciona e repete os mesmos problemas. A correção: fechar o ciclo, comparando o resultado de hoje com o de ontem e padronizando o que funciona, para que cada volta deixe a manutenção um pouco melhor.

#### **18.2.8 Uma palavra final**

Nenhuma operação está livre desses erros, e reconhecê-los não é motivo de vergonha, mas de maturidade. O SIGMA EAM oferece a estrutura para evitá-los; cabe às pessoas, com disciplina e bons hábitos, transformar essa estrutura em resultado. Este manual terá cumprido o seu papel se ajudar o planejador a enxergar o mapa por trás do território e a conduzir, com confiança, a manutenção da sua organização rumo à excelência.

### **18.3 Checklist de Auditoria do PCM**

Este checklist ajuda o planejador a avaliar, periodicamente, a saúde do seu sistema de gestão da manutenção. Não é uma prova a ser gabaritada, mas um espelho: cada item respondido com sinceridade aponta onde investir. Sugere-se revisá-lo a cada trimestre.

#### **18.3.1 Cadastro e estrutura**

- As TAGs seguem um padrão único e consistente em toda a planta.
- A árvore de ativos está completa para os equipamentos críticos.
- As fichas técnicas e as listas de peças estão preenchidas e atualizadas.
- Os centros de custo permitem somar gastos por linha, área e ativo.
- A árvore de intervenções é alimentada a cada serviço concluído.

#### **18.3.2 Fluxo da Ordem de Serviço**

- Toda intervenção nasce de uma demanda registrada e vira O.S.
- Não existem serviços feitos fora do sistema, de improviso.
- As O.S. carregam contexto, TAG, sintoma, custo, desde a abertura.
- Não há ordens duplicadas para o mesmo problema.
- O ciclo de vida da O.S. é respeitado, sem conclusões falsas.

#### **18.3.3 Planejamento e programação**

- Os serviços são planejados com escopo, peças, horas e segurança.
- Existem planos-modelo reutilizáveis para os serviços recorrentes.
- A programação respeita a capacidade real da equipe.
- As janelas de parada são aproveitadas e os recursos, garantidos com antecedência.
- O cumprimento da programação é medido e acompanhado.

#### **18.3.4 Execução e registro**

- A equipe usa o aplicativo móvel em campo, no momento do serviço.
- O apontamento de horas é feito com identificação por face, sem marcação por terceiros.
- Os relatos são ricos, feitos por voz no local, e não reconstruídos de memória.
- As pendências são registradas com o motivo, em vez de conclusões apressadas.

- Cada conclusão tem autoria comprovada, com valor de assinatura.

#### **18.3.5 Indicadores e governança de dados**

- Os indicadores essenciais são calculados a partir de dados confiáveis.
- As reuniões de manutenção são apoiadas em dados, e não em impressões.
- O ciclo PDCA é aplicado sobre os problemas que os indicadores revelam.
- O follow-up acompanha prazos e idade das ordens, agindo antes do vencimento.
- Há disciplina de melhoria contínua, comparando a operação com o seu próprio passado.

#### **18.3.6 Identificação, biometria e segurança**

- Cada pessoa tem cadastro e perfil próprios, sem credenciais compartilhadas.
- O acesso de terceiros e temporários tem validade definida.
- As ações críticas exigem identificação por face, com prova de vida.
- O lançamento por voz é usado para acelerar e enriquecer os registros.
- A biometria é tratada como dado sensível, com finalidade clara e armazenamento seguro.

### **18.4 Perguntas Frequentes do Planejador**

Este apêndice reúne perguntas comuns de quem está começando, com respostas curtas e diretas, apoiadas no que foi desenvolvido ao longo do trabalho.

#### **18.4.1 Qual a diferença entre solicitação de serviço e ordem de serviço?**

A solicitação é o pedido, feito por quem percebeu a necessidade. A ordem é o documento de trabalho que o PCM gera depois de avaliar a solicitação. Toda solicitação é candidata a virar ordem, mas passa por uma triagem antes.

#### **18.4.2 Por que insistir tanto na qualidade do cadastro?**

Porque o cadastro é o que dá significado a tudo. Sem cadastro bom, não há como atribuir custos, calcular indicadores ou construir histórico confiável. A qualidade do cadastro é o teto da qualidade de todo o sistema.

#### **18.4.3 Qual a diferença entre planejar e programar?**

Planejar é preparar o trabalho, definindo o que será feito, com que peças, em quanto tempo e com que cuidados. Programar é agendar esse trabalho, decidindo quando e por quem. Planejar responde ao como; programar responde ao quando.

#### **18.4.4 O que é mais importante, o MTBF ou o MTTR?**

Os dois importam, porque juntos formam a disponibilidade. O MTBF mostra a confiabilidade, ou seja, o quanto o equipamento evita falhar; o MTTR mostra a agilidade, ou seja, a rapidez do reparo quando a falha acontece. Melhorar qualquer um dos dois melhora a disponibilidade.

#### **18.4.5 Quando devo usar manutenção preventiva e quando devo usar preditiva?**

A preventiva, por tempo ou uso, é adequada quando o desgaste é previsível e a inspeção contínua é cara ou inviável. A preditiva, por condição, é adequada quando se consegue medir variáveis que antecipam a falha. Em equipamentos críticos, costuma-se combinar as duas.

#### **18.4.6 O que fazer quando há mais serviços do que a equipe consegue atender?**

Priorizar com base na criticidade dos ativos e na urgência dos problemas. A criticidade define o que não pode esperar. Programar segundo a capacidade real e acompanhar o backlog evita prometer mais do que é possível cumprir.

#### **18.4.7 É errado deixar uma ordem como pendente?**

Não. Registrar a pendência com transparência é correto e saudável; o errado é marcar como concluído o que ficou incompleto. A pendência mantém o serviço vivo, alimenta o backlog com a verdade e garante o acompanhamento até o encerramento real.

#### **18.4.8 Para que serve apontar as horas com precisão?**

As horas compõem o custo de mão de obra, alimentam o MTTR, medem a produtividade e ajudam a dimensionar a equipe. Apontamentos imprecisos distorcem todos esses números e levam a decisões erradas sobre a própria equipe.

#### **18.4.9 Os sensores e a inteligência artificial vão substituir o planejador?**

Não. Eles automatizam a coleta de dados e qualificam as decisões, mas o julgamento, a priorização e a relação com as pessoas continuam humanos. A tecnologia amplia o alcance do planejador; não o dispensa.

#### **18.4.10 Por onde começar se a empresa ainda não tem nada disso?**

Pelo básico que sustenta o resto: o cadastro dos ativos críticos e o registro disciplinado de solicitações e ordens. Com essa base, evolui-se para o planejamento e a programação, depois para a execução registrada com qualidade e, por fim, para sensores, BI e inteligência artificial. Cada etapa prepara a próxima.

#### **18.4.11 Qual o maior erro a evitar em toda a estrutura?**

Descuidar da qualidade do dado. Como o sistema inteiro depende de dados confiáveis, desde a descrição da solicitação até o lançamento do histórico, o descuido com o dado compromete tudo o que vem depois. Cuidar do dado é cuidar de toda a manutenção.

### **18.5 Mais Perguntas Frequentes**

Este apêndice complementa o anterior com novas perguntas que costumam surgir à medida que o planejador amadurece no uso do sistema.

#### **18.5.1 Como decidir a prioridade de uma ordem?**

A prioridade nasce da combinação entre a criticidade do ativo e a urgência do problema. Um ativo crítico com um problema urgente vai ao topo da fila; um ativo pouco importante com um problema sem urgência pode esperar. Uma matriz simples que cruza essas duas dimensões ajuda a tornar a decisão objetiva e justa, evitando que a prioridade dependa apenas de quem grita mais alto.

#### **18.5.2 O que é backlog saudável?**

Um backlog saudável é aquele que existe, mas não cresce sem controle. Um pouco de backlog é bom, porque dá margem para planejar e programar com antecedência. Um backlog que só aumenta indica que a equipe não dá conta da demanda; um backlog próximo de zero pode indicar ociosidade ou falta de registro. O equilíbrio, medido em semanas de trabalho represado, é o que se busca.

### ***18.5.3 Por que algumas ordens são preventivas e mesmo assim o equipamento falha?***

Porque a preventiva reduz a probabilidade de falha, mas não a elimina. Alguns modos de falha não são previsíveis por tempo, e exigem a abordagem preditiva, baseada em condição. Quando um equipamento falha apesar da preventiva, isso é um sinal valioso: talvez o plano precise ser revisado, ou talvez aquele modo de falha peça monitoramento por sensores. O histórico é o que orienta esse ajuste.

### ***18.5.4 Vale a pena instalar sensores em todos os equipamentos?***

Não. Os sensores têm custo e geram dados que precisam ser atendidos. Faz sentido começar pelos ativos críticos, naqueles em que a falha tem maior impacto e em que existe um modo de falha detectável por medição. Espalhar sensores sem critério gera custo e ruído; concentrá-los onde importa gera valor.

### ***18.5.5 Como evitar que o sistema vire um cemitério de ordens abertas?***

Com follow-up ativo e tratamento honesto das pendências. Toda ordem deve ter um caminho claro até o encerramento, e o follow-up, apoiado pelas notificações e pelo acompanhamento do envelhecimento das ordens, impede que elas se acumulem esquecidas. Ordens muito antigas devem ser revisadas, encerradas ou reprogramadas, nunca ignoradas.

### ***18.5.6 Qual a relação entre manutenção e produção?***

São parceiras, não adversárias. A manutenção existe para que a produção tenha equipamentos disponíveis e confiáveis; a produção, por sua vez, precisa ceder janelas de parada e relatar problemas a tempo. O sistema EAM, com sua programação e seus indicadores, é justamente o terreno comum em que essas duas funções se alinham, negociando janelas e prioridades com base em fatos.

### ***18.5.7 Como o sistema ajuda a justificar investimentos?***

Pelos dados. Quando o histórico mostra que um ativo falha com frequência crescente e consome cada vez mais recursos, ele fornece o argumento objetivo para a sua substituição. Quando o Business Intelligence mostra que a indisponibilidade de uma linha custa muito mais do que um plano de preditiva, ele justifica o investimento nesse plano. O dado transforma a intuição em argumento.

#### ***18.5.8 O que muda no papel do planejador com a Indústria 4.0?***

O planejador deixa de gastar tempo coletando e organizando dados manualmente, porque sensores, horímetros e aplicativos fazem isso automaticamente, e passa a dedicar mais tempo à análise, à priorização e à melhoria. Em vez de operar o sistema, ele passa a pilotá-lo, usando a inteligência dos dados para tomar decisões melhores. O trabalho fica mais estratégico e menos burocrático.

## **19 REFERÊNCIA RÁPIDA, MODELOS E GLOSSÁRIO**

Este capítulo final de referência reúne roteiros, modelos, glossários e resumos para consulta rápida no dia a dia.

### **19.1 Roteiro Prático do Planejador por Camada**

Este roteiro resume, camada por camada, o que o planejador deve observar e fazer. Ele funciona como uma lista de verificação para o dia a dia.

#### **19.1.1 Camada de acesso**

- Confirme que cada pessoa da equipe tem cadastro próprio e perfil adequado à sua função.
- Desative imediatamente o acesso de quem deixa a equipe.
- Garanta que as ações críticas, como aprovação e conclusão, fiquem vinculadas a pessoas identificadas.

#### **19.1.2 Camada de demanda**

- Oriente os solicitantes a descrever o sintoma com clareza e a escolher a TAG correta.
- Verifique se os horímetros estão enviando leituras coerentes com o regime de operação.
- Acompanhe os alertas dos sensores e assegure que cada alerta tenha um responsável.

#### **19.1.3 Geração da O.S. e cadastro**

- Antes de operar o fluxo, complete o cadastro dos ativos críticos.
- Padronize a codificação das TAGs e vincule cada ativo ao centro de custo correto.
- Alimente a árvore de intervenções a cada serviço, relacionando sintoma, defeito, causa e solução.

#### **19.1.4 Planejamento e programação**

- Trate o planejamento como etapa obrigatória das ordens relevantes, apoiando-se no histórico.
- Liste peças, horas, competências e cuidados antes de programar.
- Programe segundo a capacidade real da equipe e aproveite as janelas de parada.

- Acompanhe o backlog e mantenha-o sob controle.

#### **19.1.5 Execução**

- Incentive o registro no momento da execução, pelo aplicativo móvel.
- Aponte horas com precisão e relate sempre o que foi encontrado.
- Distinga com honestidade conclusão de pendência, registrando o motivo das pendências.

#### **19.1.6 Qualidade e inteligência**

- Feche sempre o ciclo PDCA, transformando verificações em ações concretas.
- Use poucos indicadores essenciais nas reuniões de decisão.
- Invista na qualidade do dado, pois dela dependem o BI e a IA.

### **19.2 Modelos de Bom Registro**

Para apoiar a prática, este apêndice apresenta modelos simples de como descrever bem uma solicitação e um histórico, dois registros que sustentam a qualidade de todo o sistema.

#### **19.2.1 Modelo de descrição de solicitação**

Uma boa solicitação responde, em poucas frases, a quatro perguntas: o que se observou, onde, desde quando e com que impacto. Em vez de escrever apenas que a máquina está com problema, o ideal é registrar algo como: ruído metálico intermitente no redutor da esteira da linha dois, percebido desde o início do turno da manhã, que aumenta com a velocidade e ainda não afeta a produção, mas preocupa pela tendência de piora. Essa descrição informa o sintoma, o local, o tempo de ocorrência e o risco, permitindo ao planejador agir com precisão.

#### **19.2.2 Modelo de lançamento de histórico**

Um bom histórico relata o que se encontrou, o que se fez e o que se recomenda, idealmente estruturado pela árvore de intervenções. Em vez de escrever apenas que o serviço foi realizado, o ideal é registrar algo como: encontrado rolamento do mancal traseiro com folga e ruído, associado ao sintoma vibração e ao defeito rolamento desgastado, cuja causa foi identificada como lubrificação insuficiente; realizada a substituição do rolamento e o ajuste da rota de lubrificação para incluir este ponto; recomenda-se acompanhar a vibração nas próximas duas semanas. Esse registro

alimenta o histórico, os indicadores e a inteligência do sistema, e será valioso na próxima vez que o equipamento precisar de atenção.

### **19.3 Cartão de Referência do Planejador**

Este apêndice condensa, em poucas linhas, as ideias centrais do trabalho, para servir como uma referência rápida que o planejador pode consultar a qualquer momento.

#### **19.3.1 A sequência do fluxo**

A demanda nasce de uma pessoa, de um horímetro ou de um sensor; vira Ordem de Serviço contextualizada pelo cadastro; é planejada, definindo como e com o quê; é programada, definindo quando e por quem; é aprovada com responsabilidade; é suprida de recursos; é executada e registrada em campo pelo aplicativo; tem o seu desfecho decidido com honestidade; é lançada no histórico; é acompanhada pelo follow-up; é melhorada pelo PDCA; e é transformada em conhecimento pelo Business Intelligence e pela inteligência artificial, que realimentam o início do ciclo.

#### **19.3.2 As verdades que atravessam todos os blocos**

A primeira verdade é que o dado é o fio que costura tudo; cuidar do dado é cuidar de toda a manutenção. A segunda é que planejar não é programar; preparar o trabalho vem antes de agendá-lo. A terceira é que a honestidade do registro, em especial na distinção entre conclusão e pendência, sustenta a confiabilidade dos indicadores. A quarta é que a tecnologia potencializa, mas não substitui, o julgamento humano. A quinta é que a evolução é por etapas; cada base sustenta a próxima.

#### **19.3.3 As perguntas que o planejador deve sempre se fazer**

Diante de qualquer tela ou situação, três perguntas orientam: em que bloco do fluxo eu estou; de onde veio a informação que chegou até aqui; e para onde ela vai seguir. Quem responde a essas três perguntas nunca se perde no sistema, porque enxerga o mapa por trás do território. E, ao final de cada registro, vale uma última pergunta: este dado, lido por mim ou por um colega no futuro, será claro e útil? Se a resposta for sim, o trabalho foi bem-feito.

#### **19.3.4 O propósito de tudo**

No fim, toda essa estrutura existe para um propósito simples: equipamentos mais disponíveis, mais confiáveis e mais seguros, a um custo justo. Cada bloco, cada

registro e cada indicador serve a esse propósito. O planejador que mantém isso em mente, mesmo nas tarefas mais rotineiras, compreende não apenas como o SIGMA EAM funciona, mas por que ele existe. E é essa compreensão que transforma um operador de sistema em um verdadeiro gestor da manutenção.

#### **19.4 Glossário Técnico**

Este glossário reúne, em ordem temática, os principais termos usados ao longo do trabalho. Ele foi escrito para consulta rápida do planejador, com definições curtas e em linguagem simples.

**Ativo** — qualquer item físico que tenha valor para a organização e que seja objeto de manutenção, como uma máquina, um equipamento, uma instalação ou um componente.

**Ordem de Serviço (O.S.)** — documento central da manutenção que representa um trabalho a ser feito e concentra equipamento, problema, execução, horas, peças, custo e resultado.

**Solicitação de Serviço (SS)** — pedido formal de manutenção feito por uma pessoa, que registra a necessidade antes de ela se transformar em O.S.

**TAG** — nome único e padronizado de um ativo dentro do sistema, que funciona como a sua identidade e liga a O.S., o histórico, os custos e os indicadores a um equipamento específico.

**Centro de custo** — agrupamento contábil ao qual os gastos de manutenção são atribuídos, permitindo saber quanto cada área gasta.

**Ficha técnica** — documento que descreve as características, especificações e componentes de um ativo, funcionando como a sua identidade ampliada.

**Item** — componente catalogado de um ativo, que pode ser requisitado, substituído e controlado em estoque.

**Família** — agrupamento de equipamentos semelhantes que compartilham características, planos e peças, acelerando o cadastro e padronizando procedimentos.

**Árvore de ativos** — estrutura hierárquica que organiza os ativos do mais amplo ao mais específico, do departamento à peça.

**Árvore de intervenções** — estrutura que organiza o conhecimento sobre falhas em quatro níveis encadeados: sintoma, defeito, causa e solução.

Sintoma — manifestação observável de um problema, como um ruído, um aquecimento ou uma vibração.

Defeito — condição anormal por trás do sintoma, como um rolamento desgastado ou um desalinhamento.

Causa — origem ou raiz do problema, como falta de lubrificação ou fixação inadequada.

Solução — ação que resolve o problema e que, registrada, passa a integrar o repertório do ativo.

Falha — perda da capacidade de um item de desempenhar a função requerida.

Manutenção corretiva — manutenção realizada após a falha, para restabelecer a função do item.

Manutenção preventiva — manutenção feita em intervalos predeterminados, por tempo ou por uso, para reduzir a probabilidade de falha.

Manutenção preditiva — manutenção baseada na condição real do equipamento, medida por variáveis como vibração e temperatura.

Manutenção detectiva — manutenção que busca falhas ocultas em funções de proteção que não se manifestam na operação normal.

Manutenção autônoma — tarefas simples de inspeção e conservação executadas pelo próprio operador da máquina.

PCM — Planejamento e Controle da Manutenção, função que planeja, programa e controla as atividades de manutenção.

CMMS — sistema informatizado de gestão da manutenção, voltado a ativos, ordens, planos e indicadores.

EAM — gestão de ativos empresariais, abordagem mais ampla que integra a manutenção a custos, estoques, compras, confiabilidade e ciclo de vida.

MTBF — tempo médio entre falhas; quanto maior, mais confiável é o ativo.

MTTR — tempo médio para reparo; quanto menor, mais ágil é a manutenção.

Disponibilidade — fração do tempo em que o equipamento está apto a operar, combinando confiabilidade e rapidez de reparo.

Confiabilidade — probabilidade de um item desempenhar sua função por um período, sob condições dadas.

Mantenabilidade — facilidade com que um item pode ser mantido ou reparado.

Backlog — acúmulo de serviços pendentes, normalmente expresso em horas de trabalho represadas.

Criticidade — grau de importância de um ativo segundo o impacto de sua falha sobre segurança, meio ambiente, produção e custo.

Prioridade — ordem de atendimento de uma ordem, definida pela combinação de criticidade e urgência.

SLA — acordo de nível de serviço, que estabelece prazos máximos de atendimento conforme a criticidade.

Horímetro — contador das horas de funcionamento de um equipamento, base da preventiva por uso.

IoT — Internet das Coisas; objetos equipados com sensores e conexão que coletam e transmitem dados sobre si mesmos.

Sensor — dispositivo que mede uma grandeza física, como vibração, temperatura ou corrente.

Limite de alerta — valor a partir do qual uma medição é considerada anormal e dispara uma ação.

Notificação — aviso automático enviado pelo sistema diante de um evento relevante.

Follow-up — acompanhamento sistemático das ordens ao longo de seu ciclo de vida, cuidando de prazos e pendências.

Apontamento de horas — registro do tempo de trabalho dedicado a cada serviço, por pessoa.

Histórico — relato estruturado e acumulado do que foi feito em um ativo ao longo do tempo.

Pendência — situação em que um serviço não pôde ser concluído e permanece aberto, com motivo registrado.

PDCA — ciclo de melhoria contínua composto por planejar, fazer, verificar e agir.

Business Intelligence (BI) — recursos que reúnem e apresentam dados em painéis e indicadores para apoiar decisões.

Dashboard — painel visual que exhibe indicadores de forma clara e atualizada.

Inteligência Artificial (IA) — capacidade de um sistema de aprender padrões dos dados para prever e recomendar.

Manutenção prescritiva — estágio em que o sistema não só prevê a falha, mas recomenda a melhor ação.

Indústria 4.0 — integração de sensores, conectividade, dados e inteligência computacional aos processos produtivos.

Plano de manutenção — conjunto de tarefas recorrentes definidas para um ativo, por tempo ou condição.

Rota de lubrificação — sequência organizada de pontos de lubrificação a serem atendidos periodicamente.

Check-list — lista estruturada de verificações percorrida durante uma inspeção.

Janela de parada — período em que um equipamento pode ser parado para manutenção sem prejudicar a produção.

Parada não planejada — interrupção inesperada causada por uma falha, geralmente cara e arriscada.

Centro de trabalho — agrupamento de mão de obra ou de recursos usado no planejamento e na programação.

Requisição de material — pedido formal de peças ou materiais ao almoxarifado para um serviço.

Estoque mínimo — quantidade abaixo da qual um item deve ser reabastecido para não faltar.

Reincidência — repetição de uma mesma falha em um ativo, sinal de causa raiz não resolvida.

Causa raiz — origem fundamental de um problema, cuja eliminação evita a reincidência.

## **19.5 Glossário Ampliado**

Este glossário complementa este manual, reunindo termos adicionais que aparecem ao longo da obra. As definições são propositadamente simples, voltadas ao planejador que está começando.

Ativo: qualquer item físico que a empresa mantém para produzir valor, de uma bomba a uma linha inteira.

Backlog: o conjunto de serviços já identificados, mas ainda não executados, geralmente medido em horas de trabalho pendente.

Biometria: característica pessoal usada para identificar alguém, como a face ou a voz, transformada em um modelo matemático.

Confiabilidade: a probabilidade de um ativo cumprir a sua função sem falhar durante um período, em condições definidas.

Criticidade: a importância de um ativo, que combina o impacto da sua falha com a probabilidade de ela ocorrer.

Curva da banheira: representação clássica de como a taxa de falhas varia ao longo da vida de um equipamento.

Curva P-F: representação do intervalo entre o primeiro sinal detectável de uma falha e a falha funcional propriamente dita.

Disponibilidade: a fração do tempo em que o ativo esteve apto a operar.

FMEA: análise dos modos e efeitos de falha, que lista como cada componente pode falhar e prioriza pelo risco.

Liveness: a prova de vida, que confirma que diante da câmara está uma pessoa real, e não uma foto ou um vídeo.

MTBF: tempo médio entre falhas, indicador de confiabilidade.

MTTR: tempo médio para reparo, indicador de rapidez no atendimento.

Não-repúdio: a impossibilidade de alguém negar uma ação que comprovadamente realizou, garantida pela identificação biométrica.

PDCA: ciclo de melhoria contínua composto por planejar, fazer, verificar e agir.

RCM: manutenção centrada em confiabilidade, que define estratégias a partir da função e das falhas dos ativos.

TAG: o código único que identifica cada ativo e o posiciona na árvore.

## **19.6 Resumo Executivo de Cada Bloco**

Este apêndice oferece, em um parágrafo por bloco, uma síntese para consulta rápida. É útil para revisar o todo sem reler cada capítulo.

Identificação facial e voz: autentica as pessoas e dá autoria a todas as ações, substituindo senhas e crachás, combatendo a fraude e garantindo rastreabilidade.

Solicitação de serviço: registra a necessidade percebida por uma pessoa, com TAG e sintoma, dando início organizado ao fluxo.

Horímetros web: medem as horas de funcionamento e disparam a preventiva pelo uso real, e não pelo calendário.

Sensores IoT: monitoram a condição dos ativos e abrem ordens automaticamente ao detectar desvios, antecipando falhas.

Geração da O.S.: transforma a demanda em uma Ordem de Serviço rastreável, com contexto, custo e ficha desde o nascimento.

Notify: leva a informação certa à pessoa certa, no momento certo, acelerando a reação e organizando as trocas de turno.

Cadastro e estrutura: dá significado e organização aos ativos, com a árvore, as TAGs, os custos e a árvore de intervenções.

Serviços programados: abastecem o planejamento com trabalho previsível, disparando rotinas por tempo, uso ou condição.

Planejamento: define como e com o quê o serviço será feito, criando planos-modelo que tornam a execução rápida e segura.

Saídas do planejamento: transformam o que acontece em relatórios, consultas e registros que sustentam as decisões.

Programação: encaixa os serviços na agenda e nos recursos, respeitando a capacidade e aproveitando as janelas de parada.

Aprovação: libera, com responsabilidade e análise, o trabalho a ser executado, funcionando como filtro de qualidade e custo.

Recursos: garantem peças, materiais e serviços disponíveis na hora certa, evitando que a falta paralise a execução.

Mantenedor: executa o serviço e produz os dados, sendo o ponto em que o plano encontra a realidade.

Aplicativo móvel: leva a O.S. para a mão do técnico, permitindo consultar, apontar, relatar e concluir no próprio local.

Apontamento de horas: mede o esforço de mão de obra, base do MTTR e do custo, tornando-se confiável com a assinatura por face.

Conclusão e pendência: define o desfecho correto da execução, distinguindo o que foi concluído do que ficou pendente.

Histórico: registra a biografia do ativo, relacionando sintoma, defeito, causa e solução, e alimentando o aprendizado.

Follow-up: acompanha as ordens até o encerramento real, agindo nos prazos antes que estourem.

Ciclo PDCA: garante a melhoria contínua, planejando, fazendo, verificando e agindo sobre o que os indicadores revelam.

Business Intelligence: transforma os dados em painéis gerenciais, traduzindo a operação em indicadores de desempenho.

Inteligência artificial: aprende com os dados para prever falhas e recomendar ações, sempre como apoio ao julgamento humano.

## **19.7 Calendário e Rotinas do Planejador**

A gestão da manutenção tem um ritmo. Boa parte do sucesso vem de transformar boas práticas em rotinas regulares, em vez de depender da memória ou da urgência. Este apêndice propõe um calendário de referência, que cada planejador adapta à sua realidade.

### **19.7.1 Rotinas diárias**

O dia começa com uma olhada nas ordens abertas, nas emergências da noite e nos alertas do follow-up e dos sensores. O planejador confirma se as ordens do dia têm recursos garantidos, acompanha o andamento e registra qualquer nova demanda. Ao final do dia, verifica os apontamentos e as conclusões, garantindo que o que foi feito esteja registrado. A rotina diária é curta, mas mantém o sistema vivo e fiel à realidade.

### **19.7.2 Rotinas semanais**

Uma vez por semana, o planejador fecha a programação da semana seguinte, encaixando os serviços por prioridade e capacidade, e revisa o backlog para decidir o que entra e o que aguarda. É também o momento de submeter a programação à aprovação e de alinhar com a produção as paradas necessárias. A reunião semanal, curta e apoiada em poucos números, mantém todos no mesmo rumo.

### **19.7.3 Rotinas mensais**

A cada mês, olha-se para os indicadores: como evoluíram o MTBF, o MTTR, a disponibilidade, o cumprimento da programação e os custos, sempre em comparação com os meses anteriores. Identificam-se os principais ofensores, escolhe-se um ou dois problemas para atacar com o ciclo PDCA, e prepara-se o relatório gerencial para a liderança. A rotina mensal é onde a gestão deixa de apagar incêndios e passa a melhorar de forma deliberada.

### **19.7.4 Rotinas anuais**

Uma vez por ano, revisam-se os planos de manutenção à luz do histórico acumulado, ajustando frequências e escopos. Avalia-se a maturidade da operação e definem-se as metas de evolução para o próximo ciclo. Planejam-se as grandes paradas e os investimentos em monitoramento de condição. A rotina anual é o momento de olhar mais longe, garantindo que a operação não apenas funcione, mas evolua ano após ano.

## **20 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho procurou cumprir um objetivo ambicioso: tornar compreensível, a um planejador leigo, a estrutura funcional completa do SIGMA EAM, bloco a bloco, com profundidade e exemplos. Ao longo dos capítulos, partiu-se da fundamentação de manutenção e de PCM, apresentou-se a visão geral do panorama e, então, percorreu-se cada bloco, da identificação facial à inteligência artificial.

Algumas conclusões se destacam. A primeira é que a estrutura, embora rica, segue uma lógica simples e aprendível: a demanda nasce, vira ordem, é planejada, programada, aprovada, executada, verificada e melhorada, em um ciclo que se realimenta. A segunda é que a qualidade dos dados é o alicerce de tudo; cada bloco, no fundo, existe para gerar, preservar ou transformar dados confiáveis. A terceira é que os recursos da Indústria 4.0, como sensores, horímetros web, aplicativo móvel, notificações, BI e IA, não substituem o PCM clássico, mas o potencializam, automatizando a coleta de dados e qualificando as decisões.

Para o planejador que está começando, fica o convite a usar este material como um mapa. Ao se deparar com qualquer tela do sistema, ele pode perguntar a si mesmo em que bloco está, de onde veio a informação e para onde ela vai. Quem domina o mapa não se perde no território. E quem cuida do dado, desde a primeira solicitação bem descrita até o último histórico bem lançado, contribui para uma manutenção mais confiável, mais disponível e mais barata, que é, no fim, o propósito de todo o esforço aqui descrito.

Como desdobramentos futuros, sugere-se aprofundar cada bloco em manuais operacionais específicos, com as telas reais do SIGMA EAM, e desenvolver indicadores e metas próprios para cada realidade industrial. A estrutura funcional aqui descrita é a base sobre a qual esses aprofundamentos poderão ser construídos.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: confiabilidade e manutenibilidade — terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: informação e documentação — referências — elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14724: informação e documentação — trabalhos acadêmicos — apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 55000: asset management — overview, principles and terminology. Geneva: ISO, 2014.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 55001: asset management — management systems — requirements. Geneva: ISO, 2014.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 14224: petroleum, petrochemical and natural gas industries — collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. Geneva: ISO, 2016.

KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. Manutenção: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. PCM: planejamento e controle da manutenção. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

XENOS, Harilaus Georgius d&#x2019;Philippos. Gerenciando a manutenção produtiva. Nova Lima: Falconi, 2014.

MOUBRAY, John. Manutenção centrada em confiabilidade (RCM II). São Paulo: Aladon, 2000.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. Administração da produção. São Paulo: Atlas, 2009.

CAMPOS, Vicente Falconi. TQC: controle da qualidade total no estilo japonês. Nova Lima: Falconi, 2014.