

Nosso sistema foi dividido em três máquinas diferentes, pois cada uma é responsável por um controle de ambiente. Dessa forma, podemos realizar otimizações em cada subsistema feito.

1. Máquina de Estado: Climatização (Ar Condicionado)

O objetivo principal de otimização é minimizar o consumo de energia elétrica mantendo a temperatura ideal de 18°C

- Otimização de Partida (Soft Start): Quando o sistema transiciona de DESLIGADO para OPERACAO_NORMAL pelo evento “horario_abertura”, em vez de ligar o compressor com capacidade máxima imediatamente, um algoritmo de Soft Start é aplicado. Essa técnica aumenta a capacidade gradualmente, reduzindo picos de corrente elétrica e o estresse do equipamento, o que resulta em economia e maior vida útil.
- Controle Preditivo de Temperatura (MPC): No estado OPERACAO_NORMAL, em vez de apenas reagir aos eventos de “temperatura_alta” ou “temperatura_baixa”, o sistema usa o Controle Preditivo (MPC). Ele prevê a necessidade de resfriamento ou aquecimento (baseado em fatores externos, como clima) e inicia as ações de ajuste de temperatura antes que o desvio de 18°C se torne grande. Isso minimiza a oscilação da temperatura, maximizando o conforto e a eficiência energética.
- Otimização de Desligamento Atrasado (Setback): Na transição acionada pelo “horario_fechamento”, o sistema aplica uma otimização de Setback. Em vez de manter a temperatura em 18 °C, o setpoint pode ser ajustado para um valor menos rigoroso (ex: 25°C). Isso reduz drasticamente o esforço do sistema e o consumo de energia após o expediente.

2. Máquina de Estado: Iluminação

O foco da otimização é maximizar a economia de energia ao garantir o nível de iluminação necessário.

- Harvesting de Luz Natural (Dimmerização Adaptativa): Ao transicionar de TUDO_APAGADO para LOJA_ABERTA_TOTAL pelo “horario_abertura”, e com a detecção de luz natural pelo evento “sensor_luminosidade_ligado”, a técnica de Harvesting de Luz Natural é aplicada. Em vez de ligar as luzes com 100% de intensidade, o sistema calcula a contribuição da luz natural e dimeriza as luzes do salão para o nível mínimo aceitável, otimizando o consumo de energia.
- Agendamento Otimizado (Scheduling): No estado LOJA_ABERTA_TOTAL, é possível implementar um Agendamento Otimizado que define transições temporizadas. Por exemplo, desliga as luzes de destaque em horários de menor movimento ou antes do “fim_jornada”, mantendo apenas as luzes de serviço acesas. Essa técnica reduz o consumo em períodos de baixa ocupação.

3. Máquina de Estado: Estoque e Prateleira Inteligente

A otimização busca minimizar o tempo de prateleira vazia (custo de venda perdida) e maximizar a eficiência da equipe.

- Otimização por Nível de Serviço (Service Level Optimization): O limite de 30% de peso na prateleira para o evento de transição de ESTOQUE_OK para NIVEL_BAIXO é tornado dinâmico. O sistema pode usar dados de venda recentes para prever o momento em que o produto vai acabar e ajustar o limite de peso. O alerta de 'Nível Baixo' é enviado no momento ideal, garantindo a reposição antes do esgotamento, mas minimizando a intervenção antecipada, otimizando o tempo do funcionário.
- Escalonamento de Alerta (Alarm Escalation): No estado AGUARDANDO_REPOSICAO, se ocorrer o “timeout_reposicao” de 15 minutos, a técnica de Escalonamento entra em ação. Em vez de repetir o alerta, a ação direciona a notificação para uma hierarquia superior (supervisor regional). Isso otimiza o tempo de resposta, garantindo que a tarefa não seja abandonada e minimizando o tempo de indisponibilidade do produto.
- Otimização de Rota (Traveling Salesperson Problem - TSP): Quando um funcionário aciona o evento “funcionario_confirma_tarefa” e a prateleira está em ESTOQUE_CRITICO, o sistema aplica uma Otimização de Rota. Ele agrupa todas as tarefas de reposição urgentes em um trajeto otimizado, minimizando a distância percorrida pelo funcionário. Isso maximiza a produtividade da equipe e reduz o tempo total de reposição.