

Sistema puxado de circulação de trens VLI

Ariadne Maia Silva^{1*}, Alexandre Argolo Brito¹, Luciano Cardoso¹, João Gabriel Nunes¹

¹ Centro de Controle Operacional VLI, Rua Tapuias 49, Floresta, 30150-030, Belo Horizonte - MG

e-mail: ariadne.silva@vli-logistica.com.br, alexandre.brito@vli-logistica.com.br,
luciano.cardoso@vli-logistica.com.br, joao.pessoa@vli-logistica.com.br

Resumo: A cadeia logística do fluxo de grãos do Corredor Centro Leste da VLI, apresenta um processo de produção baseado no sistema empurrado, isto é, o processo denota-se com pré requisito a produção em escala máxima, indiferente da demanda, com o intuito de garantir o atingimento dos indicadores de produção. Os envolvidos no processo (terminais, ferrovias e portos) asseguram que sua etapa seja realizada o mais rápido possível, trabalhando de forma isolada, sem fazer conexão processual com o sistema de toda a cadeia, que resulta em desperdícios.

O sistema empurrado não oferece condições para uma circulação saudável de trens no sistema operacional atual da VLI, pois gera excesso de ativos na malha em função das limitações operacionais como por exemplo a extensão de pátios, ciclo de produção de terminal e de intercâmbio, conseqüentemente causando superprodução e formação de estoque desnecessários. Já no sistema de produção puxado, a quantidade correta de trens na malha está em acordo com a necessidade de volume para atender o cliente, permitindo um fluxo contínuo de trabalho e otimizando os ativos operacionais da VLI, trabalhando a estabilidade e a regularidade no processo. A utilização de conceitos da manufatura enxuta (Lean manufacturing) e filosofia do Sistema Toyota de Produção (TPS) no fluxo de grãos, permitiu aplicar um modelo de produção por cadeia puxada, onde foi definido a quantidade de trens necessários na malha para atendimento do volume e a distância ideal entre os trens, de forma a permitir a estabilização do processo de circulação.

Na busca de um modelo de gestão contínuo, a principal mudança foi a implantação de um sistema de produção puxada que permitisse uma maior regularidade na circulação de trens, realizada pelo Centro de Controle Operacional (CCO) e uma previsibilidade de futuros impactos no corredor logístico.

Com a implantação do sistema de produção puxado, os ganhos tangíveis foram: redução de 13% no transit time realizado pelos trens, redução de 60% no desvio padrão do transit time, melhoria em 1,4% na eficiência energética, redução de 5% no total de horas extras realizadas pelos maquinistas, aumento de 8,5% na disponibilização de faixas para manutenção de via permanente e aumento de 56% e 40% nos indicadores de KMEF e MKBF respectivamente, ambos indicadores de confiabilidade de locomotivas. Além disso, uma maior integração entre o campo e o CCO agregaram na qualidade do trabalho.

Palavras-Chaves: CCO, Circulação, TPS, Puxado.

1. INTRODUÇÃO

Cerca de 80% da produção de grãos do corredor logístico Centro Leste da empresa Valor da Logística Integrada (VLI), é carregada no terminal de Araguari e descarregada no porto de Tubarão em Vitória-ES. Para acessar o porto de Tubarão é necessário que os trens VLI circulem na ferrovia Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM) com concessão pertencente a Vale. O local onde há a troca de, é denominada intercâmbio.

Antes de chegar ao local de intercâmbio, o trem passa por um processamento na estação ferroviária em Eldorado- MG, onde há a troca de locomotivas VLI por Vale. Essa troca ocorre principalmente devido as locomotivas VLI não possuírem o sistema embarcado ATC (Automatic Train Control ou Controle Automático de Trens), item necessário para comunicação entre locomotivas VLI com o sistema de licenciamento da Vale.

A falta de referências no gargalo gerava um congestionamento da malha ferroviária e encobria muitas perdas no processo. Visando a eliminação de desperdícios, foram adotadas medidas para implantação de uma nova cultura, dentro dos processos do Centro de Controle Operacional (CCO), baseada nos conceitos da cultura Lean.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 LEAN

O conceito de Lean Production (LP) ou Lean Manufacturing (LM) permite às organizações, identificar e eliminar tarefas e processos que não acrescentam valor ao cliente final e assim aumentar o nível de eficiência delas, que se traduz no aumento da qualidade e produtividade e na diminuição de custos e de tempo de entrega.

No Lean, qualquer atividade que consome recursos, mas não traz valor para o cliente final é considerado um desperdício. Ao total são 8 tipos de desperdícios que podem ser observados na figura 1 a seguir.



Fig. 1 Os 8 desperdícios conforme o Lean Manufactory [1].

2.2 SISTEMA DE PRODUÇÃO

O sistema de produção é um conjunto de atividades e operações que são envolvidas com a produção de uma empresa, sejam bens ou serviços, que interagem entre si formando uma cadeia que influencia o resultado da produção.

O sistema é composto por pessoas, departamentos, equipamentos, instalações, processos e produtos interligados por um mesmo objetivo. A escolha de um sistema de produção auxilia a guiar a linha de produção, mostrando qual a sequência lógica para atuação e como será organizada a produção. Os sistemas de produção empurrada e puxada exercem essa função.

2.2.1 Sistema de produção empurrado

O Sistema de Produção Empurrado é um dos modelos de produção clássicos que teve origem na Revolução Industrial. Sua base é fundamentada para que, na linha de montagem, cada item seja produzido e empurrado para a próxima etapa. Esse tipo de produção é caracterizado por produzir, estocar e só então vender o estoque aos clientes. Ela é recomendada para empresas que precisam de quantidade de produtos, que não têm interferência de sazonalidade.

2.2.2 Sistema de Produção Puxado

O Sistema de Produção Puxado surgiu junto com o Toyotismo, ao fim da Segunda Guerra Mundial e a consolidação do mercado internacional, tendo o objetivo de ser um método que não necessite de um estoque muito grande. Neste sistema, a demanda criada pelo cliente irá puxar a oferta, e não o

contrário, com a adaptação do ritmo produtivo e estoques.

Com isso, o foco da produção puxada está no fluxo de materiais e não no estoque, como na empurrada. Apoiado na metodologia chamada de Just in Time, que fala que se deve produzir apenas o que for necessário, a produção puxada tem uma redução em custos com estoque e de desperdícios, tornando a operação como um todo mais eficiente.

2.3 PROCESSO DE CIRCULAÇÃO DE TRENS

O processo de circulação de trens é de responsabilidade do Centro de Controle Operacional (CCO) cuja principal função é planejar e monitorar a circulação dos trens na malha ferroviária.

A ferrovia da VLI é composta de linha singela e pátios de cruzamento. A linha singela é aquela que apresenta apenas uma via principal para a passagem dos trens. Sendo assim, há uma necessidade de que a circulação dos trens seja a mais otimizada possível para garantir competitividade no mercado, reduzir custos e atender a necessidade do cliente.

3. METODOLOGIA

Para a construção do presente artigo utilizou-se o método de pesquisa descritiva e quantitativa baseado em um estudo de caso de implantação de sistema puxado no processo de circulação de trens do fluxo de grãos do corredor Centro Leste da VLI.

O trabalho foi realizado em 4 etapas, sendo:

Etapa 1: Mapeamento da cadeia de valor atual;

Etapa 2: Identificação dos desperdícios;

Etapa 3: Criar Fluxo Contínuo;

Etapa 4: Desenvolvimento da liderança e dos times.

3.1 Mapeamento da cadeia de valor atual

Durante o mapeamento da cadeia de valor atual, foi possível identificar que o processo de circulação dos trens atuava com um sistema de produção empurrado, onde os trens eram carregados o mais rápido possível e circulados, super produzindo e formando estoque. Esse modelo gerava baixo controle do processo de circulação refletindo em perdas no indicador, elevada variabilidade do processo e baixa produtividade de ativos.

Uma vez que para realizar o volume programado do mês é necessário realizar o intercâmbio com a ferrovia parceira, chegou-se a conclusão que o processo que necessitava aprofundamento era o intercâmbio de trens entre VLI e EFVM. Intercambiar a quantidade necessária de trens é o que garante que o volume total programado seja transportado.

3.2 Identificação dos desperdícios

Dentre os principais desperdícios identificados, tivemos a superprodução e espera. O desperdício de superprodução era gerado principalmente no início do ciclo, onde eram carregados o máximo de trens nos terminais de carregamento. Não havia uma referência normal de quantos trens deveria ser carregado por dia e qual o intervalo entre cada trem. Isso refletia diretamente na circulação dos trens, gerando instabilidade no processo uma vez que em alguns momentos chegavam-se vários trens seguidos no local de intercâmbio como também poderia acontecer de ficar várias horas sem oferta de trens para intercambiar.

Com a quantidade de trens na malha acima do ideal, gerava congestionamentos e excesso de cruzamentos de trens, refletindo no lead time do produto e em várias outras áreas de interface. Com o excesso de trens na malha ferroviária, os cruzamentos de trens eram morosos e ineficientes, gerando também desperdícios de espera.

Também havia outros desperdícios que acabavam sendo provenientes da superprodução e espera, como por exemplo custo com combustível de locomotivas, uma vez que essas locomotivas ficavam muito tempo paradas aguardando cruzamentos, gastos com realização de hora extra de maquinistas além de replanejamento constante para atender a demanda.

3.3 Criar Fluxo Contínuo

3.3.1 Criação de referência de quantidade de trens por dia

O primeiro passo para a eliminação do desperdício no processo de circulação de trens, foi a criação da referência da quantidade de trens a serem intercambiados diariamente. Considerando que:

V = Volume programado no mês;

P = Peso médio de um trem carregado;

$N_{mês}$ = Número de trens por mês;

N_{dia} = Número de trens por dia;

D = Número de dias no mês;

$$V \div P = N_{mês} \quad (1)$$

$$N_{mês} \div D = N_{dia} \quad (2)$$

Vamos considerar um exemplo onde o Volume programado para o mês (V) foi de 450.000 toneladas e que o peso médio de um trem carregado (P) seja de 5.000 toneladas. Quando dividimos V por P , chegamos ao número de trens necessário para realizar o volume programado no mês que nesse exemplo seriam 90 trens ($N_{mês}$).

Considerando que um mês padrão possui 30 dias corridos (D), ao dividirmos os 90 trens pela quantidade de dias no mês, chegamos a quantidade de trens necessários a serem intercambiado por dia que nesse exemplo seriam 3 trens por dia para garantir que o volume programado seja cumprido.

3.3.2 Criação de referência de distância entre trens ou takt time

Como não havia uma referência clara da quantidade ideal de trens na malha para atender o volume, também não existia uma referência clara da distância entre os trens. Essa distância era fundamental para que todas as etapas do processo ocorressem com o ritmo adequado e permitindo assim um sistema puxado.

Considerando que:

N_{dia} = Número de trens por dia;

T_d = Tempo disponível

TT = Takt Time

$$T_d \div N_{dia} = TT \quad (3)$$

Para estabelecer esse distanciamento ideal, o cálculo utilizado foi a divisão do tempo disponível pela demanda existente é a quantidade de trens a serem intercambiado por dia. Considerando o exemplo onde o tempo disponível para a circulação de trens fosse de 24 horas por dia e que a quantidade de trens intercambiados é de 3 trens por dia, chegamos a um valor de distanciamento entre trens de 8 horas. Esse valor encontrado é o que chamamos também de takt time.

Portanto, para atender a demanda do cliente de 3 intercâmbios por dia, a distância entre os trens deve ser de 8 horas. Importante ressaltar que para que essa distância se mantenha, também é importante que os locais de origem

e destino também cumpram a mesma regra de takt time, tornando o sistema um fluxo contínuo.

A criação das referências foram adotada efetivamente no processo de circulação de trens na VLI a partir do mês de maio de 2019.

3.4 Desenvolvimento da liderança e dos times

Para se construir e sustentar a filosofia Lean no processo de circulação de trens foi fundamental o papel da liderança atuando na cadeia de ajuda e no desenvolvendo as pessoas para resolver problemas.

Para dar base a essa nova cultura, foi realizada a capacitação da equipe do “chão de fábrica” e gestores nos módulos de implantação da cultura Lean.

4. RESULTADOS

Sabendo que o processo de circulação de trens possui inúmeras interfaces, ao definir as referências de quantidade de trens e distanciamento entre eles, paralelamente foram acompanhadas, mês a mês, os efeitos colaterais nos demais indicadores da empresa que estão interligados com a circulação de trens. Foram focados 5 indicadores que serão abordados individualmente a seguir:

- Transit time;
- Eficiência Energética;
- Hora extra de maquinista;
- Faixa de manutenção de via permanente;
- Confiabilidade de locomotivas.

4.1 Transit Time

O Transit Time (TT) refere-se ao tempo gasto para circular o trem da origem ao seu destino. O indicador de TT foi avaliado dentro do período de fevereiro a outubro dos anos de 2019 e 2020.

A implantação do Lean foi realizada a partir do mês de maio de 2019, mas os resultados foram expressivos no ano de 2020. Com a implantação do Lean no processo de circulação de trens no fluxo de grãos do corredor Centro Leste, o indicador TT apresentou redução de 13% comparando-se 2019 e 2020 e redução em 60% no desvio padrão do TT no mesmo período, como pode ser observado no gráfico 1.

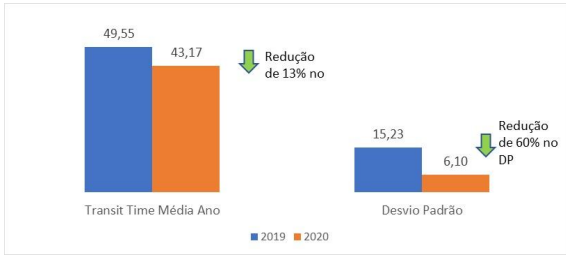


Gráfico 1: Dados comparativos de Transit Time nos anos de 2019 e 2020.

4.2 Eficiência Energética

O indicador de Eficiência Energética (EE) visa indicar a relação de litros de combustível consumidos por Tonelada quilômetro bruta multiplicada por mil (L/KTKB). Basicamente trata-se de avaliar o desempenho dos trens utilizando-se a menor quantidade de combustível possível.

O indicador de EE apresentou uma redução de 1,4% quando comparado os anos de 2019 e 2020, significando uma redução nos gastos com combustível na circulação dos trens.

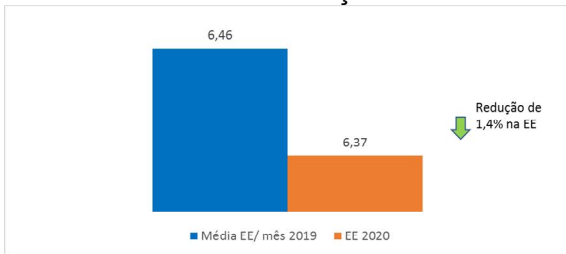


Gráfico 2: Dados comparativos de Eficiência Energética nos anos de 2019 e 2020.

4.3 Hora extra de maquinista

O indicador de hora extra de maquinista, apresentou redução de 5% quando comparamos os anos de 2019 e 2020 (gráfico 3). Com uma melhor regularidade dos trens a serem circulados, houve uma contribuição para um melhor planejamento de alocação dos maquinistas e conseqüentemente redução das horas extras.

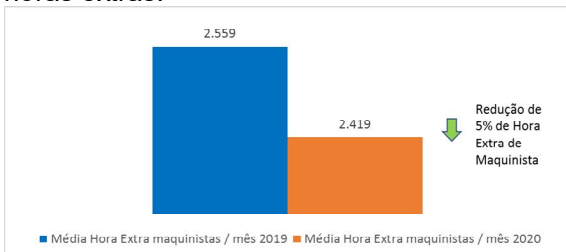


Gráfico 3: Dados comparativos de média de hora extra de maquinista por mês nos anos de 2019 e 2020.

4.4 Faixas de manutenção de via permanente

No indicador Faixa de manutenção de via permanente apresentou melhora de 8,5% no ano de 2019. Para o ano de 2020 a média de faixas disponibilizadas se manteve. A implementação do sistema puxado na circulação gera intervalos pré determinados entre trens, permitindo uma maior disponibilização de faixas para a manutenção da via permanente. O mês de maio de 2019 apresentou uma maior disponibilidade em decorrência das restrições de circulação na barragem do Gongo Soco da EFVM, ações provenientes do estouro da barragem de Brumadinho e para os cálculos dessa análise os números desse mês específico foram desconsiderados nos cálculos de ganho.

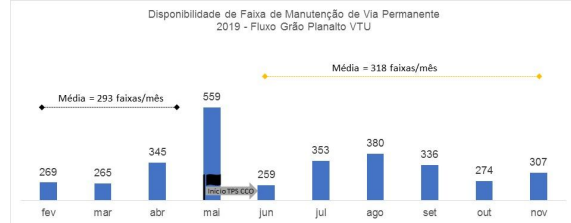


Gráfico 4: Dados comparativos de média de faixas de manutenção de via permanente no ano de 2019.

4.5 Confiabilidade de locomotivas

No indicador confiabilidade de locomotivas foram considerados o KMEF e o MKBEF. O indicador KMEF (Quilometragem média entre falhas) representa a quantidade de quilômetros que a locomotiva percorreu até ocorrer uma falha. Em 2020 as locomotivas percorreram 56% a mais antes de apresentar uma falha, quando comparada com 2019.

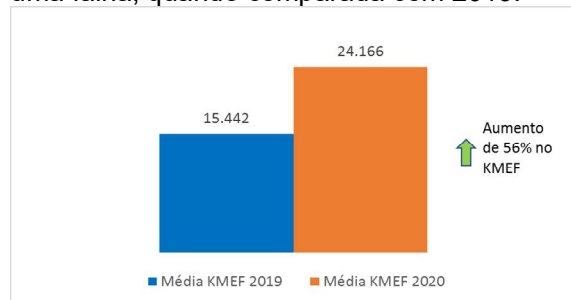


Gráfico 5: Dados comparativos de média de KMEF por mês nos anos de 2019 e 2020.

Esse aumento foi possível uma vez que no sistema puxado permitiu que mais locomotivas

fossem mantidas pelas oficinas. O indicador MKBF (Quilometragem média entre reboque) representa a quantidade de quilômetros que a locomotiva percorreu até ser rebocada, isto é, não estar apta para circulação. No período de 2020, a média de quilômetros que uma locomotiva percorria até ser rebocada, foi 40% acima quando comparado com a média de 2019. Esse valor corresponde a aproximadamente 125 mil quilômetros a mais percorridos.

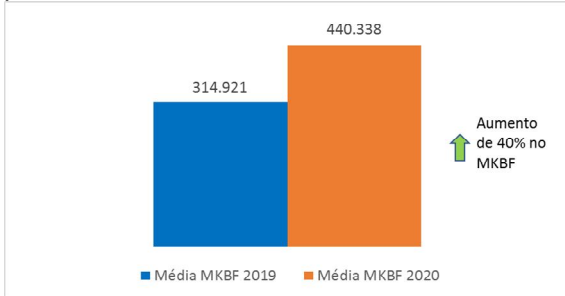


Gráfico 6: Dados comparativos de média de KMEF por mês nos anos de 2019 e 2020.

4.6 Custos evitados com a eliminação dos desperdícios

Tendo em vista os resultados alcançados após a implantação de uma cultura de modelo puxado na circulação de trens, os principais custos evitados observados foram com relação a eficiência energética (gastos com combustível para locomotivas) e com hora extra de maquinistas.

Considerando o período de junho a dezembro de 2019 (7 meses), os custos estimados evitados foram de aproximadamente 3 milhões de reais.

5 CONCLUSÃO

A aplicação do método ágil Lean para a implementação de um sistema puxado na circulação de trens, obteve resultados expressivos. O simples fato de criação de referências normal e anormal para a quantidade de trens na malha, contribuiu para evitar engarrafamentos, eliminando desperdícios de espera no processo. Além disso, com a regularidade de intervalo entre os trens, eliminou desperdícios de super processamento dos funcionários que antes precisavam replanejar inúmeros cruzamentos de trens em pátios para atender a demanda. Para garantir que a adoção desse novo fluxo de valor não estivesse gerando problemas em

outros processos, foram acompanhados os efeitos colaterais em outros indicadores relacionados à circulação de trens. No indicador de Transit Time observou-se redução de 13% e no desvio padrão do TT redução de 60%, demonstrando uma maior estabilidade no processo. O indicador de eficiência energética apresentou redução de 1,4%, hora extra indicando redução no consumo de combustíveis e reduzindo gastos com esse insumo.

Agora em uma visão mais voltada para a segurança houve ganhos relacionados a maior disponibilidade de faixas de manutenção, onde observou-se um aumento de 8,5%, uma vez que essas faixas passaram a ser encaixadas nos intervalos entre os trens. Mais manutenções permitem maior confiabilidade da malha, reduzindo riscos de acidentes. Com intervalos bem definidos também foi possível realizar um melhor planejamento na alocação de maquinistas reduzindo cerca de 5% no indicador de hora extra de maquinista. O reflexo também foi positivo nos indicadores de manutenção de locomotivas uma vez que o sistema puxado permitiu uma menor quantidade de locomotivas circulando e conseqüentemente mais locomotivas puderam ser disponibilizadas para manutenção. Isso gerou aumento nos indicadores de KMEF em 56% e no MKBF em 40%, isto é, as locomotivas passaram a circular mais quilômetros antes de apresentar alguma falha. Com a eliminação dos desperdícios foi possível um custo evitado de aproximadamente 3 milhões de reais, relativo a principalmente a custos com combustível e hora extra de maquinistas.

O envolvimento genuíno dos colaboradores foi fundamental para que os ganhos expressivos observados fossem alcançados.

7. AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda equipe do CCO (Centro de controle Operacional) e apoio de áreas parceiras como Gerência de Manutenção de Locos Centro Leste e Gerência de Engenharia de Operações pela disponibilização de informações sobre os indicadores dessas áreas.

8. REFERÊNCIAS

- [1] B. Tiago, *Os oito desperdícios do Lean Manufacturing*, <https://celerate.com.br/>, Agosto 2020.

P.Dennis, *Produção Lean Simplificada*, 2ª Edição, 2008.