

Previsão de circulação: ferramenta para otimização da tomada de decisão

Aline Villela Chaia*, Rafaella Maria Brandão Prado

Gerência Geral de Planejamento, Circulação e Controle Operacional, MRS Logística S.A., Av. Brasil, 2001, Centro, 36060-010, Juiz de Fora, Minas Gerais

e-mail: aline.chaia@mrs.com.br*, rafaella.prado@mrs.com.br

Resumo A operação ferroviária é extremamente dinâmica: a todo o momento acontecem diversas interferências internas (cruzamentos, alterações de prioridade, defeitos de ativos) e externas (condições climáticas, ocorrências, entre outros), que exigem novas tomadas de decisões. Conviver com este cenário é um desafio, dado o grande volume de informações e as diversas possibilidades, o que muitas vezes pode comprometer o nível de atendimento ao cliente (pela falta de previsibilidade) e/ou onerar os custos da companhia como o consumo de diesel, impactando a eficiência energética, o aumento de ciclo dos ativos e de horas extras e improdutivas de maquinistas.

Com objetivo de padronizar as decisões operacionais, trazer agilidade e aumentar a confiabilidade das informações, começou a ser desenvolvido, em 2016, um sistema de otimização da programação de circulação na MRS Logística, o OptMove. Este sistema oferece soluções realistas para a projeção de circulação dos trens na malha ferroviária, considerando as regras de decisão modeladas e ainda oficializando a previsão de maneira corporativa para diversos sistemas.

Palavras-Chaves: Operação Ferroviária; Previsão de Circulação; Otimização; Eficiência Energética.

1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores desafios da operação ferroviária é a previsibilidade. Existem diversos fatores de influência e seu dinamismo traz novos cenários a todo momento, enfatizando a importância da capacidade de reação de forma rápida e eficaz.

Neste contexto, a MRS Logística vem buscando soluções que auxiliem à tomada de decisão e permitam visualizar a projeção de ocupação na malha a cada mudança de cenário.

No passado, grande parte do conhecimento envolvendo as regras de negócio e as decisões tomadas ficavam centralizadas na figura do programador de circulação.

Buscando alternativas para este contexto no mercado, a MRS trouxe, em 2011, um software de planejamento de tráfego de trens. Este gerou significativos avanços no processo, porém a velocidade com que as customizações do modelo operacional conseguiam ser incorporadas ao produto não

atendiam à necessidade da companhia, além do custo elevado e do processo burocrático.

Foi neste contexto que surgiu a ideia de trazer o desenvolvimento deste produto para dentro da companhia, nascendo em 2017, após quase um ano de desenvolvimento, a primeira versão do OptMove.

Foram desenvolvidas funcionalidades a fim de garantir a gestão do conhecimento, automatizar e padronizar o desenho de circulação dos trens em cada trecho da ferrovia. A modelagem foi iniciada nos principais corredores que acessam os grandes terminais de minério e conta com decisões de gestão de oferta de trens para carga e descarga, grade de trens de Carga Geral, gestão de intervalos para manutenção, cadenciamento e prioridade de trens com foco em eficiência energética entre outros aspectos.

A ferramenta gera, através de algoritmos de otimização, a melhor solução viável para o cenário em poucos minutos. Através da interação com o usuário é possível tratar situações atípicas ou que ainda não foram

modeladas.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

O processo de programação da circulação de trens surge da convergência dos processos de diversas áreas de interface. No dia a dia, o programador deve conciliar nas suas tomadas de decisões os interesses de todos os seus clientes, tanto os internos como, principalmente, os clientes finais da companhia.

Gerar janelas de atendimento para manutenção da malha, garantir o *transit time* ótimo de todas as composições, planejar estratégias para situações de contingência são partes importantes do seu desafio, sempre tendo como foco o atendimento ao cliente final. O trabalho da programação de circulação tem como uma de suas saídas a previsão de passagem dos trens em cada local da malha. Mas não apenas isto, a estratégia utilizada para definir essa circulação é o mais importante.

Uma ferramenta que seja capaz de integrar todas as informações pertinentes a esse processo (como desempenho dos terminais de clientes, intervalos de manutenção, manobras de pátios etc.) faz-se então necessária.

3. INTERFACE COM OUTROS SISTEMAS

Uma das vantagens que o OptMove trouxe foi a facilidade de integração com outros sistemas. Isto permite o recebimento e atualização de *inputs* em poucos minutos, fazendo com que o usuário tenha a sua disposição o cenário mais real possível.

Além disso, também permite o envio dos dados projetados atualizados para os sistemas de destino que são direcionados a vários clientes internos, subsidiando diversos processos de tomada de decisão. Como exemplo, tem-se a programação de circulação dos trens no sistema que é utilizado pelos controladores de tráfego. Estes usam o produto como fonte de informação para executar o licenciamento dos trens.

4. FUNCIONALIDADES

A ferramenta conta com diversas funcionalidades que reproduzem o modelo da operação ferroviária. Estas funcionalidades vem sendo desenvolvidas ao longo dos últimos

anos, trazendo padronização para o processo e auxiliando na gestão do conhecimento.

4.1 Capacidade de terminais

O transporte de minério, carvão e coque representam, hoje, grande parte do volume atendido pela companhia. O atendimento é feito de ponta a ponta, desde os terminais de carregamento até os portos para exportação ou até as usinas para consumo interno. Para otimizar a operação é necessário que todos os processos sejam conhecidos e considerados, não apenas a etapa do transporte. Com essa visão, fez-se necessário a inclusão no OptMove das operações de carga e descarga dos terminais atendidos diretamente pela MRS. Na ferramenta são considerados não só o layout real do terminal, mas também seu modo de operação. A simultaneidade das operações de carga e descarga, o tipo de estrutura ferroviária, conexões entre linhas, tamanho das linhas, tempos de carga/descarga e de trocas de composição são alguns dos principais parâmetros registrados na ferramenta para replicar e otimizar a capacidade operacional dos terminais.

4.2 Gestão de fila

Um componente importante ligado ao atendimento a terminais é a gestão de fila. Essa gestão, simplificada, consiste em um processo de decisão inteligente para o aguardo de trens destinados a um mesmo terminal específico.

A operação ferroviária conta, hoje, com o que são chamados de pátios reguladores, que são nada mais do que pátios estrategicamente localizados onde as composições podem aguardar o momento certo de circular sem consumir recursos de forma desnecessária, como diesel e equipagem.

O OptMove é capaz de realizar essa gestão automaticamente. São considerados gatilhos específicos, levando em conta a capacidade conhecida dos terminais, para determinar qual seria o momento ótimo de circular com os trens dos pátios reguladores, buscando não só a economia dos recursos direto da companhia, mas também o atendimento sem ociosidade no terminal do cliente.

4.3 Rastreamento dos trens

Permite atualizar o posicionamento real do

trem a partir da integração com a ferramenta utilizada pelos controladores de tráfego. Faz a leitura da movimentação do trem, seja pelo rastreamento automático da circulação através da ocupação das seções de bloqueio nos trechos sinalizados, seja pela movimentação do prefixo no painel nos trechos não sinalizados. Este artifício permite uma atualização mais rápida, eliminando, quando necessário, um interlocutor no processo e também em um nível maior de granularidade.

4.4 Gestão de intervalos de manutenção

Os atendimentos de manutenção preventiva e preditiva na MRS ocorrem em modelos diários específicos considerando diferentes tipos de intervalos. Destes, podem ser destacados como principais: os intervalos que geram impacto total na circulação; os que geram redução na VMA (velocidade máxima autorizada) do trecho e os que são concedidos por oportunidade. O sistema em questão recebe os dados dos intervalos programados através da interface com outros sistemas e faz sua projeção, representando os impactos gerados ao levar em consideração cada tipo específico. A Figura 1 exemplifica a projeção resultante de um intervalo com restrição de velocidade de 10km/h na Linha do Centro, onde a VMA pode chegar a 65km/h.

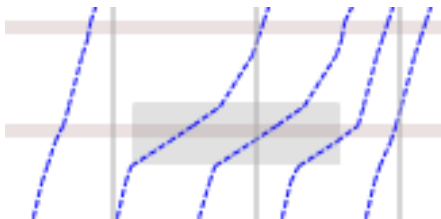


Figura 1 - Projeção de um intervalo de restrição de velocidade.

Essa funcionalidade traz ganhos não só para as equipes de manutenção, que tem a possibilidade de consulta da previsão de início do seu intervalo, mas também para os clientes, que recebem previsões mais confiáveis e realistas da chegada dos trens em determinado local.

4.5 Cadenciamento de trens

Um dos grandes ganhos gerados pela ferramenta de otimização de circulação está relacionado à economia de combustível. Os trens que circulam na malha da MRS contam

com sistemas automatizados de licenciamento, controle e monitoramento que funcionam de forma integrada à sinalização de campo, tendo como um dos principais objetivos a segurança da operação. Tais sistemas geram uma frenagem instantânea nos trens ao enxergarem certa aproximação destes, gerando redução da velocidade até que os trens se afastem. Essa ação implica em aumento no consumo final de diesel da composição afetada. Para evitar que isto ocorra, o OptMove gera um cadenciamento automático entre os trens que circulam em trechos de sentido único ou majoritariamente único, tendo gatilhos específicos para necessidade de cada trecho. Apesar de os gatilhos serem fixos para um determinado corredor (ou trecho), o tempo necessário para cadenciar cada composição pode variar de acordo com a sua VMA. Esse tempo é automaticamente calculado pela ferramenta através da sua curva de *posicionamento versus tempo* prevista, gerando um cadenciamento específico para cada trem. Na Figura 2 é apresentado, como exemplo, o cadenciamento de trens na Ferrovia do Aço.

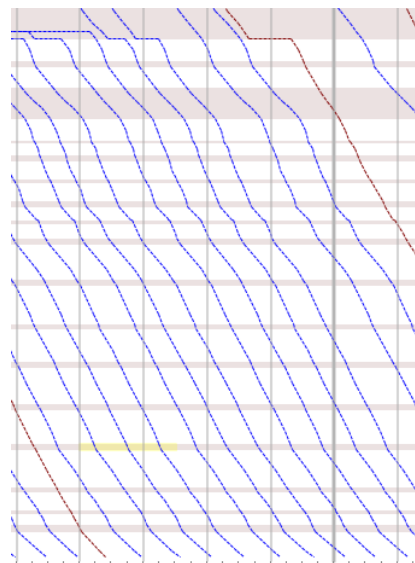


Figura 2 - Cadenciamento de trens.

4.6 Regras de priorização

A projeção de circulação leva em conta algumas regras de priorização que vão desde o viés de redução do consumo de diesel ao de segurança, como é o caso dos trens de carga perigosa, que tem prioridade na circulação sobre qualquer outro. Outro exemplo é o que acontece em trecho de duplo sentido de

circulação, em um cruzamento entre um trem de minério vazio e outro carregado, em que este tem preferência sobre aquele, como pode ser observado na Figura 3.

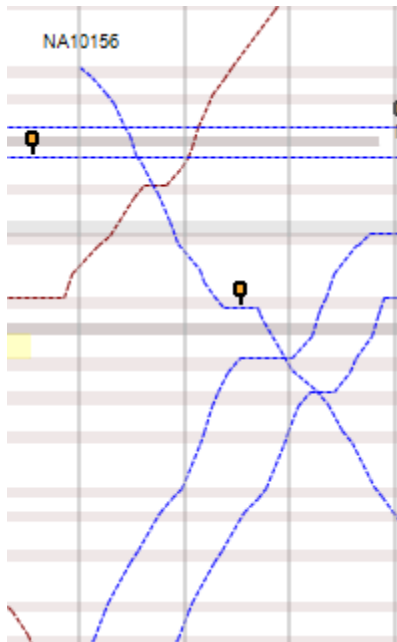


Figura 3 - Cruzamento trens vazios e carregado.

4.7 Atendimento a pátios de manobra

Parte relevante dos trens de carga geral da MRS, hoje, circulam em modelo de composição mista, realizando conexões em pátios estratégicos de manobra. Para que esse atendimento seja otimizado nos pátios, tais trens seguem uma grade programada de acordo com seu tipo/origem/destino. A grade de cada trem pode sofrer alterações mensais. O OptMove é capaz de ler a grade programada e sua possível alteração, plotando previsão de circulação do trem já considerando as manobras previstas em cada pátio. Caso a previsão seja de que o trem chegue adiantado em um pátio específico, o sistema simula o aguardo estratégico do trem em pátios reguladores.

5. REPROCESSAMENTO AUTOMÁTICO

Durante os intervalos entre os ciclos de programação, as informações geradas pelo usuário, chamado de programador de circulação, ficam defasadas e muitas vezes com decisões não aplicáveis mais ao novo cenário apresentado.

Este é um dos maiores desafios e pensando em formas de minimizar este impacto e trazer

mais realidade às informações de projeção, foi desenvolvida uma rotina de atualização periódica, que atualiza os dados reais a cada 15 minutos e gera uma nova solução a partir destes e das interações do usuário na ferramenta.

Este mecanismo combinado com uma rotina que compara os planos gerados a cada intervalo de tempo e mostra os desvios relevantes ao usuário, parametrizados de acordo com a necessidade, trazem maior velocidade de reação às situações atípicas e permite incorporar seus efeitos em toda a malha em questão de minutos.

Vale destacar que estes mecanismos são extremamente sensíveis à qualidade dos dados de entrada, o que gera uma necessidade de conscientização das figuras envolvidas no processo e constante acompanhamento de itens de controle para medir os acordos de nível de serviço.

6. METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

A primeira versão do OptMove saiu após aproximadamente um ano de desenvolvimento. À época, o time se organizava no tradicional modelo cascata, especificando primeiro e desenvolvendo depois, com pouco espaço para adaptações, o que foi bem traumático para os primeiros anos de desenvolvimento de produto.

Os desenvolvedores não tinham boas referências para estimar a duração dos trabalhos e os clientes por sua vez não conheciam toda a sua necessidade.

Após algumas frustrações, o time encontrou o caminho da agilidade como resposta. Foi uma transição bem difícil, porém, os benefícios ajudaram e vem auxiliando nesta transição.

A orientação ao valor gerado é de extrema importância no contexto do OptMove. O dinamismo da operação consegue ser refletido na medida em que não se tem apego pelo plano e mudanças de escopo são bem vindas, características que o modelo ágil permite absorver e o tradicional cascata, não. A Figura 4 compara estes modelos.

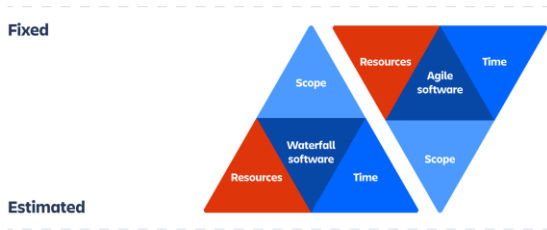


Figura 4 - Comparação modelos [1].

Nos primeiros anos da trilha da agilidade, alguns conceitos foram empregados, porém o time ainda não se organizava de acordo com algum *framework*. Foi no final de 2020 que o desenvolvimento do produto passou a ser realizado por um time *Scrum*.

Os ganhos com a nova forma de trabalho são extremamente relevantes e todos os membros do time compartilham desta visão. As cerimônias, os artefatos e os papéis fazem parte do dia a dia.

Ainda há muito a ser feito, como aplicações de métricas, aprimoramento das definições de preparado e pronto entre outros aspectos. Tudo isso faz parte do processo de desenvolvimento e a cada *sprint* o time evolui mais e mais.

7. GANHOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS

São inúmeros os ganhos que uma boa previsibilidade traz e com o OptMove não poderia ser diferente. Apesar de ainda existir um longo caminho a ser percorrido, tanto no que diz respeito ao desenvolvimento do produto quanto a melhoria dos processos internos, os benefícios adquiridos até então são notáveis.

O produto da previsão de circulação, que já foi considerado como útil apenas para os controladores de tráfego executarem suas funções, agora tem vasta aplicação e cada vez mais as possibilidades são ampliadas. Fala-se desde o suporte às decisões de alocação de maquinistas, visando cumprimento da jornada e redução de horas extras até a projeção de atendimento aos clientes do setor de Carga Geral.

Olhando para o contexto do transporte de Heavy Haul da companhia, a ferramenta tem grande contribuição em avanços como redução das paradas de trens carregados, item ligado diretamente à eficiência energética. Também tem participação na melhor gestão de

fila, seja reduzindo a ocorrência desta, a medida em que se faz uma melhor gestão da circulação e/ou levando-a para os locais dimensionados via modelo, contribuindo para redução de consumo de diesel e dos custos relativos aos maquinistas.

É sabido que a ferramenta não leva todo o crédito pelos avanços alcançados ao longo dos últimos anos, porém pode-se afirmar que esta foi um dos fatores que contribuíram para o atingimento destas marcas mostradas nas figuras 5 e 6.

Nos últimos cinco anos, as paradas de trens de minério carregado causa decisão de circulação, como cruzamento, ultrapassagem e prioridade passaram de uma a cada dois trens para uma a cada seis, representando 65% de redução, o que pode ser observado na Figura 5.

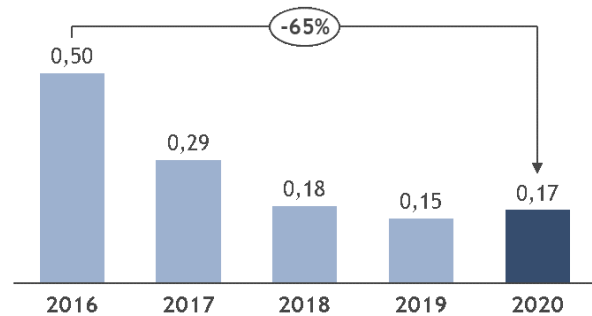


Figura 5 - Parada trem carregado.

Na figura 6 pode ser observada a redução significativa do tempo dos trens de minério em fila, o que implica em redução do ciclo dos ativos envolvidos no transporte, trazendo maior eficiência à operação. O total de horas praticamente reduziu pela metade desde 2016. Além disso, também houve melhora na escolha do local para realizar tal parada, que, como mencionado anteriormente, traz redução de recursos alocados. Este avanço é representado por uma melhor gestão de fila, sinalizada como OK na figura abaixo. O total de fila NOK também caiu pela metade, proporcionalmente falando.

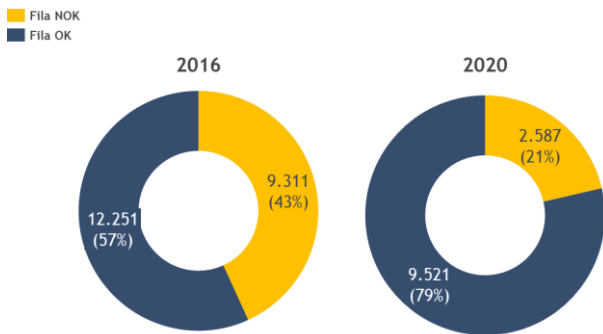


Figura 6 – Trens ligados em fila no trecho.

8. CONCLUSÃO

Os ganhos diretos quantitativos e qualitativos resultantes da implantação e aperfeiçoamento da ferramenta são incontestáveis. No entanto, pode-se dizer que seu peso no processo de decisão e na rotina das áreas de programação da operação é ainda maior.

O OptMove, além de tudo, é uma ferramenta muito importante de comunicação entre as áreas de interface, à medida que permite, através da integração com outros sistemas da MRS, a oficialização das previsões de circulação de todos os trens, possibilitando a consulta para todos os clientes internos e externos.

O viés de transformação digital que o uso da ferramenta traz para a área de programação também é um aspecto muito interessante. Além dos ganhos ligados à estratégia, redução de custos e modelo de trabalho, o *mindset* ágil traz benefícios que podem ser aproveitados para diversas outras frentes de trabalho.

A realidade da operação ferroviária é muito dinâmica e exige mudanças significativas constantemente, seja por aperfeiçoamento dos ativos seja pelo cenário econômico vivido. Ter a capacidade de reagir e adequar-se a tais mudanças é imprescindível para a sustentabilidade da companhia. E é exatamente este o objetivo do desenvolvimento contínuo da ferramenta que visa otimizar a operação na medida em que melhor projeta e utiliza a ocupação da malha.

9. REFERÊNCIAS

- [1] ATLISSIAN. *The iron triangle of planning*. 1. 2016. Disponível em: <<https://www.atlassian.com/agile/agile-at-scale/agile-iron-triangle/>>. Acesso em 01 Jul. 2021