

ARTIGO ORIGINAL

Planejamento prévio de movimentação de insumos através da Simulação
Prior planning of the movement of inputs through Simulation

Ruthnéia Vieira Rodrigues^{1*}, Graziely Couto da Silva², Isaque Moura de Holanda³,
Roberto Ramos de Morais⁴ & Dirceu Eduardo Galvão⁵

Avaliação: *Double Blind Review* (020/OJS)
Recebido: 23/12/2024 Aceito: 30/12/2024

Palavras-chave:

Arena;
Movimentação de
Carga;
Gargalo.

Resumo: Movimentação e armazenagem de carga, juntamente com sua gestão, são atividades primordiais na logística das empresas e essas ações devem ocorrer de forma planejada e segura, respeitando os limites dos equipamentos, os locais adequados para armazenagem e o tempo de processamento para que não ocorra gargalos no processo. O presente trabalho tratará da operação de uma empresa voltada ao setor de transporte ferroviário que precisará movimentar parte do estoque de seu almoxarifado para uma outra unidade. Utilizando a técnica de simulação, através da ferramenta Arena, será analisada a melhor forma de executar essa operação sem que ocorra gargalos e no melhor tempo possível. A pesquisa utilizará o método exploratório e quantitativo, onde será necessário fazer o levantamento dos dados como o tempo de carga e descarga, a capacidade de transporte dos veículos e equipamentos utilizados na operação, o número de funcionários e o volume quantitativo de carga movimentada, todos esses dados serão organizados em tabela para que sejam possíveis analisar de forma conclusiva. A partir deste método foi possível chegar a um resultado satisfatório com a ajuda do software Arena.

Keywords:

Arena;
Cargo Movement;
Bottleneck.

Abstract: Cargo handling and storage, along with its management, are fundamental activities in company logistics. These actions must be carried out in a planned and safe manner, respecting the limits of the equipment, the appropriate storage locations, and the processing time to avoid bottlenecks in the process. This work will address the operation of a company focused on the rail transport sector that will need to move all the inventory from its warehouse to another unit. Using simulation techniques through the Arena tool, the best way to execute this operation without encountering bottlenecks and in the shortest time possible will be analyzed. The research will employ exploratory and quantitative methods, requiring the collection of data such as loading and unloading times, transportation capacity of vehicles and equipment used in the operation, and the quantitative volume of cargo moved. All this data will be organized in tables to allow for conclusive analysis. This method led to a satisfactory result with the help of the Arena software.

URL: https://mobicities.com/index.php/path/article/view/20/Artigo_6

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14579597>

^{1*} Autor correspondente: Fatec Zona Leste, e-mail: ruthneia.rodrigues@fatec.sp.gov.br

² Fatec Zona Leste, e-mail: graziely.silva@fatec.sp.gov.br

³ Fatec Zona Leste, e-mail: isaque.holanda@fatec.sp.gov.br

⁴ Fatec Zona Leste, e-mail: roberto.morais@fatec.sp.gov.br, Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6467-5320>

⁵ Fatec Zona Leste, e-mail: dirceu.galvao@fatec.sp.gov.br

1. Introdução

O transporte ferroviário urbano em São Paulo teve início oficial em 1867 com a inauguração da São Paulo Railway (SPR), a primeira ferrovia da região. Essa linha conectava a cidade de São Paulo ao porto de Santos, desempenhando um papel crucial no transporte do café produzido no interior do estado para exportação. Contudo, a estruturação de um sistema ferroviário destinado especificamente ao transporte de passageiros na cidade começou a se intensificar apenas no século XX. (PORTAL DO GOVERNO, 2019).

Na década de 1950, começaram as primeiras iniciativas para organizar o transporte de passageiros por meio de trens suburbanos. Em 1992, foi criada a Companhia Paulista de Trens Metropolitanos (CPTM), que atualmente é responsável por uma parcela significativa do transporte ferroviário urbano na Grande São Paulo, operando linhas que atendem diariamente milhões de passageiros.

A CPTM desempenha uma função essencial no transporte de passageiros na área metropolitana de São Paulo, movimentando a impressionante quantidade de 1,6 milhão de passageiros em dias úteis.

Diariamente, os trens percorrem aproximadamente 65 mil km, uma distância que equivale a uma volta e meia ao redor do planeta, evidenciando a grandiosidade da operação. A empresa realiza quase 1.800 viagens programadas ao longo de suas cinco linhas, que juntas totalizam 196 km de extensão. Desses, 95 km estão situados dentro da cidade de São Paulo, que abriga 26 das 57 estações disponíveis.

Além de atender a capital, a CPTM também beneficia os habitantes de 18 municípios, promovendo a integração entre diversas áreas da região metropolitana. Essa vasta rede ferroviária desempenha um papel crucial na diminuição do tráfego intenso e na melhoria da mobilidade urbana, oferecendo uma alternativa rápida.

Esse panorama de expansão gerou a necessidade de aumentar a capacidade de almoxarifados, que estão situados em pátios adequados para armazenar todo o material necessário à manutenção da malha ferroviária, das estações e da área administrativa.

O objetivo deste trabalho é monitorar esse crescimento na aquisição de materiais, garantindo que o transporte interno seja o mais eficiente possível, para que os itens sejam adequadamente organizados em seus respectivos almoxarifados e possam ser solicitados rapidamente por todos os setores da empresa. Será avaliado todo o processo temporal necessário para executar essa mudança de localização.

2. Fundamentação Teórica

Os conceitos que serão discutidos a seguir dizem respeito às principais atividades envolvidas no processo de transporte de insumos para consumo interno em uma empresa de transporte ferroviário de passageiros. Essa explicação é crucial para a compreensão do desenvolvimento do artigo.

2.1. Logística Interna

Trata-se da administração do movimento de materiais e produtos dentro de uma organização, incluindo ações como recebimento, armazenamento e distribuição. A finalidade é otimizar esses processos com o intuito de aumentar a eficiência e minimizar despesas. (PORTER, 1989)

2.2. Insumos

Os insumos referem-se a todos os componentes essenciais em um processo produtivo. Esses componentes abrangem produtos utilizados na fabricação, equipamentos, energia e mão de obra, entre outros. Em inglês, insumos são conhecidos como "inputs", enquanto o resultado final é denominado "output". Em síntese, um insumo abrange tudo o que é incorporado em um processo produtivo com o objetivo de gerar um produto final. Pode-se entender que insumos consistem na combinação de fatores de produção que interagem diretamente para criar um bem ou serviço; para que um fator de produção seja classificado como insumo, é necessário que ele participe diretamente da produção (Dicionário Financeiro, 2024)

2.3. Realocação

A realocação interna refere-se à reorganização estratégica dos recursos dentro de uma empresa, funcionando como uma maneira de reaproveitar e redistribuir melhor esses recursos. Esse procedimento tem como objetivo equilibrar o uso dos recursos e maximizar o aproveitamento do espaço disponível (FindUp, 2024).

2.4. Armazenagem

A armazenagem, conforme destacado por Pozo (2002), é um componente essencial que sustenta o processo logístico. Ela contribui para o desempenho das atividades fundamentais, auxiliando as empresas a alcançarem o sucesso, a fidelizarem e conquistarem clientes através de um atendimento robusto ao mercado, além de assegurar um retorno financeiro satisfatório para os acionistas. Esse processo abrange a administração dos espaços necessários para o

armazenamento de materiais, tanto nas próprias instalações da empresa quanto em locais externos, como centros de distribuição.

De acordo com Dias (2012), adotar um método de armazenagem apropriado pode levar à diminuição dos custos operacionais, ao aprimoramento da qualidade dos produtos e à aceleração das atividades. Isso resulta em operações mais eficientes nos almoxarifados, facilitando todo o fluxo, desde o recebimento até a saída dos produtos.

Viana (2002) ressalta que o principal propósito do armazenamento é maximizar a eficiência do uso do espaço. As instalações do armazém devem ser projetadas para facilitar a circulação e agilizar as operações, abrangendo desde o recebimento até a expedição dos itens.

2.5. Simulação

Com os progressos tecnológicos que presenciamos atualmente, o emprego de métodos como a simulação tornou-se algo comum, contribuindo para a tomada de decisões complexas e arriscadas ao proporcionar maior segurança e certeza.

Conforme Michaelis (2016), efetuar uma simulação é replicar procedimentos ou situações de maneira extremamente precisa.

Paragon (2005) destaca que, diante do aumento da competitividade no mercado, a simulação se transformou em uma ferramenta poderosa e indispensável, auxiliando o planejamento, o desenvolvimento de projetos e o controle de sistemas. É amplamente considerada uma das técnicas mais utilizadas para a análise de projetos, operações e processos, sendo uma abordagem quantitativa de alta confiabilidade em relação aos sistemas analisados.

2.6. Arena

Atualmente, devido à alta demanda, há uma variedade de programas disponíveis para simulações, com as empresas cada vez mais interessadas nessas ferramentas. Entre esses programas, destaca-se o Arena, desenvolvido pela Rockwell Software, que permite realizar simulações de forma lógica e dinâmica, ajudando a identificar oportunidades de melhoria nas condições operacionais, como gargalos, visualização de filas, tempos de espera, utilização de recursos e comportamento do sistema.

O Arena é um dos programas mais utilizados para a criação de simuladores computacionais com uma interface gráfica integrada, oferecendo funcionalidades para análise estatística, modelagem de processos, animação e interpretação de resultados (PARAGON, 2019).

Conforme apontado por Silva (2017), o Arena serve como uma ferramenta para a modelagem de diversos cenários, permitindo a simulação de uma variedade de processos nas áreas de manufatura e serviços, entre outros. Semelhante a outros programas de simulação computacional, o Arena facilita a visualização do sistema em questão, que é composto por estações de trabalho dedicadas ao atendimento dos clientes. Este programa é aplicado na simulação de diferentes ambientes, abrangendo desde linhas de produção até a dinâmica de fluxo de clientes em estabelecimentos comerciais ou instituições financeiras.

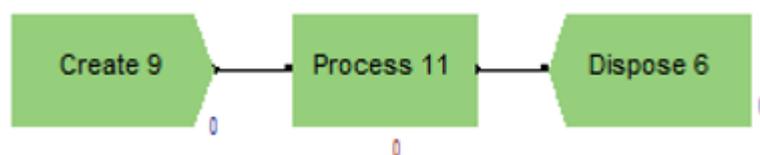
Segundo Paragon (2005), o Arena disponibiliza modelos prontos que auxiliam na representação dos procedimentos por meio de fluxogramas, os quais demonstram as probabilidades envolvidas.

De acordo com Paragon (2005), o Arena possui *templates* que ajudam a ilustrar os procedimentos através de fluxogramas que mostram as probabilidades.

Os *templates* são compostos pelos seguintes módulos:

- Módulo *Create*: Onde são criadas as entidades para simulação;
- Módulo *Process*: As entidades são mantidas durante a execução das atividades;
- Módulo *Dispose*: Onde retira-se as entidades do sistema.

Figura 1: Principais módulos utilizados



Fonte: Autores

2.7. Transporte Ferroviário

O transporte por ferrovia utiliza veículos que se deslocam sobre trilhos, como os trens. Essa modalidade é ideal para o transporte de cargas volumosas (como minérios, produtos agrícolas e materiais siderúrgicos) e para deslocar passageiros em trajetos de médias a longas distâncias (Toda Matéria, 2024).

3. Método

No artigo em questão, foi empregado o método experimental e quantitativo, utilizando a plataforma Arena para gerir dados numéricos, testar hipóteses variáveis e mensurar os efeitos dos resultados.

Para a aplicação da simulação com o Arena, foram utilizados os seguintes materiais e métodos:

Materiais:

- Dados históricos da operação, incluindo informações sobre as características de cada produto transportado.
- Software Arena, uma ferramenta amplamente usada para modelagem e simulação de processos.
- Mapas e informações geográficas da área em que o material será transportado.

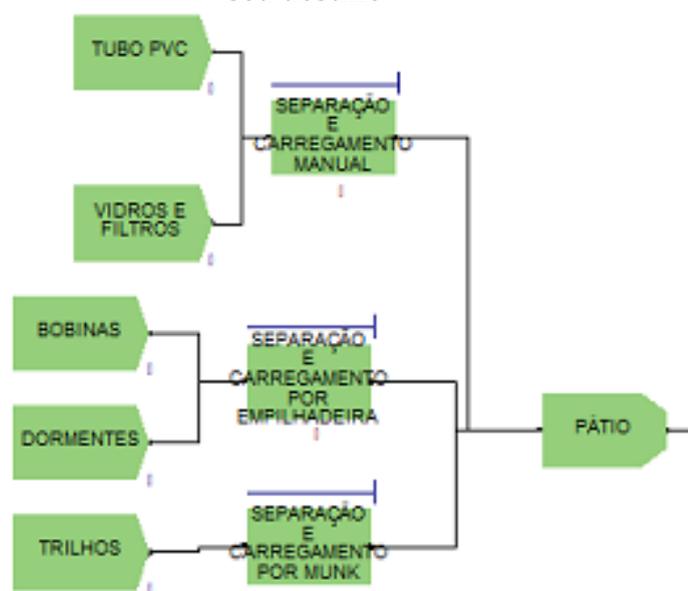
Métodos:

- Coleta e análise dos dados históricos do tempo utilizado para realizar o processo atual e identificação de possíveis gargalos ou áreas de melhoria.
- Definição dos parâmetros da simulação, como tempo de processamento, separação dos produtos, carga e descarga, entre outros.
- Análise dos resultados obtidos em cada cenário para identificar as melhores estratégias de otimização no tempo do processo.
- Elaboração de conclusões e recomendações com base nos resultados da simulação.

3.1 Acompanhamento do fluxograma

Esta é uma parte do processo que mostra a operação de entrada dos insumos da empresa no sistema de movimentação que ocorrerá em 3 etapas, conforme mostrado na Figura 2.

Figura 2: Fluxograma do processo, da entrada da entidade até a chegada ao seu destino



Fonte: Autores

Primeiramente, será apresentado como foram criados os módulos de cada processo, com foco nas considerações feitas para a formulação e análise dos resultados obtidos.

Na imagem acima há 3 tipos de módulos diferentes, começando com “*create*”, que representa a entrada das entidades (neste caso os materiais a serem transportados). As figuras mais ao centro são os módulos de “*process*”, onde é representado um processo, utilizando de um recurso que seria o que faz o processo funcionar, indo de máquinas a pessoas.

Neste caso são, respectivamente de cima para baixo, uma dupla de funcionários, uma empilhadeira e um caminhão *munk*. O último é um modulo de espaço “*station*” representando uma localização no sistema, este representa o pátio inicial e servirá como ponto de partida para os caminhões de envio.

Antes de seguir com a estruturação do processo, é importante ressaltar a descrição dos materiais transportados e veículos utilizados, bem como suas capacidades de transporte, para que seja contextualizada a realidade da operação.

O Transporte dos vidros e filtros serão feitos por Cavalete Industriais que são comuns para transporte de vidro, eles geralmente têm cerca de 2 metros de altura, 1,6 metros de largura, e a base pode ter entre 0,8 a 1,2 metros de profundidade. Normalmente, esses cavaletes comportam o vidro em uma posição inclinada (em torno de 5 a 10 graus) para garantir estabilidade durante o transporte. A capacidade de um cavalete pode variar entre 20 a 40 vidros, dependendo do tipo de vidro e da disposição.

Os Caminhões Toco têm uma carroceria com 6 a 7 metros de comprimento, 2,4 metros de largura e 2,2 a 2,4 metros de altura, sua capacidade de carga varia entre 6.000 kg a 8.000 kg.

Realizando o cálculo de capacidade dos vidros laminados (1600mm x 2020mm x 10mm) verificamos que cada vidro pesa cerca de 50 a 60 kg. Considerando um cavalete que pode comportar cerca de 20 vidros, e que o peso do cavalete e dos vidros juntos (20 vidros de 60 kg = 1.200 kg) não ultrapasse a capacidade do caminhão, seria possível acomodar 2 cavaletes no caminhão, totalizando 40 vidros.

Seria possível adicionar essa embalagem plástica ao caminhão. Com a sobra de espaço em termos de comprimento (aproximadamente 2,8 a 3,8 metros) e uma sobra de 0,8 metros de largura, a embalagem de 1,10m x 0,80m pode ser acomodada no caminhão sem comprometer a carga dos vidros.

Os dormentes têm 2,80 metros de comprimento, cerca de 0,25 metros de largura e 0,15 metros de altura, pesa em média de 80 a 100 kg por unidade. Os feixes contêm 20 dormentes, com dimensões aproximadas de 2,80 m x 1,00 m x 0,75 m e

pesa aproximadamente 1,6 a 2 toneladas. Considerando 80 dormentes o peso total seria entre 6,4 e 8 toneladas.

O espaço necessário para o empilhamento adequado, considerando que cada feixe ocuparia aproximadamente 2,80 m de comprimento, 1,00 m de largura e 0,75 m de altura. Quatro feixes ocupariam uma área de 2,80 m x 4,00 m x 0,75 m (empilhando as camadas uma sobre a outra).

Então, pode-se considerar que o caminhão ideal para o transporte desse material é o *truck* 6x2 com capacidade de carga de 13 toneladas. Esse tipo de caminhão oferece uma área de carga de cerca de 6,5 a 7,0 metros de comprimento, 2,4 metros de largura e 2,4 metros de altura, o que permitiria acomodar todos os feixes (4 feixes) em uma única viagem, com margem de segurança tanto em peso quanto em espaço.

Para o transporte de duas bobinas de cobre com peso médio de 4000 kg cada, o peso total das bobinas ficaria por volta de 8000 kg. Considerando que o material é extremamente pesado, o caminhão ideal para esse tipo de carga seria um caminhão toco ou *truck*, que tem capacidade de carga de até 14 toneladas, permitindo que ambas as bobinas sejam transportadas em uma única viagem. Considere que as bobinas estejam paletizadas e já fixadas e acondicionadas para o armazenamento e movimentação adequadas.

Os trilhos são extremamente pesados também e longos, variando de acordo com o material. Trilhos ferroviários, por exemplo, pesam em torno de 50 a 60 kg por metro linear. Assim, cada trilho de 25 metros pesaria aproximadamente 1.250 kg a 1.500 kg. O peso total estimado fica entre 60.000 kg e 72.000 kg (60 a 72 toneladas). O caminhão ideal para transportar trilhos dessa dimensão e peso seria uma carroceria basculante extensível, com mais de 30 metros de comprimento. Esses veículos são projetados para transportar cargas longas e pesadas, como trilhos de trem ou vigas e podem carregar entre 30 a 50 toneladas. Neste caso, uma composição do tipo *rodotrem* extensível ou um caminhão tipo prancha extensível seriam necessários, pois conseguem transportar essas cargas pesadas e compridas de maneira segura e eficiente.

O número de viagens para transportar as 48 unidades, considerando o peso total, seria necessário distribuir em duas viagens, com cerca de 24 trilhos por viagem, devido à restrição de peso. Mesmo que a carroceria possa acomodar os trilhos em comprimento, o peso máximo do caminhão limita a capacidade a cerca de 30 a 36 toneladas por viagem.

O transporte dos Tubos deverá ser feito por caminhão do tipo toco ou caminhão baú com carroceria superior a 6 metros. Esses caminhões possuem uma carroceria de comprimento entre 6 e 8 metros, o que seria adequado para o

transporte de tubos de 6 metros. Calculando a capacidade, foi verificado que para acomodar os 300 tubos, considerando que a carroceria tem uma capacidade de cerca de 2 a 4 toneladas e pode transportar uma quantidade considerável de tubos empilhados, isso depende do diâmetro médio dos tubos. Considerando tubos menores (25mm), mais tubos poderão ser empilhados, e maiores (150mm), menos tubos poderão ser empilhados, pode-se considerar uma média de 100 a 120 tubos por viagem, então seriam necessárias 2 a 3 viagens para transportar todos os 300 tubos.

Considerando os dados acima e consolidando com os informados pelo representante da empresa, foi possível realizar a simulação a seguir.

As separações manuais (vidros, filtros e tubos) levam de 2 a 4 minutos para serem concluídos, assim foi utilizado uma fórmula "NORM(3;1)" que seria o equivalente a dizer que tal processo leva 3 minutos, tendo desvio padrão de 1 (3 minutos \pm 1 minuto). Entretanto, foi necessário aumentar o tempo do pvc por ter maior quantidade e interferir no funcionamento do modelo. O aumento foi para 4;1 (ou 4 mais ou menos 1 minutos), e isso pode ser interpretado como uma diferença no acesso dentro do estoque.

A separação por empilhadeira e *munk* não teve alteração e seguiu igual ao indicado pela empresa, sendo de 5 a 8 minutos, neste caso "NORM(6,5;1,5)" ou 6,5 minutos mais ou menos 1,5 minutos.

Os processos têm a mesma fórmula, o manual sendo de "NORM(3;1)" e os maquinados de "NORM(6,5;1,5)".

Nos pátios o registro é de apenas localização e não há fórmula.

Considerações tomadas: filtros só há 1 pacote com 100 unidades, tendo pouco espaço e sendo enviado junto dos vidros no mesmo caminhão. Dormentes estão em grupos de 20, por isso entram apenas 4 no sistema (4 grupos de 20 = 80 unidades), mas todas as considerações de funcionamento são feitas baseadas nos pesos e dimensões dos 80.

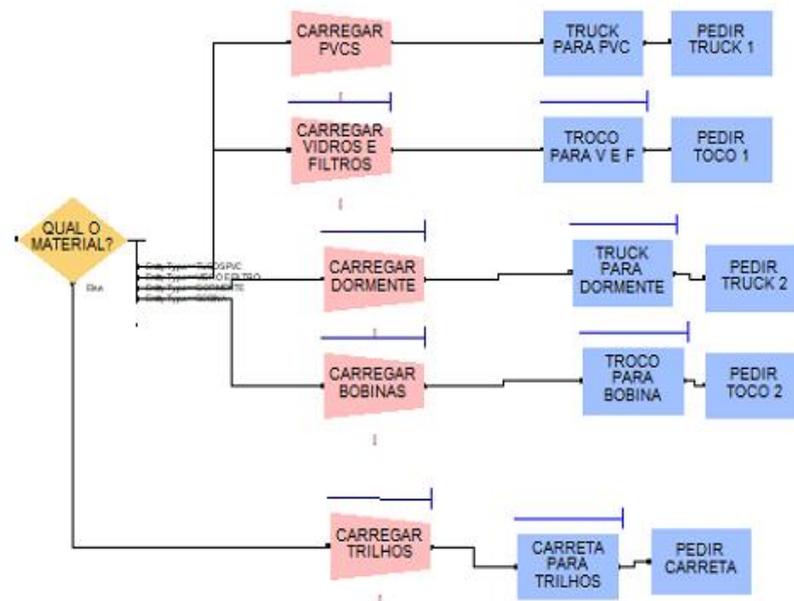
A entrada de entidades no sistema não é possível ser feita com um processo, por isso foi colocada uma fórmula que possua o mesmo tempo do processo de manuseio, assim o período entre um e outro se considera o todo incluso, o que não é um problema já que visamos analisar o tempo de transportar como um todo, e agrupar faz com que só seja transportada a quantidade total.

Na figura 3 abaixo, observa-se que a primeira etapa é um módulo de decisão "decide", neste caso sendo usado como ferramenta de separação no sistema, mas é comumente usada como divisor de caminhos que simula uma ocasião real. Os módulos rosas são de agrupamento "batch", aqui eles representam o agrupamento dos itens no caminhão. Os azuis são módulos de transporte, sendo, respectivamente,

“request” e “transport”, solicitando e enviando o transporte do item de um módulo “station” para outro.

O decide está separando as entidades baseado no que são, usando seu nome para definir qual caminho seguirá, ele está limitado à quantidade máxima baseada na capacidade do caminhão apresentada anteriormente, sendo, respectivamente de cima para baixo: 100, 41, 4, 2, 24. O “transport” registra o nome (tipo de caminhão), sendo truck, toco e carreta e a velocidade.

Figura 3: Ampliação do processo de carregamento



Fonte: Autores

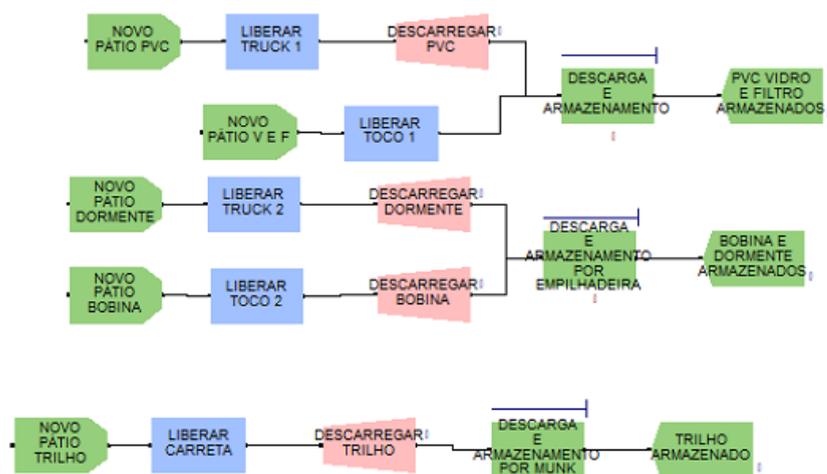
Confirme visto nas configurações dos veículos para transporte, foi estabelecido que alguns iriam pelo mesmo caminhão, sendo dormentes e *pvc's* no *truck*, vidro, filme e bobina no toco e trilho sozinho na carreta. Eles não serão carregados juntos, mas precisam utilizar o mesmo, gerando uma demanda concorrente para ter uma análise diversificada com os resultados do modelo.

Foi considerado que a distância seria de 20km e que a velocidade máxima seria de 40, totalizando 30 minutos de viagem.

Este cenário mostra que já há repetição, começa com um “station”, o azul em sequência é um “free”, que libera a entidade de transporte para que retorne e seja usado novamente, o rosa é “separate”, para desagrupar as entidades, ou descarregar, seguindo para outro “process” e finalizando com um “dispose”, que seria o módulo que libera as entidades do sistema.

A separação foi feita para considerar que foi descarregado e colocado individualmente. Os processos são basicamente os mesmos, então têm a mesma fórmula de tempo. Conforme apresentado na figura 4:

Figura 4: Processo de separação

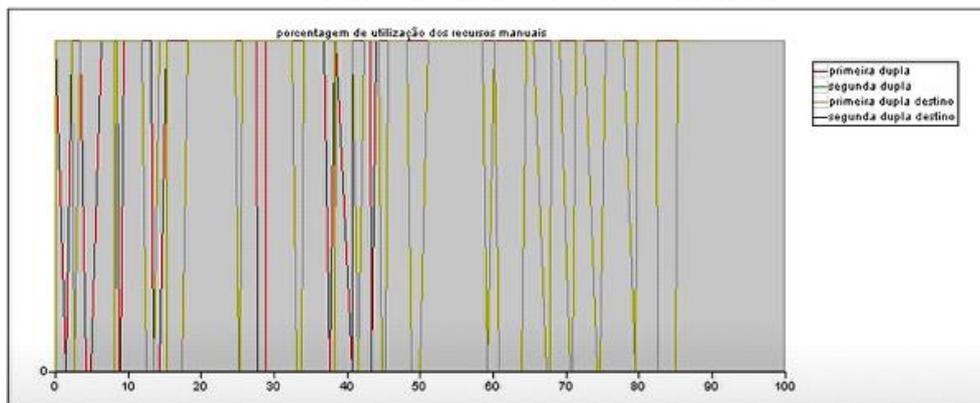


Fonte: Autores

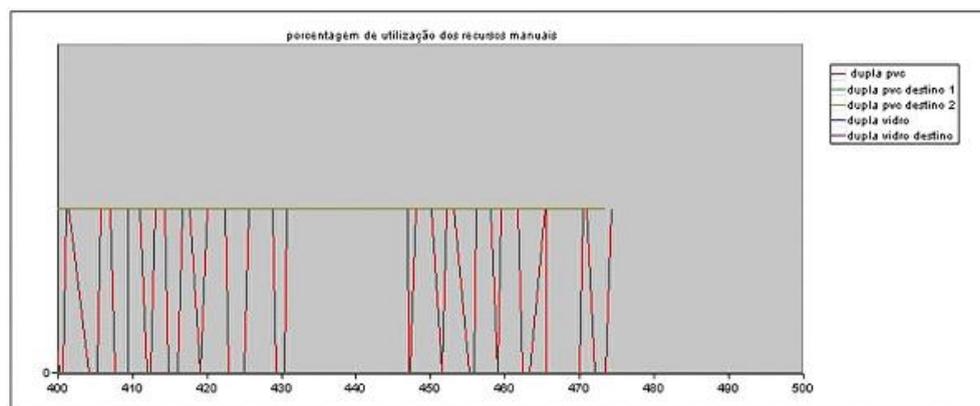
3.2 Percentual de utilização

A seguir será posto os gráficos do nível de utilização de cada etapa do processo:

Gráfico 1 e 2: Dos recursos manuais

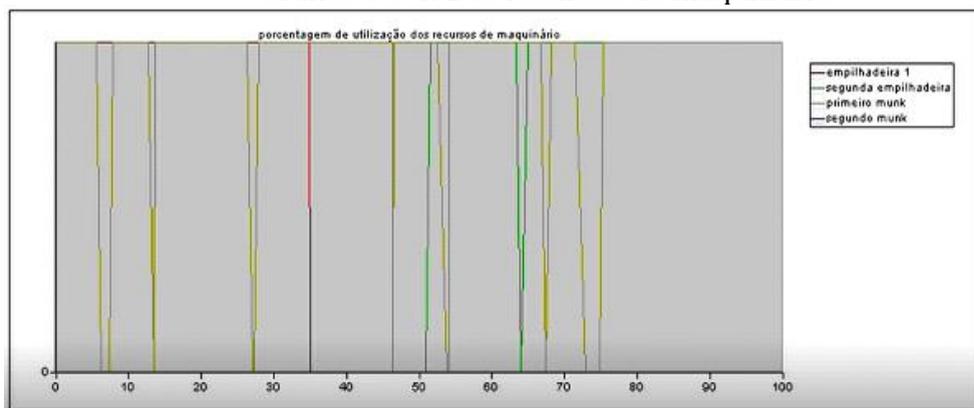


Fonte: autores

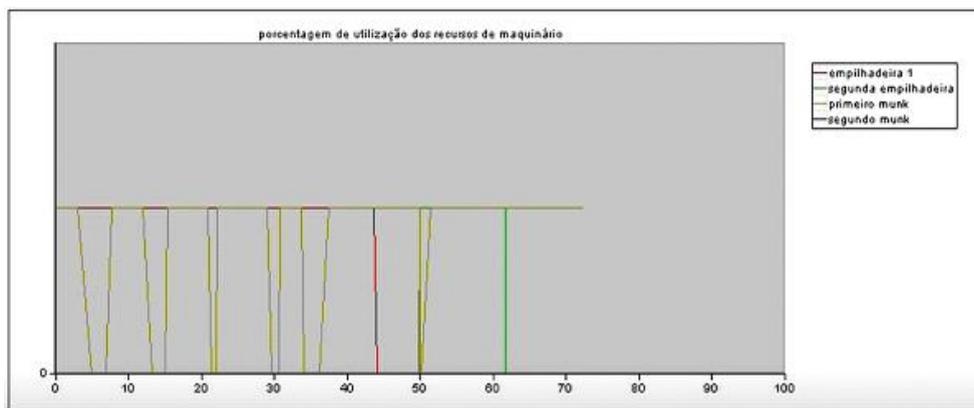


Fonte: Autores

Gráfico 3 e 4: Dos recursos de maquinário



Fonte: Autores



Fonte: Autores

4. Resultados e Discussões

Ao processarmos os dados da operação, foi possível chegar aos seguintes resultados:

- WIP (média de entidades no sistema): possui valores muito baixos, além de que o agrupamento e o desagrupamento afeta a quantidade a se referenciar. O maior valor neste foi de 80 entidades, na fila de Tubos PVC;
- *Number Waiting* (tamanho médio da fila): é um ótimo referencial para se abordar nas propostas de melhoria. Visualizando uma alta quantidade, considera-se que há uma oportunidade de quebrar um gargalo. Neste caso, todos os valores estão muito baixos, exceto a descarga e armazenamento da parte manual, que há quase 20 entidades em espera por vez, se tornando passível de melhoria;
- *Instantaneous Utilization* (fator de utilização do recurso): refere-se à % de uso constante do recurso, que quanto mais próximo de 1, pior. Neste caso, em concordância com o anterior, se vê que os funcionários na parte manual têm uma alta utilização, sendo possível adicionar uma outra dupla em cada ponto para melhorar o tempo e diminuir a sobrecarga de trabalho. A utilização desta dupla foi de 70%;

- *Waiting time* (tempo médio de espera na fila): outro ótimo referencial. Indica o tempo de espera que cada unidade de entidade espera no determinado processo. Neste caso, o destaque vai para carregar pvc's (186 minutos) e descarga e armazenamento (135 minutos), ambos relacionados à parte manual. Isto deixa mais evidente que é necessário duplicar a equipe na parte de carga e descarga dos itens que usam trabalho manual. Em contraparte, fica evidente que a parte de transporte está sem problemas, o que mostra que não será necessário adicionar frota pois as filas para transporte estão zeradas;
- *Number in/out* (entrada e saída de entidades): Como está estabelecido um valor máximo, que no caso seria o estoque presente na empresa conforme apresentado, há um teto de entidades que deve ser batido, caso não seja, há uma visível diferença a ser corrigida, que é o caso dos tubos PVC. A simulação é rodada por 24 horas, sendo replicada 5 vezes, porém nenhuma concluiu e teve 300 saídas, isso implica em várias questões. Pode indicar que há problema nos processos, que é um fato, mas também que o transporte não está efetivo. Ademais, está indicado 1 unidade a mais nos processos completos, o que pode ser um erro do programa de simulação, pois foi configurado o agrupamento para um valor exato, e se tiver 1 unidade a menos, esta já ficaria parada no agrupamento e não teria saída, dando diferença entre o *number in e out*, que não é o caso.

Assim, as configurações de melhoria serão voltadas para os itens que são movimentados manualmente, adicionando mais uma dupla no primeiro e no segundo pátio, sendo uma para cada entidade (material). Serão feitas duas tentativas, uma somente com esta citada e outra com o adicional do *truck* único para o pvc.

4.1 Melhorias

No *Waiting Time* já fica visível que na descarga, a dupla do *pvc* recebeu toda a carga de trabalho, tendo 137 minutos de tempo de espera, diferente da dupla do vidro, que ficou zerada.

No *Instantaneous utilization* a utilização também mostra que a carga de trabalho ficou muito alta para a equipe de *pvc*, pois na carga e na descarga teve utilização acima de 0,5. Isso já demonstra ineficiência sendo possível passar por uma reformulação.

Foi colocado então duplas adicionais, Neste caso, a separação e carregamento dos vidros é trabalho de uma única dupla, mas esta também ajuda a dupla do *pvc* a separar e carregar os materiais deles.

Apesar de ter uma equipe dedicada e uma equipe auxiliar, os valores de tempo de espera e utilização não tiveram alteração considerável e a quantidade de saídas permanece incompleta, deixando em aberto para outras possibilidades de melhoria

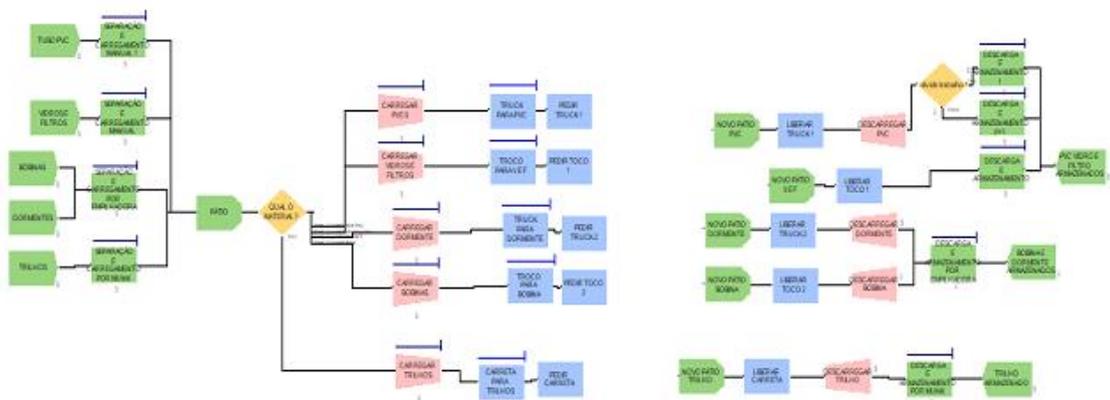
Usando a seguinte configuração, os *pvc*s são divididos entre dois processos, ou duas equipes diretamente para que o trabalho esteja isolado nestas e haja atenção completa para este serviço. Neste ainda consta a configuração do carro dedicado, já que houve melhoria na quantidade de saídas, porém foi descontinuada a configuração de duplas partilhadas.

Com esta configuração, o problema principal foi resolvido, finalizando a quantidade total dentro do prazo de trabalho da simulação (24 horas). O tempo de espera também teve queda, PVC passou a ter duas equipes dedicadas à descarga e armazenamento, tornando possível cortar pela metade o tempo de espera geral. Efeito similar foi visto no tamanho médio da fila, onde, além de ser dividido, ainda teve uma queda no valor geral, indo de 20 para 14.

A utilização teve efeito variação positiva, caindo para menos de 0,3 nas que estavam acima de 0,5 e mantendo-se inalterada nas que já eram agradáveis.

Assim, o layout final do modelo ficou o seguinte:

Figura 5: Layout final



5. Considerações Finais

Com as tentativas de melhoria, fica visível que, se a movimentação do *pvc* for unidade a unidade como considerado para a simulação, levará muito tempo mesmo com duas equipes ajudando, porém esta simulação foi feita com “economia de pessoal”, assim então é possível que haja uma maior disponibilidade de funcionários para ajudar com esta função e tornar a atividade mais rápida e produtiva. Além disso, caso a operação seja feita simultaneamente e não a

movimentação do material uma por vez, esta movimentação precisará de caminhões dedicados para cada um deles. O *pvc*, por exemplo, teve melhora na saída total quando recebeu um *truck* dedicado, e isto na prática pode influenciar mais ainda no transporte, permitindo que, quando finalizada a utilização dedicada, o carro livre seja alocado para auxiliar no envio dos materiais ainda pendentes.

Referências

- CPTM. (2024). *CPTM tem mudança de plataformas nas Linhas*. <https://www.cptm.sp.gov.br/noticias/Pages/CPTM-tem-mudanca-de-plataformas-nas-Linhas.aspx>
- CPTM. (2024). *No Dia do Ferroviário, conheça a história da CPTM e de suas linhas*. <https://www.cptm.sp.gov.br/noticias/Pages/No-Dia-do-Ferroviano,-conheca-a-historia-da-CPTM-e-de-suas-linhas.aspx>
- Dias, Marco Aurélio P. (2012). *Administração de materiais: uma abordagem logística*. 6ª ed., São Paulo: Atlas.
- Dicionário Financeiro (2024). *Insumos*. <https://www.dicionariofinanceiro.com/insumos/>.
- Findup. (2024). *Realocação interna: o que é e quais são as suas vantagens*. <https://www.findup.com.br/2022/10/20/realocacao-interna-o-que-e-e-quais-sao-as-suas-vantagens/>.
- Michaelis. (2016). *Dicionário Brasileira da Língua Portuguesa*. <http://michaelis.uol.com.br?r.0&f=0&t=0&,palavra=similar>
- Paragon (2005). *Introdução à Simulação com o Arena*. São Paulo, SP: ENEGEP.
- Porter, Michael (1989). *Vantagem competitiva: Criando e sustentando um desempenho superior*. 16ª Edição. Rio de Janeiro: Campus.
- Pozo, Hamilton. (2002). *Administração de recursos Materiais e Patrimoniais*. São Paulo, Atlas.
- Semil (2024). *Ampliação da malha ferroviária paulista ganha destaque em congresso mundial*. <https://semil.sp.gov.br/2024/06/ampliacao-da-malha-ferroviaria-paulista-ganha-destaque-em-congresso-mundial/>
- São Paulo. (2024). *Resgatando a história da ferrovia*. <https://www.saopaulo.sp.gov.br/spnoticias/na-imprensa/resgatando-a-historia-da-ferrovia/>.
- Silva, L. M. F. (2017). *Utilizando o software Arena como ferramenta de apoio ao ensino em engenharia de produção*. XXVII ENEGEP – A energia que move a produção: um diálogo sobre integração, projeto e sustentabilidade, Foz do Iguaçu.
- Toda Matéria (2024). *Transporte ferroviário*. <https://www.todamateria.com.br/transporte-ferroviario/>.
- Viana, João José. (2002). *Administração de materiais: um enfoque prático*. São Paulo: Atlas.

Contribuição dos Autores:

Ruthnéia Vieira Rodrigues: 1. Planejamento e delineamento do estudo; 4. análise de dados; 6. revisão das normas; Graziely Couto da Silva: Planejamento e delineamento do estudo; 4. análise de dados; 6. revisão das normas; Isaque Moura de Holanda: Planejamento e delineamento do estudo; 4. análise de dados; 6. revisão das normas; Roberto Ramos de Moraes: 7. supervisão do trabalho. Dirceu Eduardo Galvão: 7. supervisão do trabalho.