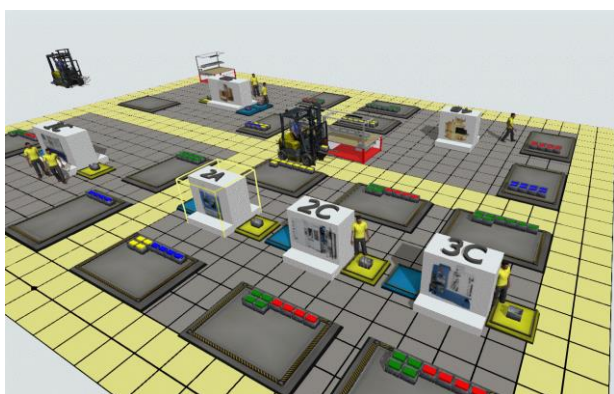




PROJETO LEAN BOARD GAME: MODELO TREINAMENTO DE 1 DIA



DESCRITIVO DO MODELO

O modelo é composto por três máquinas: 1C, 2C e 5C. Os tempos de processamento foram fornecidos pelo material do *Lean Board Game* como sendo: 49s, 56s e 80s, respectivamente. Entre cada máquina, há estoques intermediários com capacidade de 8 caixas cada.

As máquinas seguem um *scheduling* de produção e há dois tipos de entidades que devem ser processadas: engrenagem A e engrenagem B. A movimentação das entidades no sistema se dá através de operadores/empilhadeiras que carregam caixas, contendo 40 peças, de algum dos dois itens.

SUMÁRIO

Descritivo do modelo	2
Layout	4
Criação das caixas e peças	8
Processamento das Máquinas.....	8
Inspeção na bancada	10
Scheduling de processamento.....	12
Adição de Operadores	14
Adição de Empilhadeiras.....	15
Operador da máquina 5C.....	17
transporte entre filas intermediárias.....	18
Empilhadeira dentro do chão de fábrica	19
Criando os estoques iniciais	20
Rodada para melhoria do layout.....	23
Dados e análises	30
Finalizado.....	34

LAYOUT

Para começar, movimentaremos para o modelo todos os objetos básicos que compõem a estrutura fabril descrita no jogo. Para isto, será utilizado o módulo do FlexSim desenvolvido para o jogo, ou seja, a biblioteca Lean Board Game disponível, na qual já se encontram as máquinas, bancadas e a grande maioria dos objetos necessários para a construção do modelo, salvo alguns pertencentes ao FlexSim Base.

Abra a visualização 3D, e arraste o objeto “*Floor*” da biblioteca Lean Board Game localizada no menu lateral esquerdo para dentro do modelo conforme a Figura 1.

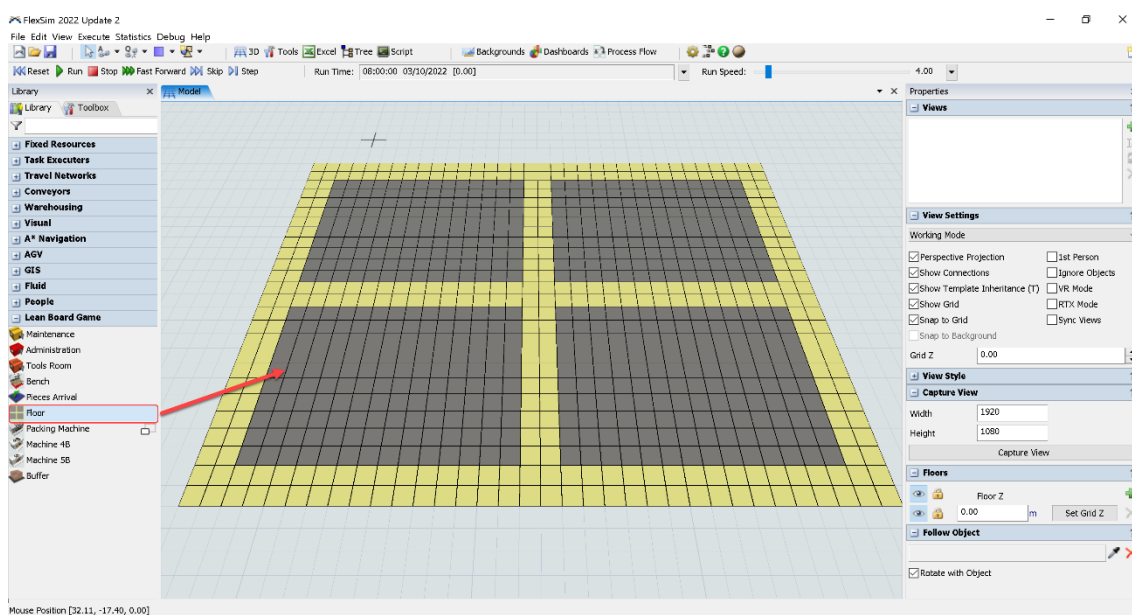


Figura 1 - Floor

Para que o chão não seja selecionado e atrapalhe a construção do modelo, clique sobre ele e vá a janela de propriedades. Em “Visuals” coloque primeiro Z em -0.02 para que seja possível enxergar as conexões. Após isso, em “Floor”, decida mostrar ou não o grid clicando em Show Grid, e por fim, marque a opção “No Select”:

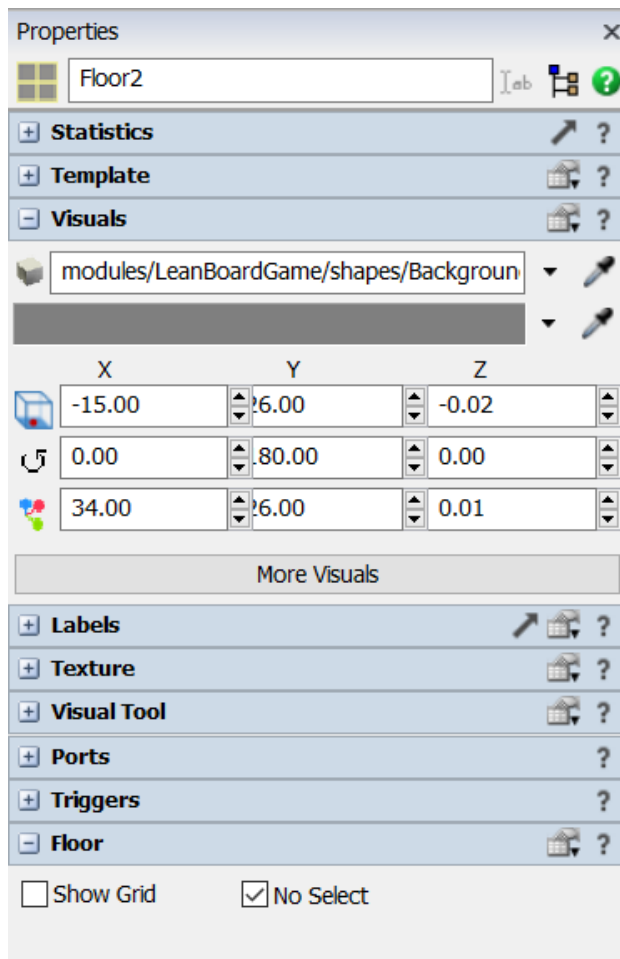


Figura 2 - Propriedades NoSelect

Agora, arraste os *buffers* intermediários, as máquinas, a bancada de inspeção, e as construções complementares para o modelo seguindo o exemplo da Figura 3. As máquinas, quando o modelo começar, virão com duas caixas, uma faz o papel de buffer de entrada, onde o operador colocará a caixa com as peças a serem processadas, e de buffer de saída onde são colocadas as peças já processadas pelas máquinas, dentro de uma outra caixa.

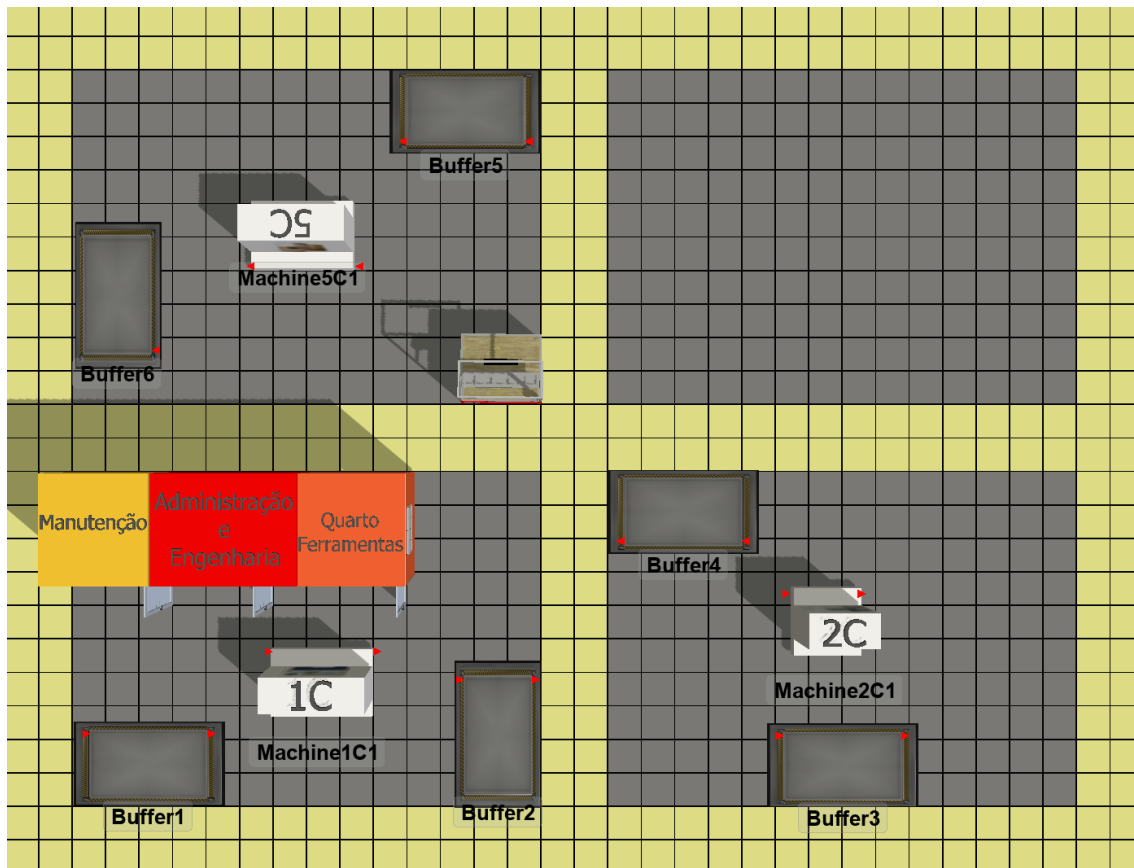


Figura 3 - Layout

Para redimensionar os *buffers* intermediários do modelo, acesse o menu “Quick Properties” localizado na parte direita da tela. Neste menu é possível alterar o tamanho, rotação e localização dos objetos 3D, para isso, basta clicar em qual objeto gostaria de modificar e alterar suas propriedades conforme a Figura 4.

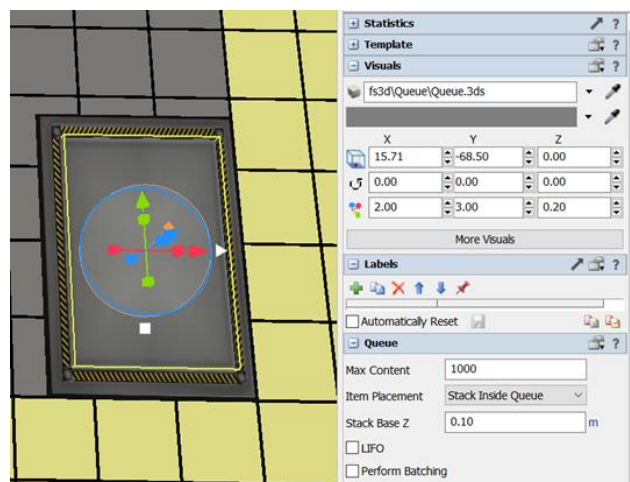
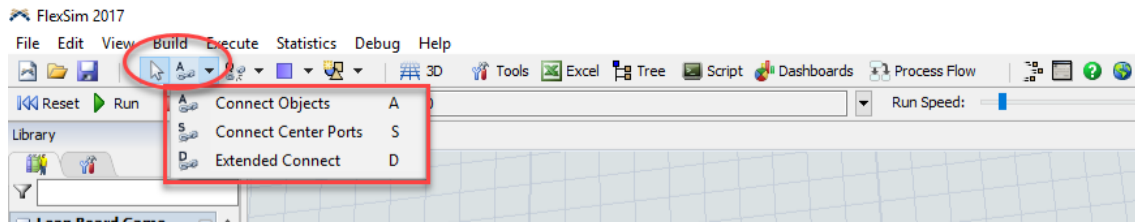


Figura 4 - Alterando propriedades

Adicione, fora do chão de fábrica, uma chegada de peças (*Pieces Arrival*) e um sink localizados a 10 metros de distância da fila de entrada do chão de fábrica, conforme a Figura 7. Em seguida, conecte os componentes do modelo conforme a figura, utilizando a tecla de atalho ‘A’, que deve permanecer

pressionada durante a conexão. Pode-se ainda utilizar o ícone abaixo, presente na parte superior e próximo ao menu principal do software.



Após realizar as conexões, seu modelo deve se parecer com o exemplo apresentado na Figura 6.

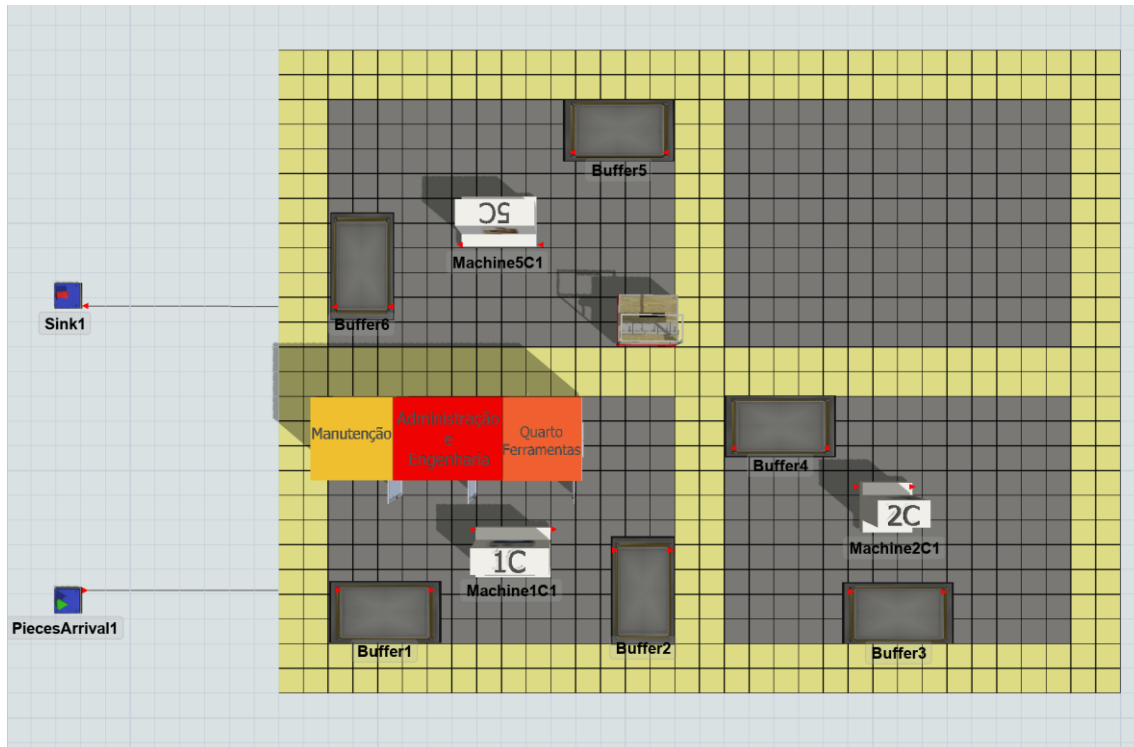


Figura 6 - Layout



Figura 7 - Distância chegada de peças

CRIAÇÃO DAS CAIXAS E PEÇAS

Para criar as caixas recipientes das peças, abra a tela de propriedades do objeto chegada de peças, inserido no modelo anteriormente:

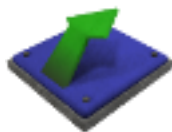


Figura 8 - Chegada de peças

Por padrão, as caixas do modelo recebem um total de 40 caixas, isso pode ser observado e alterado na tela de propriedades neste objeto caso seja necessário. O modelo funcionará utilizando dois tipos de itens que chegam em uma remessa de 10 caixas no total, sendo elas, quatro caixas do tipo 1 (Engrenagens A) e seis caixas do tipo 2 (Engrenagens B), com um intervalo entre chegadas de um dia útil, contabilizado como 13,6 horas, caso esteja trabalhando com a escala de tempo em segundos, este intervalo representa 48960 segundos. Configure, então, a tela de propriedades de chegadas de peças com as informações abaixo, conforme exemplificado na Figura 9.

The screenshot shows the configuration for 'PiecesArrival1'. The 'Pieces Per Box' is set to 40. The 'Arrivals' table is configured with 3 arrivals: Arrival1 (Engrenagem A, 4 units), Arrival2 (Engrenagem B, 6 units), and Arrival3 (Intervalo, 48960 seconds).

Arrival	ArrivalTime	ItemName	Quantity	Type
Arrival1	0	Engrenagem A	4	1
Arrival2	0	Engrenagem B	6	2
Arrival3	48960	Intervalo	0	0

Figura 9 - Chegada de peças

PROCESSAMENTO DAS MÁQUINAS

Cada máquina do modelo possui seu próprio tempo de processamento, setup, tempo de inspeção (em que o operador necessita levar uma peça até a bancada e em seguida retornar), e um tempo de carga e descarga (realizado pelo operador, contabilizado em 10s). Configure estas propriedades utilizando as telas de propriedades no canto direito, após selecionar cada máquina. Para acessar esta tela, lembre-se de selecionar cada a máquina e configura-las com os seguintes dados:

- Máquina 1C

- Setup = 2700s → Utilizar a Tabela de setup abaixo
 - Processamento (Cicle Time) = 49s
 - Carga e descarga (Load/Unload Time) = 10s
- Máquina 2C
 - Setup = 0s
 - Processamento (Cicle Time) = 56s
 - Carga e descarga (Load/Unload Time) = 10s
- Máquina 5C
 - Setup = 1800s→ Utilizar a Tabela de setup abaixo
 - Processamento (Cicle Time) = 80s
 - Carga e descarga (Load/Unload Time) = 10s

Todos os **setups** devem ocorrer apenas quando há alteração no tipo do item que será processado, para aplicar esta propriedade, marque a caixa de seleção “Setup if Type Changes” no campo de “Basic Machine”, e defina os valores informando qual o tempo de setup quando ocorre uma alteração do tipo 1 para o tipo 2, e vice-versa, exemplificado nas Figuras. Em seguida, realize este mesmo procedimento para as outras máquinas, lembrando que, nas que não possuem tempo de setup, não deve ser marcada a caixa de seleção. Nessas, altere apenas o tempo de processamento, ilustrado na Figura 12.

	Type 1	Type 2
Type 1	0	2700
Type 2	2700	0

Figura 10 - Configuração 1C

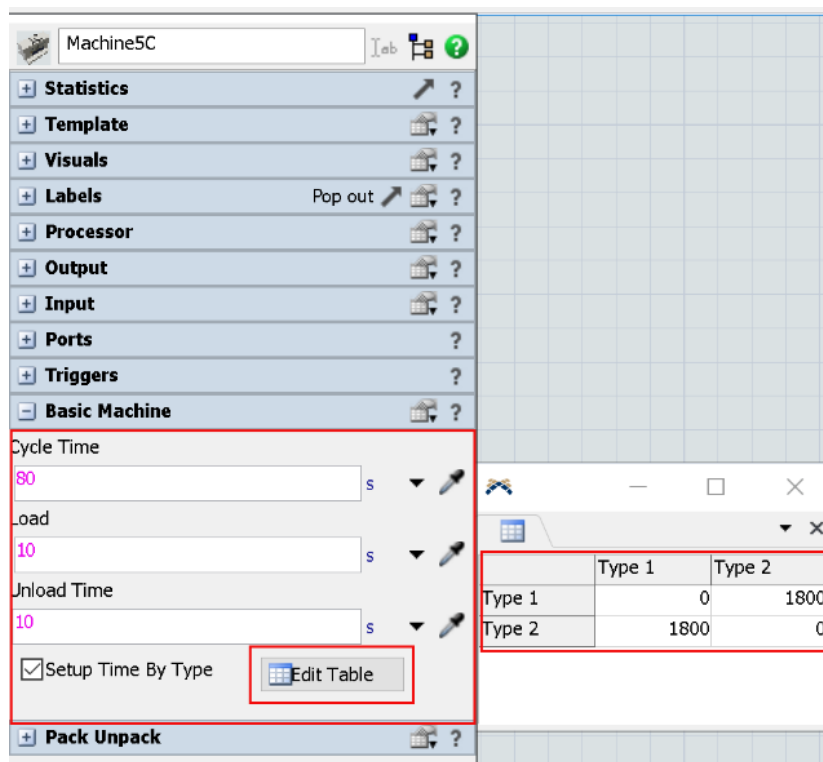


Figura 11 - Configuração 5C

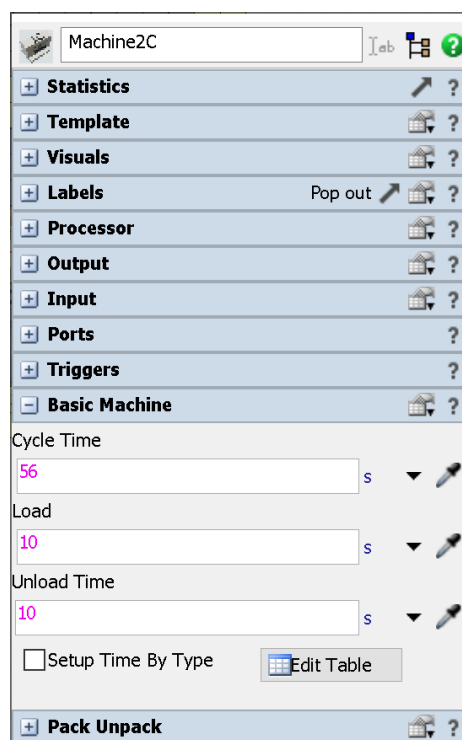


Figura 12 - Configuração 2C Sem setup

INSPEÇÃO NA BANCADA

Conforme mencionado anteriormente, o operador de cada máquina é responsável por realizar a inspeção da última peça de cada lote processado, e, para isso, ele leva a peça até a bancada de inspeção, permanece o tempo de

inspeção na máquina e em seguida retorna a peça para a caixa ao fim do processamento.

Cada máquina possui um tempo diferenciado para a inspeção de suas últimas peças, seguindo os respectivos valores abaixo:

- Máquina 1C = 60s
- Máquina 2C = 60s
- Máquina 5C = 120s

Para configurar a realização da inspeção da última peça de cada lote, ainda na tela de propriedades da máquina, existe uma área na aba “*Pack Unpack*” destinada à bancada (Bench), marque a caixa de seleção “*Use inspection bench*” e a inspeção estará habilitada ao rodar o modelo.

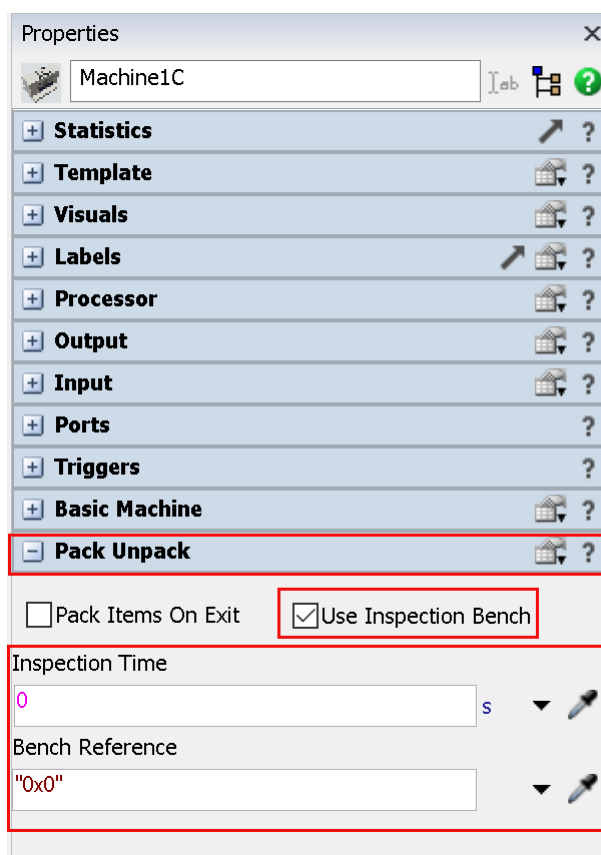


Figura 13 – 1C Use inspection bench

O campo “Bench Reference” faz a referência da bancada que vai ser utilizada pela máquina quando uma peça for inspecionada. Para utilizá-la basta clicar no conta-gotas e com ele clicar na bancada e clicar em seu nome.

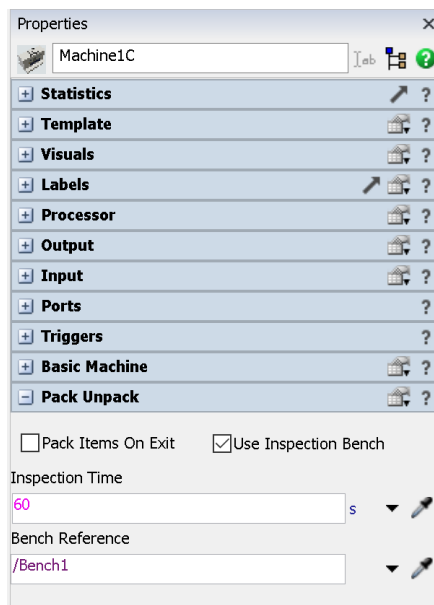


Figura 14 - Referência bancada

Após referenciar a bancada, insira no campo localizado abaixo “*Inspection Time*” o valor do tempo de inspeção. Repita este procedimento para as máquinas 2C e 5C, inserindo o valor de tempo de inspeção respectivo de cada máquina.

Com isso, o modelo já estará funcionando. Uma chegada de caixas com um número de peças especificados passará por todas as máquinas, enviando sempre o último item de cada caixa para a inspeção na bancada, e por fim, será pelo sink localizado após a última fila do modelo.

SCHEDULING DE PROCESSAMENTO

Observando que as máquinas possuem um tempo de setup quando ocorre a mudança de tipo de item a ser processado, podemos definir um *Schedule* de processamento para as máquinas, de modo que possamos aproveitar ao máximo a utilização das peças, e realizar o menor número de setups possível ao longo dos dias. Podemos observar, também, que o schedule precisa ser aplicado apenas à máquina gargalo de nossa operação, a máquina 5C, pois ela possui o processamento mais demorado, tornando-se a responsável por reger o ritmo da produção.

Para montar este schedule, abra a tela de propriedades da máquina 5C e acesse a aba “*Pulling*”, marque a caixa de seleção *Pull* para que a tabela de schedule seja ativada. Clique em “*edit pulling table*” e aparecerá uma tabela contendo n linhas, cada uma delas representa uma etapa diferente do Schedule, e duas colunas, cuja primeira nos dá qual o tipo do item a ser puxado e a segunda linha determina quantas caixas serão processadas, daquele tipo de item. A tabela de schedule fica localizada dentro da tela de propriedades de cada máquina, acessando a aba “*Pulling*”, como ilustrado na Figura 15.

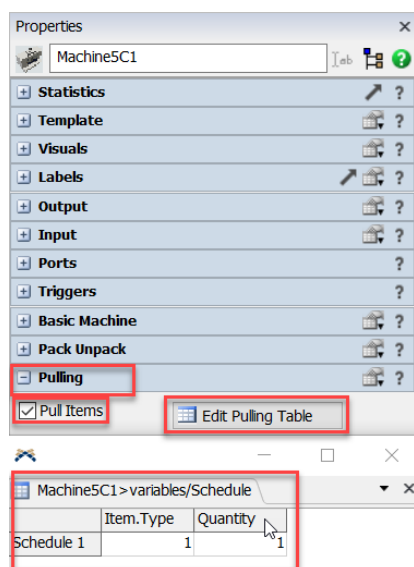


Figura 15 - Tabela Schedule

Para que seja realizado o menor número de setups durante o dia, e de acordo com a demanda recebida pelo modelo, a melhor configuração de setup deverá estar de acordo com a configuração ilustrada na Figura 16.

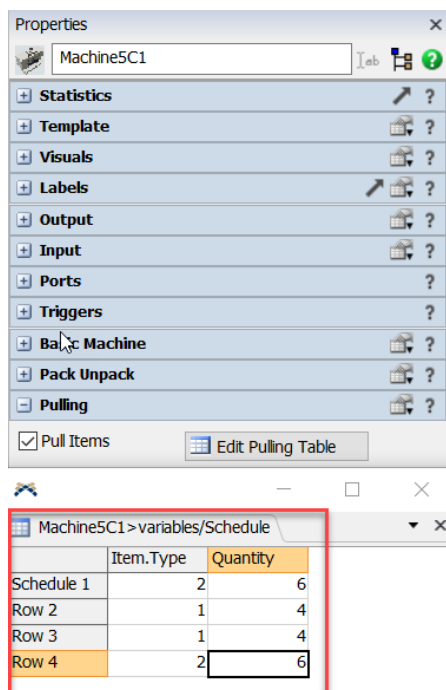


Figura 16 - Tabela Schedule dados

Com esta configuração, será possível analisar que os itens do tipo 2 (Eixo B) serão puxados antes, e processadas 6 caixas antes que seja solicitado um novo tipo de item pela máquina, o qual terá 4 caixas processadas por sua vez.

ADIÇÃO DE OPERADORES

Para adicionar um operador, basta arrastar um objeto “Operator” que está na aba “Task Executors” para dentro do modelo e realizar uma conexão central entre ambos, utilize a tecla “S” para criar esta conexão, que deverá ficar como ilustrado na Figura 17. Crie um operador para cada máquina e de acordo com a qual pertencem, os renomeie para uma melhor organização do modelo.

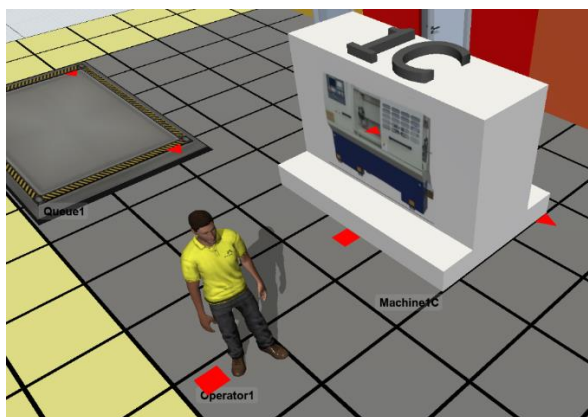


Figura 17 – Operadores

Em seguida abra a tela de propriedades da máquina 1C, vá na aba “Output” e marque a caixa de seleção “Use Transport”, que por padrão irá atribuir o objeto conectado à porta central número 1 como sendo o responsável por realizar o transporte, com isso sua máquina deverá ter uma configuração como na Figura 18.

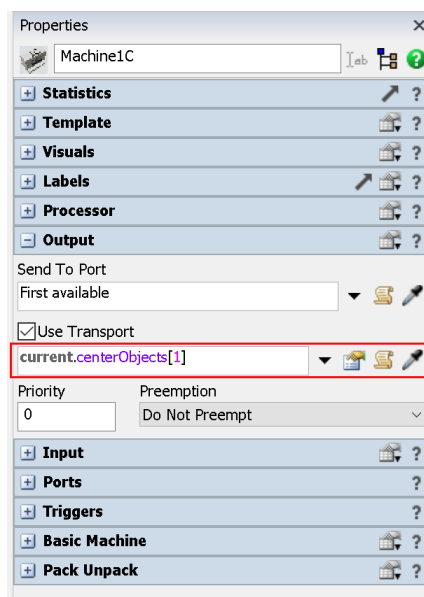


Figura 18 - Use transport

Repita este procedimento também para a máquina 2C, porém, **não ative o transporte na máquina 5C**, apenas realize a conexão do operador. Com isso, você deverá ter um modelo parecido com o da Figura 19.

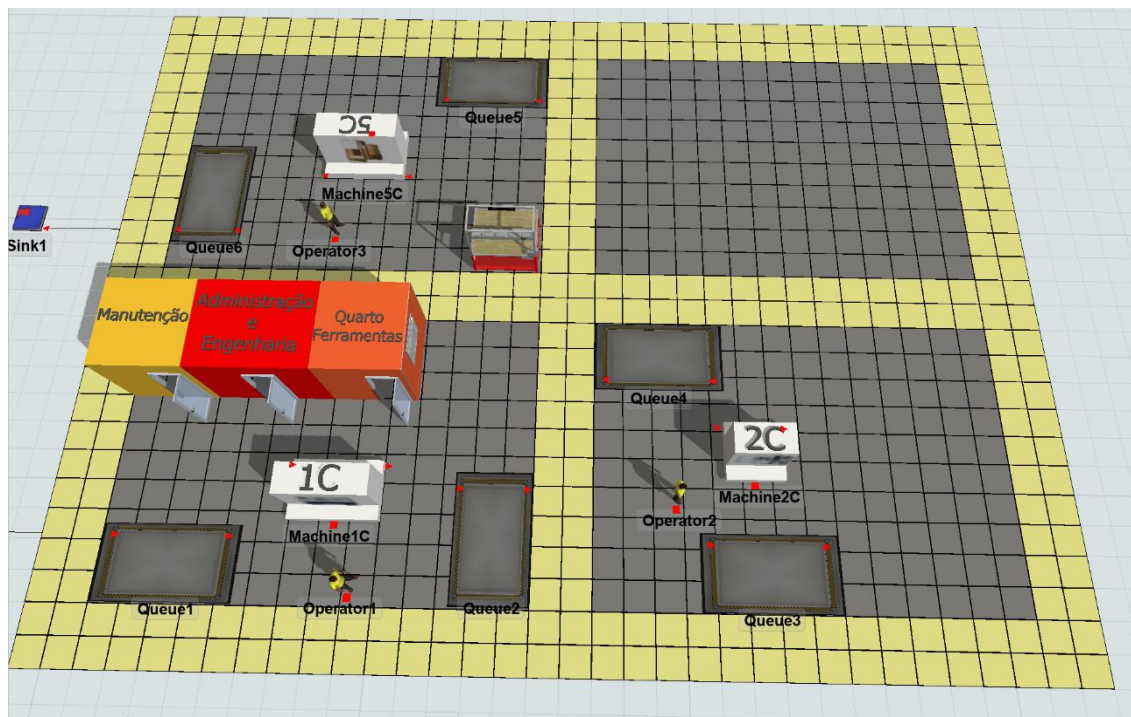


Figura 19 - Layout Conexões

ADIÇÃO DE EMPILHADEIRAS

Para realizar o transporte das caixas para dentro do chão de fábricas, e também para as retiradas, serão utilizadas empilhadeiras. Para adicioná-las ao modelo, basta arrastar um objeto “Transporter” que estará na aba “Task Executors” e posicioná-las, uma ao lado da chegada de peças e uma próxima ao sink, em seguida, conecte a primeira à chegada de peças, e a segunda à última fila dentro do chão de fábrica, localizada após a máquina 5C. Todas as conexões das empilhadeiras devem ser realizadas com a tecla “S”, criando conexões centrais, conforme ilustrado na Figura 20.

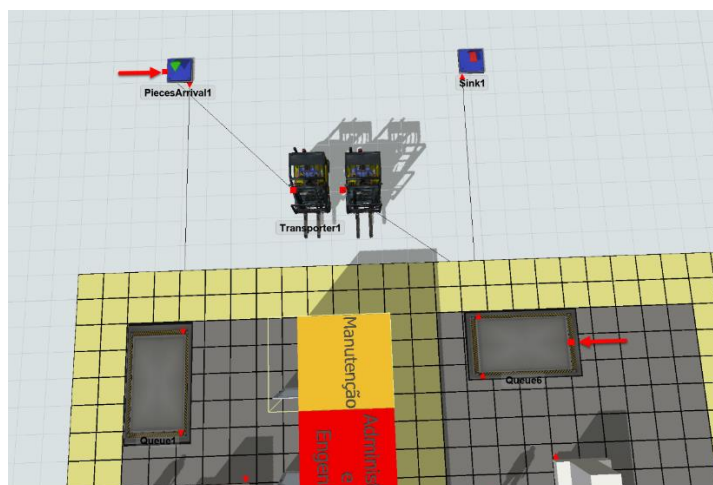


Figura 20 – Empilhadeiras

Para que seja realizado o transporte, abra a janela de propriedades da chegada de peças e da fila de saída, acesse a guia ‘Output’, e marque a opção “Use Transport”, fazendo com que os objetos de partida da empilhadeira (chegada de peças à fila após a máquina 5C), utilize o objeto conectado à porta central número 1, como ilustrado na Figura 21.

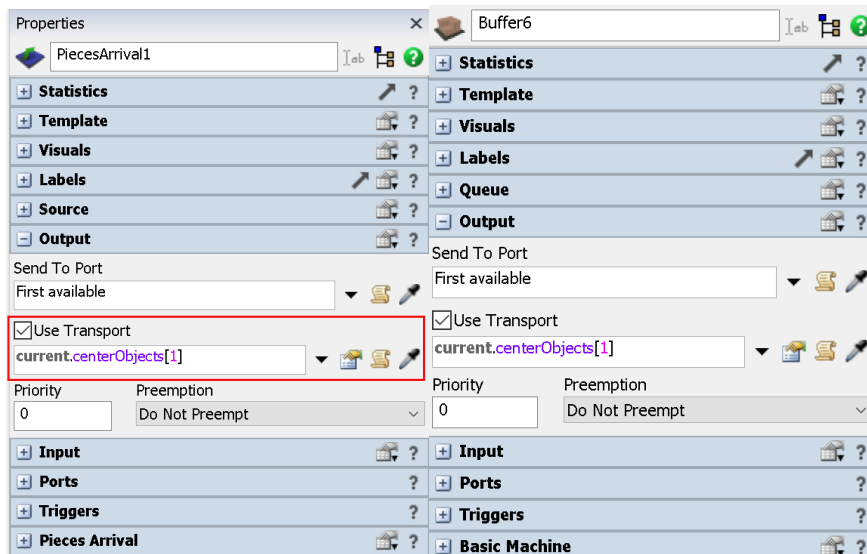


Figura 21 - Use transport empilhadeiras

As empilhadeiras levam 5 minutos para realizar o transporte de uma caixa da chegada de peças até a primeira fila do modelo, para simular isso, altere a velocidade da empilhadeira de entrada para 0,06 m/s (Figura 22) é importante que o posicionamento do objeto de chegada de peças esteja corretamente localizado a 10m (Figura 23), para que a empilhadeira tenha assertividade no tempo de movimentação.

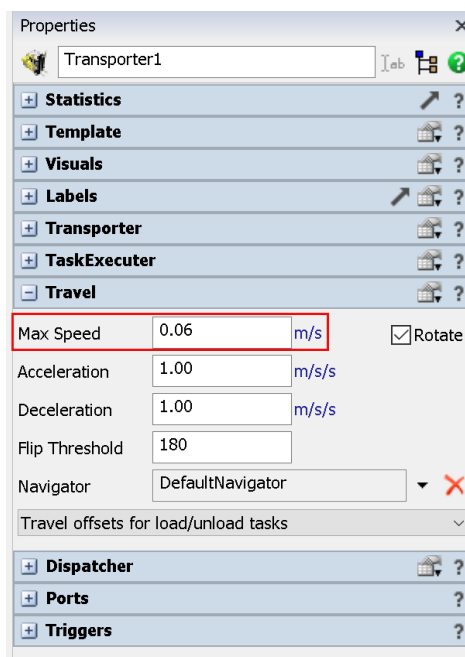


Figura 22 - Velocidade empilhadeira



Figura 23 - Distancia chegada de peças

OPERADOR DA MÁQUINA 5C

Como a máquina 5C é o gargalo da operação, o tempo de movimentação do operador pode afetar o resultado da simulação, por isso deve possuir um trajeto preciso e constante. Neste exercício, o operador é responsável por carregar e descarregar a máquina, porém sua movimentação na frente da máquina é desconsiderada, a ferramenta de *Network Nodes* faz com que todos os componentes sejam acessados de apenas um nó, fazendo com que o operador não se mova durante a carga e a descarga (tempos de carga e descarga configurados nas propriedades da máquina). A movimentação realizada pelo operador é durante a inspeção, em que ele leva a peça até a bancada e retorna, as distâncias e os meios de criação dos *Network Nodes* serão descritos a seguir.

Arraste os pontos do *network node* localizados em Travel Networks para dentro do modelo nas posições indicadas na figura e os conecte segurando a tecla “A” em seu teclado, e da mesma maneira **conecte um *Network Node* à bancada e o outro à máquina e ao operador** conforme a Figura 24.

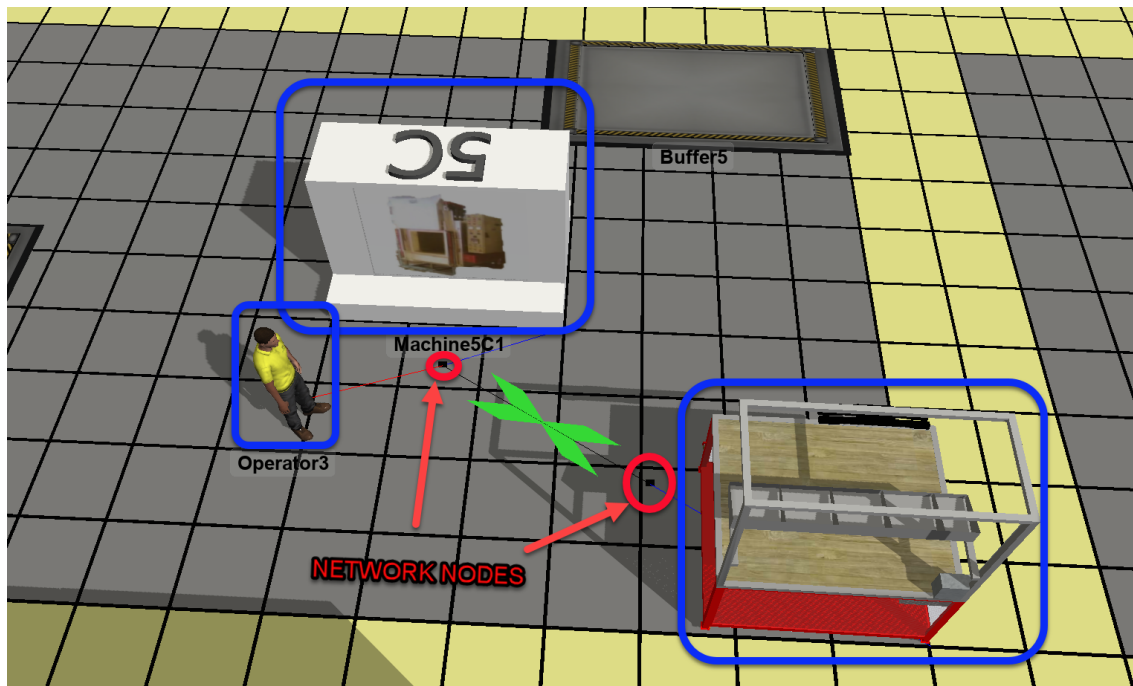


Figura 24 - Conexão Network Nodes

Para que o espaço fique preciso ao espaço que o operador deverá percorrer, os *Network Nodes* oferecem o recurso de distância virtual, que permite simular distâncias diferentes entre dois pontos sem a necessidade de mover os pontos na simulação 3D. Essa distância virtual deve ser configurada

para atender os caminhos de ida e volta, ou seja, a distância do ponto A ao ponto B deve ser configurada para ser a mesma do ponto B ao ponto A.

Para definir a distância virtual entre dois *Network Nodes*, abra as propriedades de um dos nós, selecione o Node de destino, e no campo “*Virtual Distance*” insira o valor respectivo à distância entre os pontos do modelo. A distância entre os dois pontos para o operador da máquina 5C percorrer é de 7 metros. Sua configuração deverá ficar como exemplificado na Figura 25

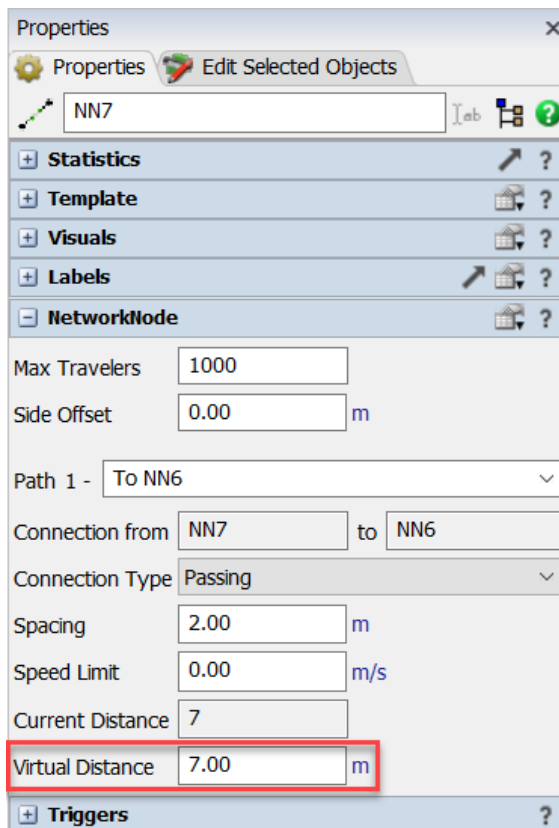


Figura 25 - NN propriedades

É fundamental que você abra a tela de propriedades do outro Network Node, e insira o mesmo valor na distância virtual, para que a distância de ida seja a mesma de volta entre os nós.

TRANSPORTE ENTRE FILAS INTERMEDIÁRIAS

A estrutura do modelo está quase pronta. Adicione mais um operador (destacado em azul) no modelo e o conecte com ‘S’ nas filas destacadas em vermelho e ilustradas na Figura 26. Após conectar às filas, marque a opção “Use Transport”, localizada na aba “Output”, em quase todas elas. A fila após a máquina 2C será configurada o transporte no tópico seguinte.

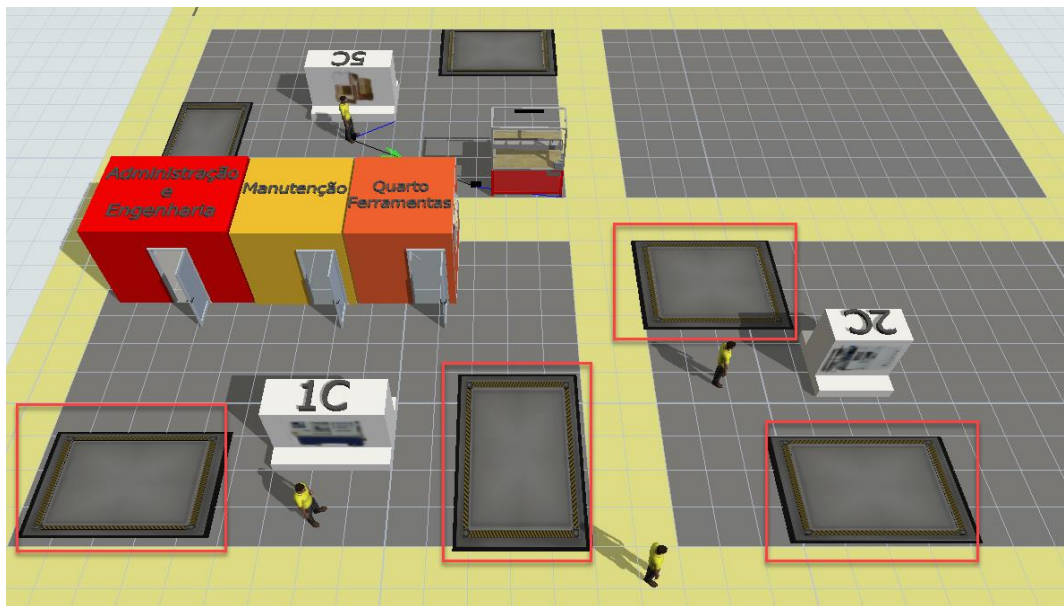


Figura 26 - Filas intermediárias

Apesar de realizar o transporte entre os buffers intermediários, não utilizaremos este operador para realizar o transporte de caixas para fora da máquina 5C, visto que essa máquina é o gargalo e o deslocamento de seu operador pode causar divergências na simulação. Configure o transporte dela conforme exemplificado na Figura 27.

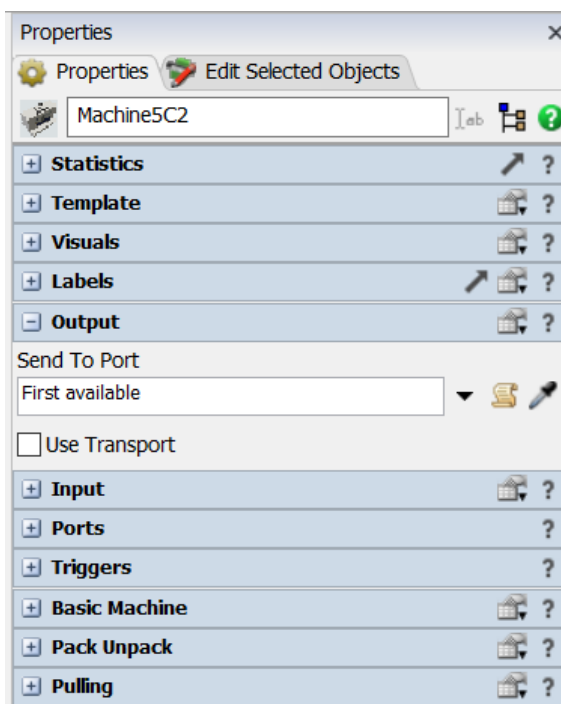


Figura 27 - Use transport 5C

EMPILHADEIRA DENTRO DO CHÃO DE FÁBRICA

O transporte das caixas da fila localizada após a máquina 2C não pode ser realizado por um operador, pois viola a norma de segurança da fábrica que permite um operador percorrer uma área de no máximo 10 quadrados

carregando um produto. Por isso será adicionada uma empilhadeira para realizar este transporte, da fila após a máquina 2C para a fila que antecede a máquina 5C.

Próximo à fila **pós máquina 2C**, adicione uma empilhadeira (Transporter), como as utilizadas para transportar as caixas para dentro e fora do chão de fábrica, em seguida, realize uma conexão utilizando a tecla “S” entre a empilhadeira e a fila pós 2C e nas propriedades da fila, marque a opção “Use Transport”.

Em seguida, defina o caminho da empilhadeira, pois segundo outra norma de segurança da fábrica, as empilhadeiras não são permitidas circular fora da área delimitada em amarelo no chão de fábrica. Para isso, crie um caminho utilizando 3 *network nodes* como ilustrado na Figura 28, conecte-os e também conecte a empilhadeira e as filas intermediárias aos *network nodes*.

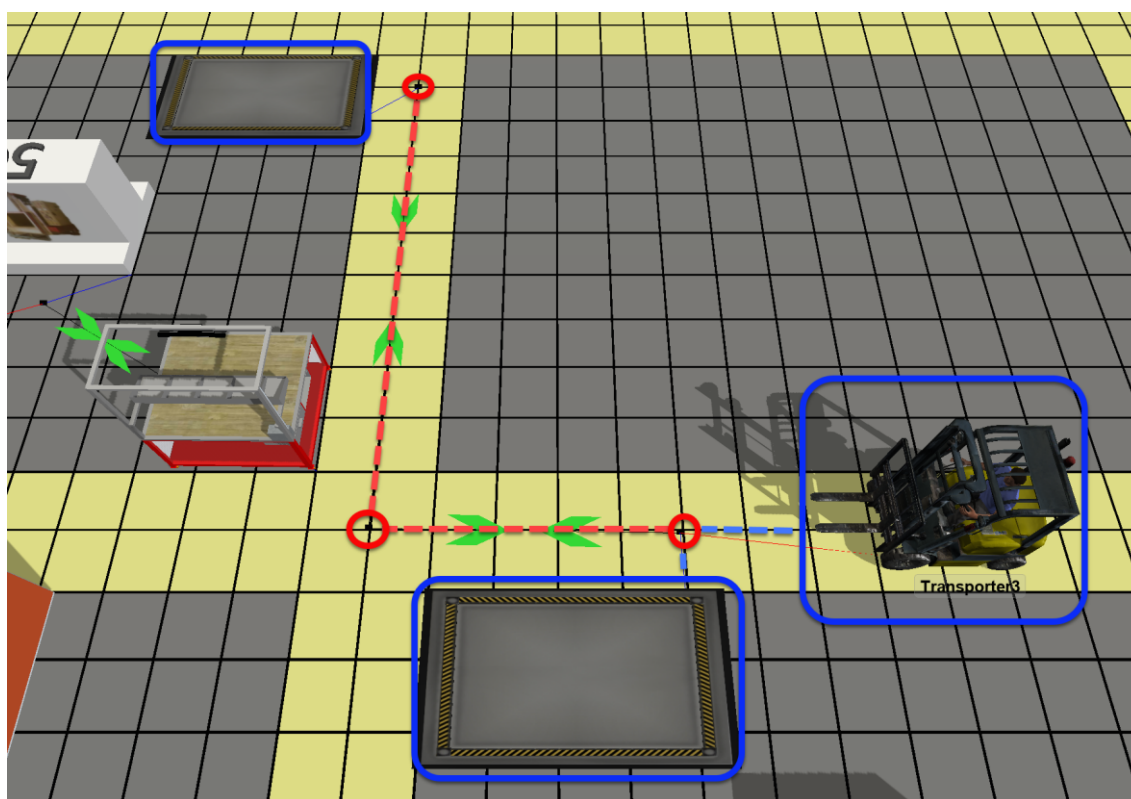


Figura 28 - Conexões Network Nodes

CRIANDO OS ESTOQUES INICIAIS

Ao início do modelo, há dentro de cada buffer do modelo, **exceto o de saída**, um estoque inicial, simulando uma fábrica que já inicie a sua simulação com estoque de dias anteriores de trabalho.

Para simular esta operação dentro do modelo 3D, abra a tela de propriedades do buffer de entrada do modelo, logo antes da 1C e adicione uma chegada clicando no botão direito dentro da célula e adicionando uma linha, em seguida insira os valores apresentados na Figura 29. Configuraremos este

buffer para, em seguida, replicar as configurações para os demais buffers que terão estoque inicial, que são os buffers: pós 1C, pré 2C, pós 2C e pré 5C.

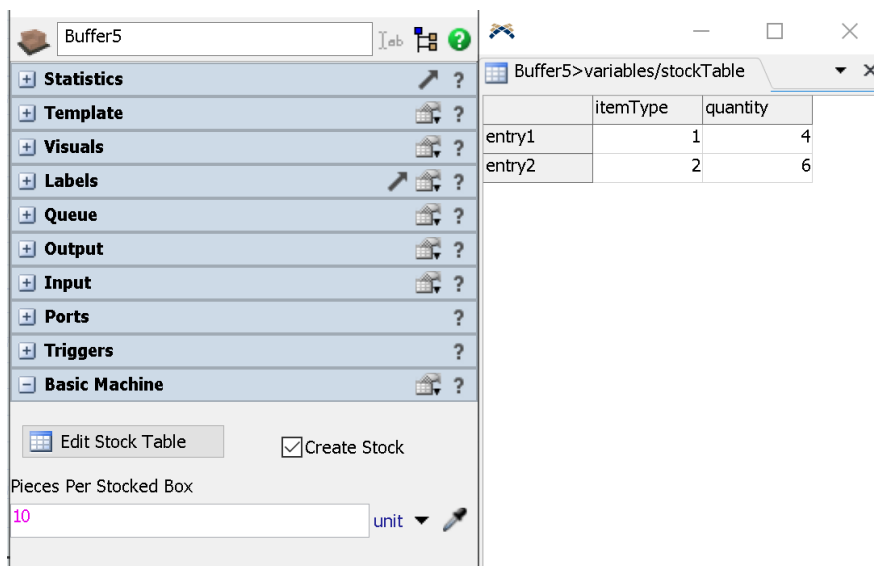


Figura 29 - Estoque inicial

Em seguida, acesse no menu superior em “View” a ferramenta “Edit Selected Objects” conforme a Figura 30, esta é uma ferramenta que permite copiar as propriedades já configuradas em um objeto para outro. Será utilizada para copiar as propriedades de estoque inicial para todas as outras filas do modelo.

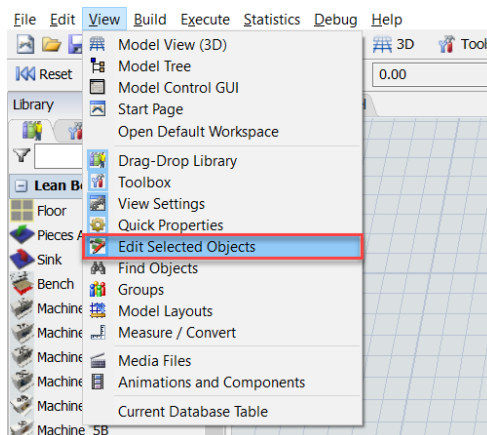


Figura 30 - Edit Selected Objects

Em seguida você verá uma tela aparecer no lugar das “Quick Properties” na parte lateral direita de seu modelo com todas as opções que poderá copiar para os outros objetos, desde variáveis como tamanho, conteúdo máximo, até conexões de entrada, saída, etc.

Para copiar o estoque inicial para as outras filas, mantenha pressionada a tecla “Ctrl” e clique em todas as filas que terão estoque inicial, exceto na fila que já está configurada, nesta fila apenas clique com o mouse sem a tecla “Ctrl” pressionada para destacá-la em amarelo conforme a Figura 31.

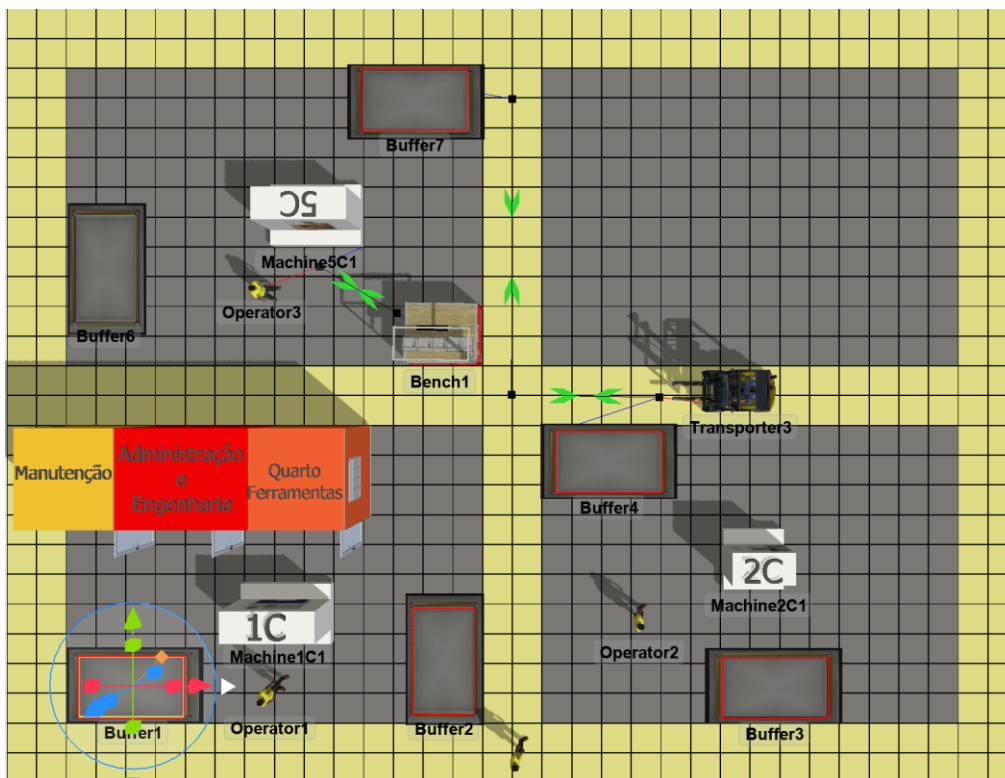


Figura 31 - Seleção filas

Com as filas selecionadas e a principal, que já está configurada, estando destacada em amarelo, acesse o painel lateral da ferramenta “Edit Selected Objects” e na seção “Copy From Highlighted” selecione na lista as variáveis “PiecesPerBox, StockTable, stock” ilustrada na Figura 32.

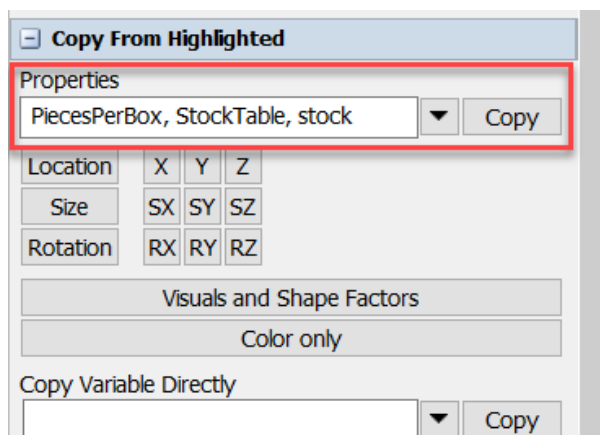


Figura 32 - Edit Selected Objects painel

Abrindo a tela de propriedades das outras filas, é possível observar que todas possuem uma tabela igual àquela que foi configurada anteriormente e ao **resetar e rodar o modelo**, todas terão seus estoques iniciais preenchidos como na Figura 33.

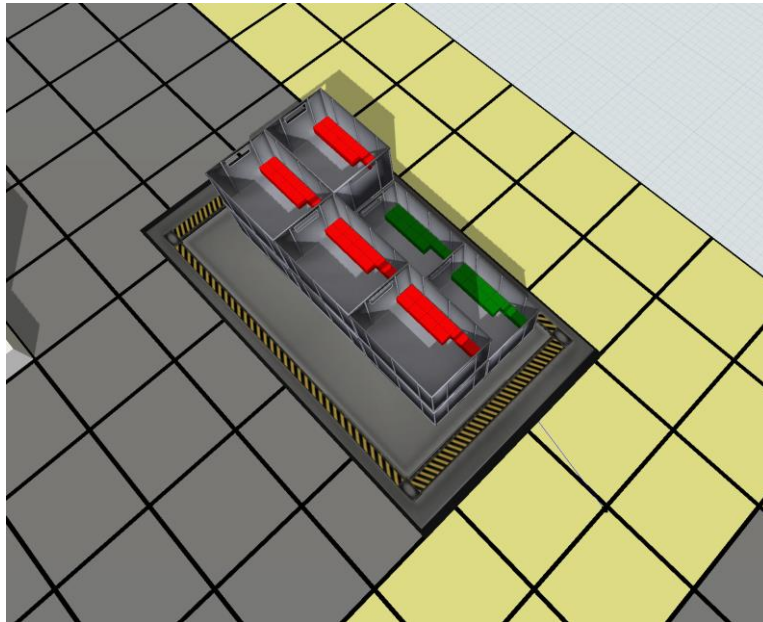


Figura 33 - Criação de estoque inicial

RODADA PARA MELHORIA DO LAYOUT

Pode ser observado no modelo que há uma grande distância entre as máquinas, os operadores e os estoques intermediários, o que faz necessário o uso de um operador para carregamentos entre os estoques e até uma empilhadeira, analisando esta situação, podemos afirmar que o layout representa um grande problema para este modelo.

Nesta etapa serão realizadas algumas modificações de layout de maneira a minimizar o uso de recursos e acelerar a produção.

Para montar o Layout otimizado, exclua os seguintes componentes apontados com uma seta em vermelho na Figura 34:

- Os estoques intermediários, exceto fila de entrada e saída
- Os operadores das máquinas 2C e 5C
- O operador de transporte intermediário
- Os *network nodes* da máquina 5C
- A empilhadeira que transporta as caixas da fila pós 2C
- Os *network nodes* desta empilhadeira
- Ferramenta A*

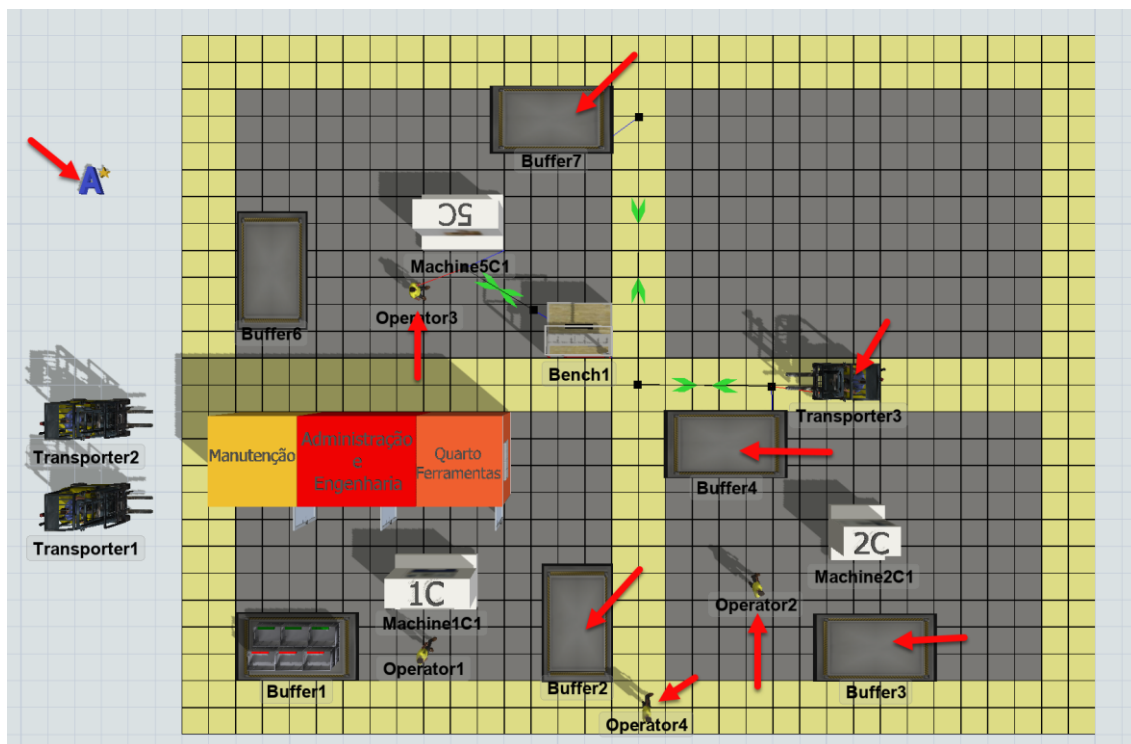


Figura 34 - Objetos para excluir

Em seguida, abra as propriedades de cada máquina e configure como serão tratadas as peças que entrarem por cada uma delas. Neste novo sistema as peças entrarão, dentro da caixa, na máquina 1C, em seguida passarão diretamente sem caixa para a 2C, e logo após, sem caixa novamente, para a 5C. Então, somente depois de passar pela 5C, ocorrerá a inspeção na bancada e as caixas são despachadas para a saída.

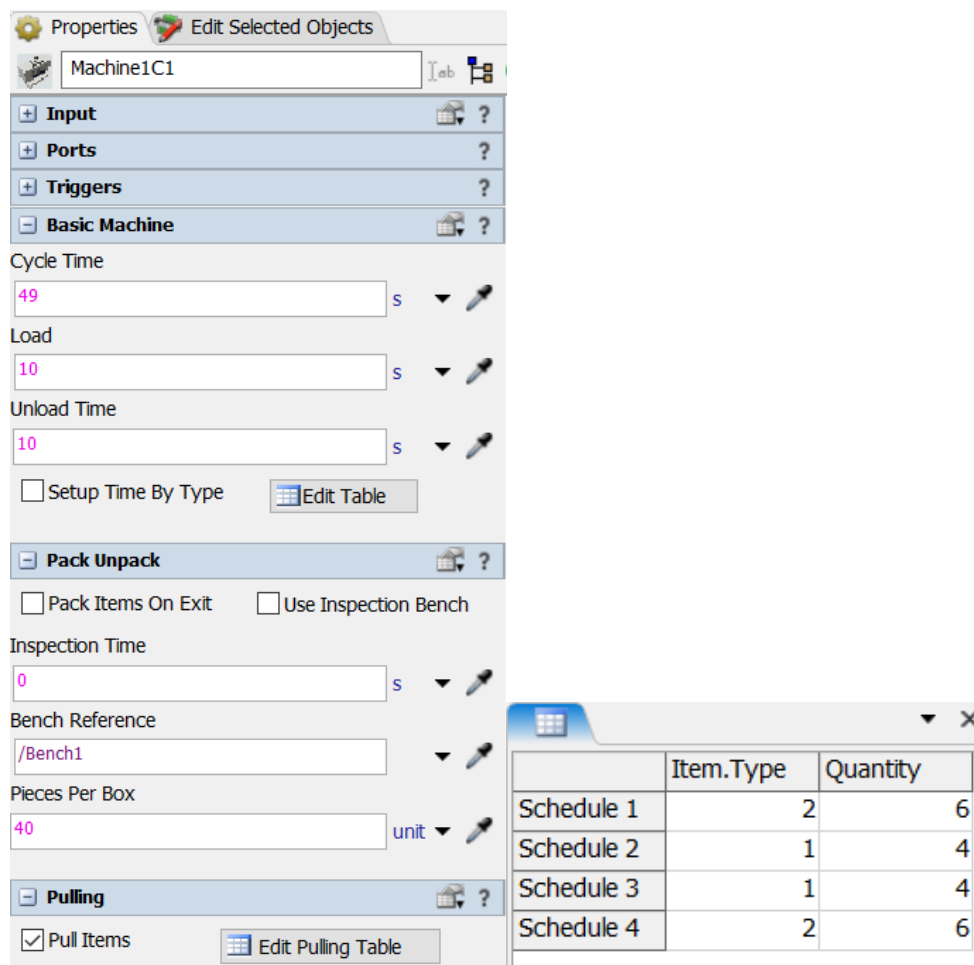
Quando as peças passarem pelas máquinas 1C e 2C, não serão colocadas em uma caixa após o processamento, passando diretamente para a próxima máquina, pois só depois de serem processadas pela máquina 5C que serão encaixotadas novamente.

Estas configurações podem ser ajustadas nas telas de “properties” de cada máquina. Na última sessão da tela em “PackUnpack” e “Basic Machine” existem a opção “Pack Itens On Exit” e “Setup Time by Type” que faz com que as peças, após serem processadas sejam empacotadas e liberadas para a próxima máquina. Esta opção será **desmarcada** para as máquinas 1C e 2C, pois as peças serão encaixotadas apenas na máquina 5C.

Visto que as peças passarão pela inspeção apenas após terem sido processadas pela máquina 5C, desmarque a opção “Use Inspection Bench” nas propriedades das máquinas 1C e 2C e **configure um novo tempo de inspeção na máquina 5C, que deve ser da somatória da inspeção das três máquinas, totalizando 240s. Configure também os novos tempos de setup para 4500 na 5C, e a máquina agora 1C realizará o pulling.**

É imprescindível que a região “Pieces Per Box” seja preenchida, agora com 40 caixas, pois é ela que determina quantas peças serão empacotadas

por essa máquina. As propriedades das máquinas configuradas para a melhoria podem ser conferidas nas próximas imagens.



	Item.Type	Quantity
Schedule 1	2	6
Schedule 2	1	4
Schedule 3	1	4
Schedule 4	2	6

Figura 35 - Máquina 1C melhoria

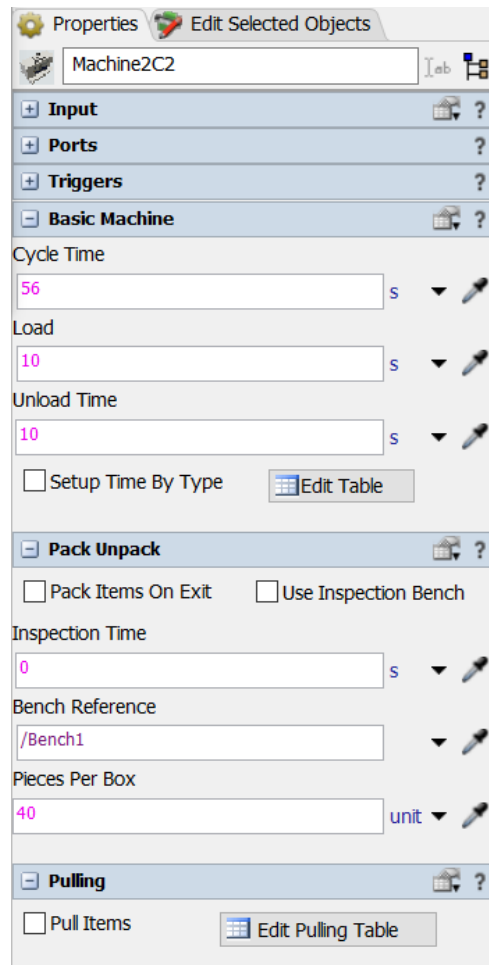


Figura 36 - Máquina 2C melhoria

The screenshot displays the 'Properties' window for 'Machine5C1' in FlexSim. The window is organized into several expandable sections:

- Input**: Expandable section.
- Ports**: Expandable section.
- Triggers**: Expandable section.
- Basic Machine**: Contains 'Cycle Time' (80 s), 'Load' (10 s), and 'Unload Time' (10 s). It also has a checked 'Setup Time By Type' option with an 'Edit Table' button.
- Pack Unpack**: Contains checked options for 'Pack Items On Exit' and 'Use Inspection Bench'.
- Inspection Time**: Set to 240 s.
- Bench Reference**: Set to /Bench1.
- Pieces Per Box**: Set to 40 unit.
- Pulling**: Contains an unchecked 'Pull Items' option and an 'Edit Pulling Table' button.

An 'Edit Table' window is open, showing a table with the following data:

	Type 1	Type 2
Type 1	0	4500
Type 2	4500	0

Figura 37 - Máquina 5C melhoria

Posicione as máquinas, bancada e o operador conforme a Figura 38 abaixo.

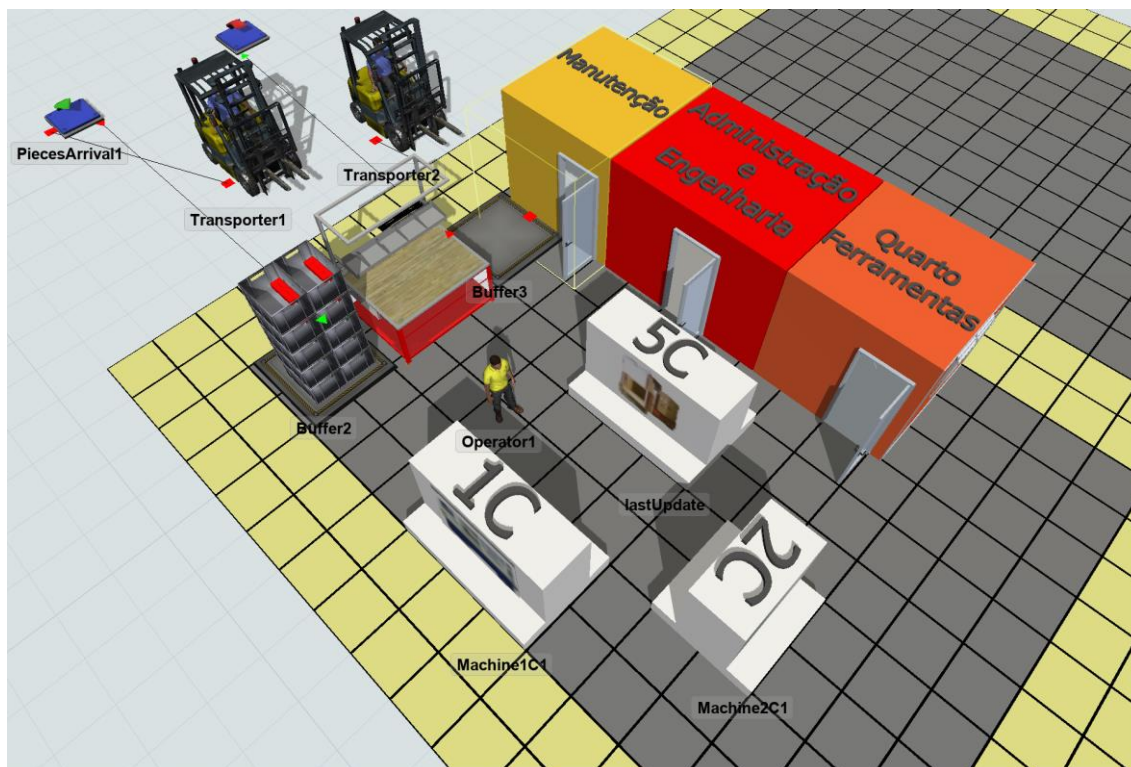


Figura 38 - Novo Layout

Realize uma conexão central entre o operador e as máquinas e outra conexão central entre o operador e o buffer de entrada do chão de fábrica, conecte as máquinas entre si formando um fluxo da 1C para a 2C, da 2C para a 5C e da 5C para a saída conforme a Figura 39. Marque a opção “Use Transport” apenas no buffer de entrada, desmarque o transporte de todas as máquinas.

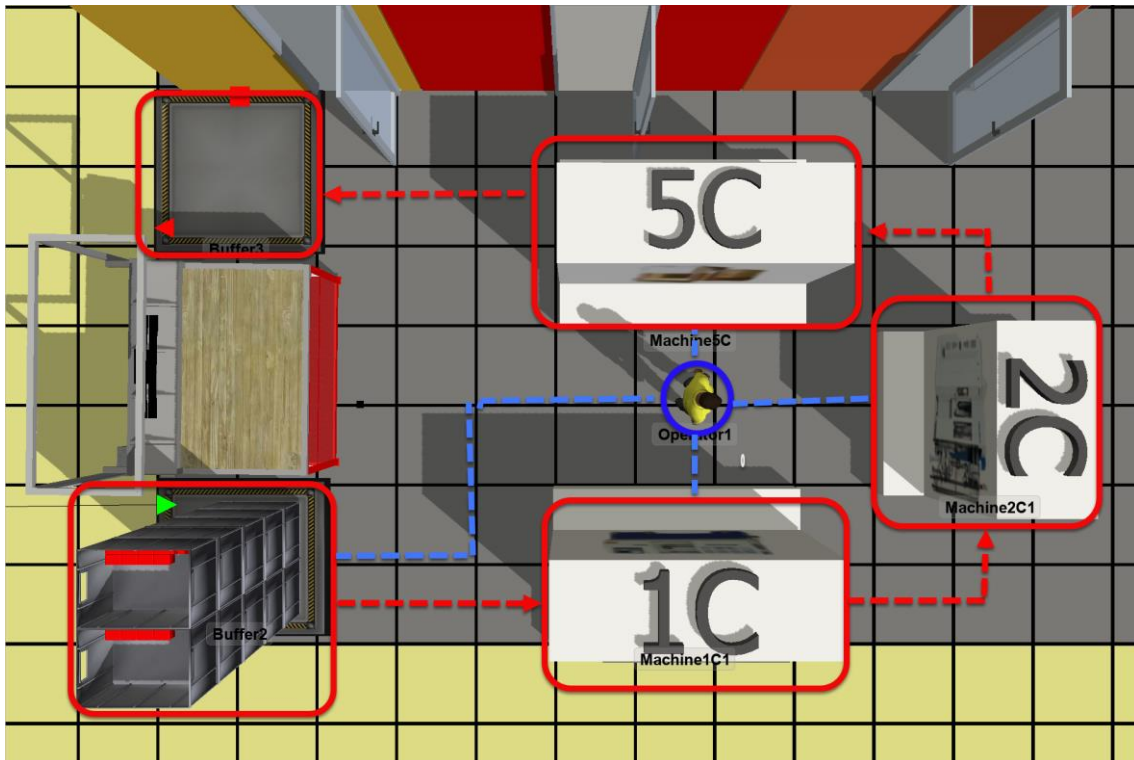


Figura 39 - Conexões

Em seguida, adicione dois *Network Nodes*, um na frente da bancada e outro no meio das máquinas e conecte-os. O nó mais próximo das máquinas, conecte ao operador e à todas as máquinas, já o mais próximo da bancada conecte à bancada, fila de entrada e fila de saída. Lembrando que as conexões com *Network Nodes* devem ser realizadas todas com “A”. Com os *Network Nodes* configurados, defina entre eles uma distância virtual de 4m que é o trajeto que o operador terá de percorrer para levar as peças para inspeção (ida e volta). O modelo deve se parecer com a Figura 40.

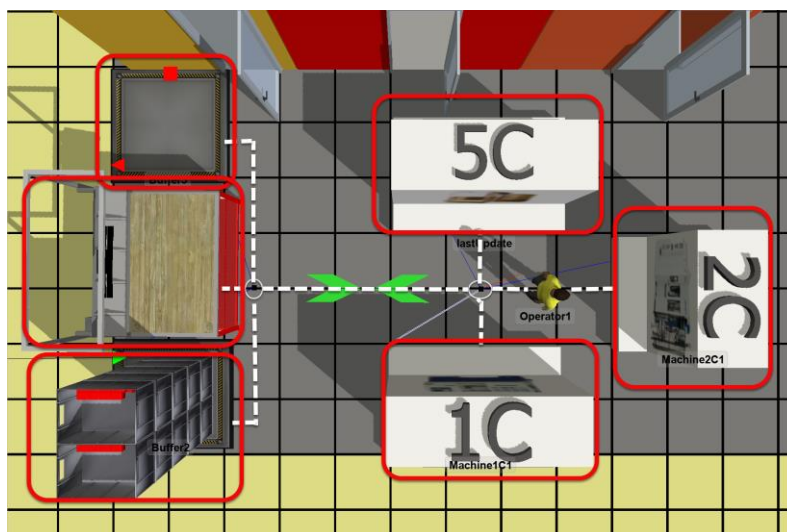


Figura 40 - Layout NN

Agora, basta resetar o modelo e rodar para poder observar o fluxo do processo funcionando com o novo layout otimizado, utilizando apenas um

operador, uma fila de entrada, uma fila de saída e apenas duas empilhadeiras. Como o modelo está utilizando *Network Nodes*.

DADOS E ANÁLISES

Os modelos simulam uma operação de fábrica que opera com uma carga horária de 13,6 horas durante um período de 21 dias, este período simulado totaliza 1028160s de simulação para o modelo base. Para definir que a simulação será executada por este período de tempo, abra a janela que possui o campo “Stop Time” localizada na parte superior ilustrada na Figura 41.

Display Mode: Seconds Date and Time Both

Start Time: 08:00:00 03/10/2022

Warmup Time: 0.00 08:00:00 03/10/2022

Stop Times: 1028160.00 05:36:00 15/10/2022

Figura 41 - model time

Para análise dos indicadores deste tempo de execução, é elaborado o seguinte Mapa de Fluxo de Valor, que possui os tempos de ciclo de cada máquina, tempo de carga e descarga, inspeção e setup por peça.

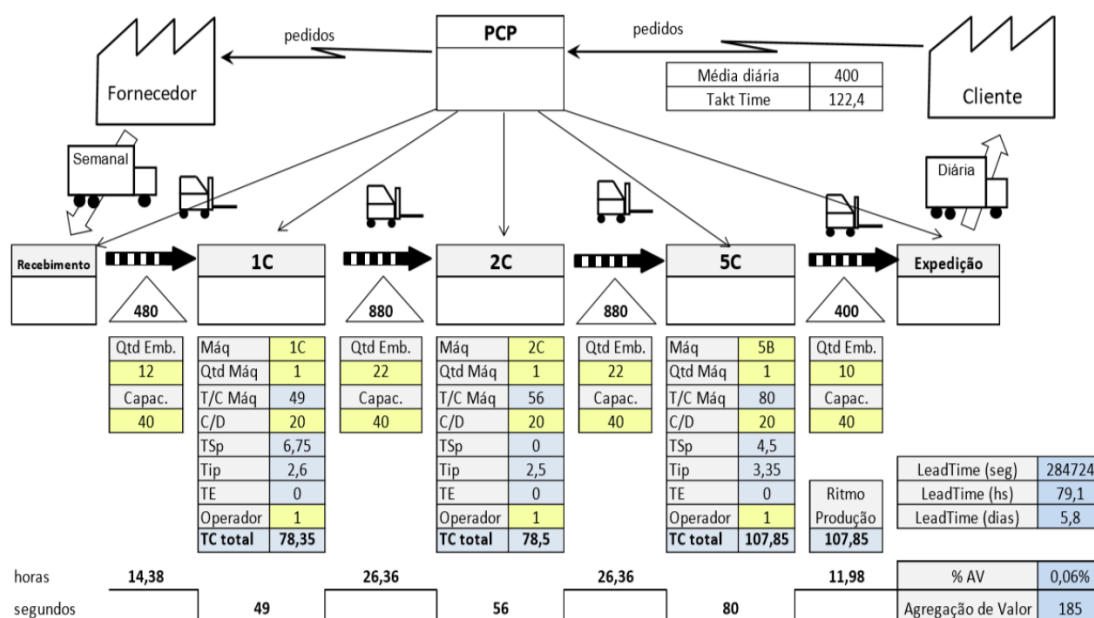


Figura 42 - Mapa de Fluxo de Valor

Baseado nos cálculos realizados sobre a demanda, ritmo de produção e lead Time das peças dentro do modelo, é obtido o seguinte resultado demonstrado na Figura 43.

RESULTADOS DAS MELHORIAS (ROUNDS)			
REFERÊNCIAS		Inicial	Final
LEAD TIME (horas)		79,1	
CAPACIDADE DE PRODUÇÃO		9.533	
VENDAS	QUANTIDADE FATURADA AO CLIENTE	8400	
	PREÇO (\$)	25,00	
	FATURAMENTO (\$)	210.000	
CUSTOS E DESPESAS (\$)	MÃO DE OBRA	22.800	
	MATÉRIA PRIMA	84.000	
	ESTOQUE EM PROCESSO - WIP	26.400	
	FERRAMENTAL	51.240	
	MANUTENÇÃO	7.392	
	EMPILHADEIRAS	21.000	
	REJEIÇÃO	0	
	INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS	20.000	
	FINANCIAMENTO DE EQUIPAMENTO	0	
CUSTOS + DESPESAS + INVESTIMENTOS (\$)		232.832	
CUSTO POR CONJ. (\$)		27,72	
RESULTADOS FINANCEIROS	LUCRO (\$)	-22.832	
	LUCRO (%)	-10,9%	

Figura 43 - Resultado inicial

Um total de 9.533 peças antes do round de melhoria, ou seja, este é o indicador que deve ser extraído do modelo setorizado, realizando os cálculos, este valor de peças representa 238 caixas produzidas. Este valor poderá ser conferido em seu modelo ao executar a simulação e analisar as estatísticas da fila de saída da fábrica conforme a Figura 44.

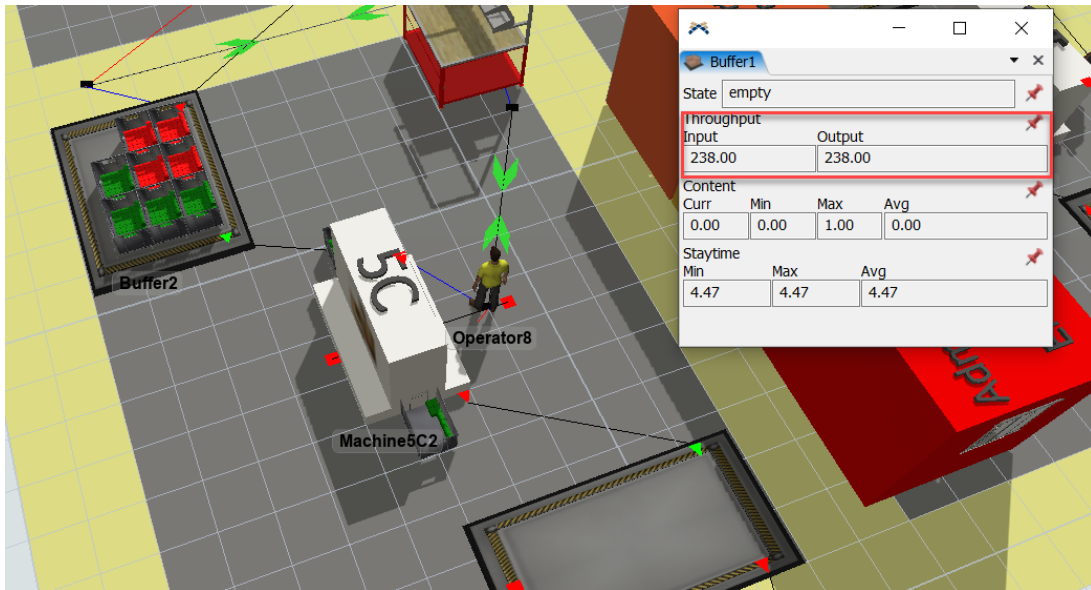


Figura 44 - Resultado no FlexSim

Após o round de melhoria, é calculado as mudanças no Mapa de Fluxo de Valor, aplicado as mudanças de tempo de ciclo, inspeção e setup e se obtém o seguinte mapa demonstrado na Figura 45.

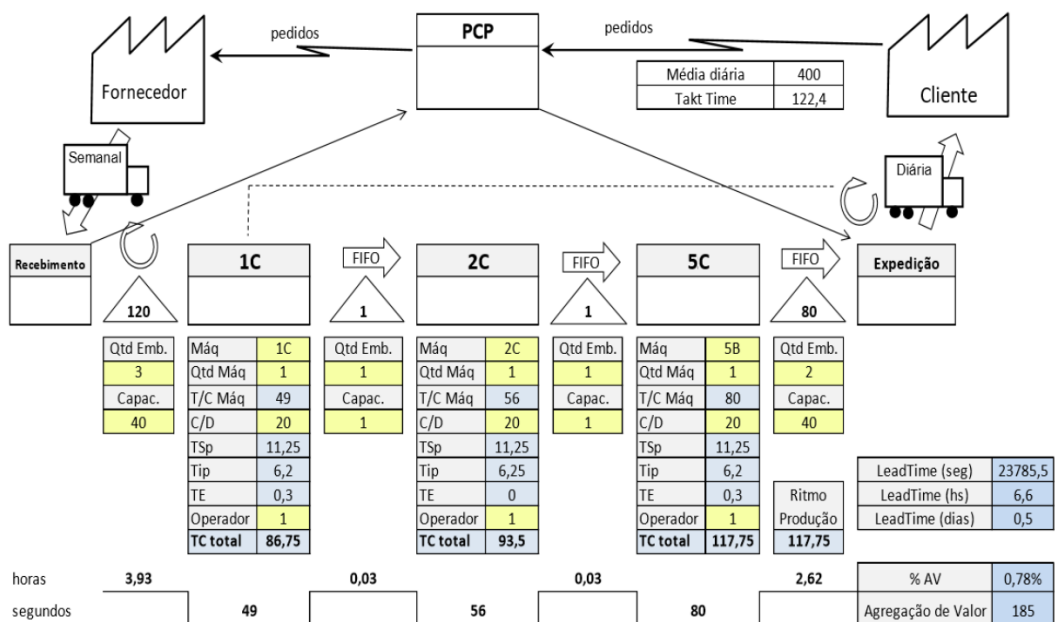


Figura 45 - Mapa de Fluxo de valor alterado

Realizando novamente os cálculos baseado nos inputs deste novo mapa, pode-se calcular a nova produção que o modelo deverá apresentar após as melhorias efetuadas no chão de fábrica. O novo indicador está representado na Figura 46.

RESULTADOS DAS MELHORIAS (ROUNDS)		ENGENHO Simulações	
REFERÊNCIAS		Inicial	Final
LEAD TIME (horas)		79,1	6,6
CAPACIDADE DE PRODUÇÃO		9.533	8.731,0
VENDAS	QUANTIDADE FATURADA AO CLIENTE	8400	8400
	PREÇO (\$)	25,00	25,0
	FATURAMENTO (\$)	210.000	210.000,0
CUSTOS E DESPESAS (\$)	MÃO DE OBRA	22.800	5.700
	MATÉRIA PRIMA	84.000	84.000
	ESTOQUE EM PROCESSO - WIP	26.400	2.000
	FERRAMENTAL	51.240	51.240
	MANUTENÇÃO	7.392	7.392
	EMPILHADEIRAS	21.000	7.000
	REJEIÇÃO	0	0
	INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS	20.000	20.000
	FINANCIAMENTO DE EQUIPAMENTO	0	0
CUSTOS + DESPESAS + INVESTIMENTOS (\$)		232.832	177.332
CUSTO POR UNID. (\$)		27,72	21,11
RESULTADOS FINANCEIROS	LUCRO (\$)	-22.832	32.668
	LUCRO (%)	-10,9%	15,6%

Figura 46 - Novo cálculo de capacidade

Um total de 8731 peças deve ser extraído do modelo em célula, após o round de melhoria do sistema, calculando, este número representa um total de 218 caixas produzidas. Novamente poderá ser consultado no modelo 3D analisando a estatística da fila de saída no modelo, exemplificado na Figura 47.

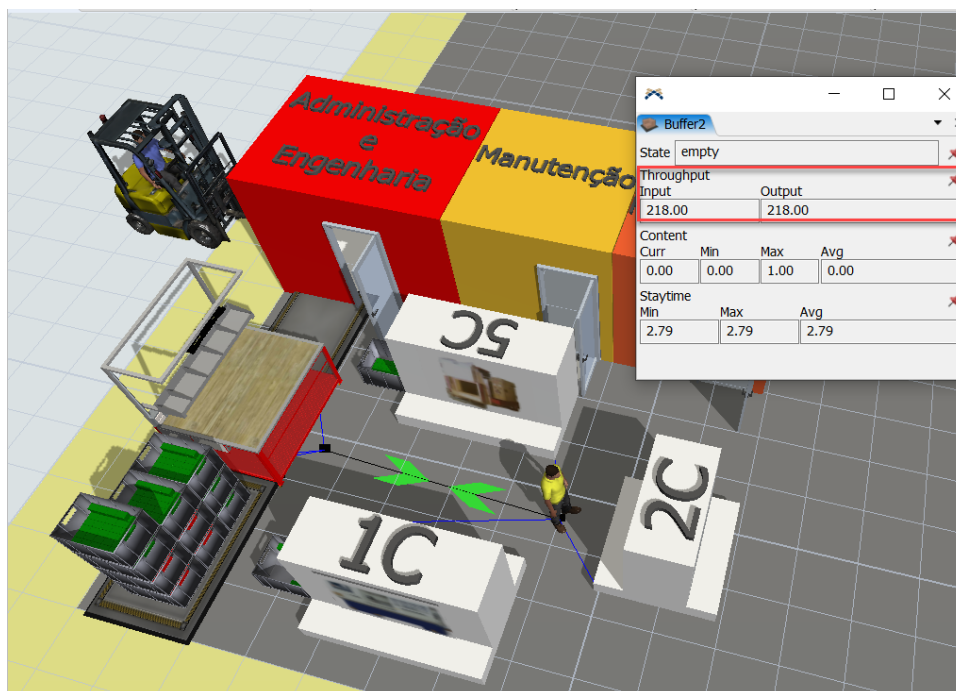


Figura 47 - Resultado modelo célula

Mesmo apresentando um número menor de caixas produzidas, é possível observar que o custo reduzido com mão de obra, empilhadeira e estoque compensam no valor final, gerando um lucro para a fábrica.

FINALIZADO

Parabéns, você concluiu com êxito a execução do modelo simples do Lean Board Game. Com estes modelos você pôde analisar a diferença que a montagem de layout, adoção de estratégias e redução de procedimentos podem impactar no resultado final de uma simulação. Para explorar mais estes fatores, fique à vontade para alterar os tempos e dados do modelo e analisar as mudanças que ocorrem no decorrer da simulação.

Para uma leitura mais aprofundada deste case e do case completo, acesse o artigo publicado em <http://www.informs-sim.org/wsc16papers/299.pdf>