

AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE RECEBIMENTO E DESCARGA DE GRANITO POR VIA TERRESTRE UTILIZANDO SIMULAÇÃO EM EVENTOS DISCRETOS ESTUDO DE CASO: TERMINAL PRIVATIVO DE USO MISTO DE PRAIA MOLE

Felipe Varnier Vieira

Thiara Cezana Gomes

Rodrigo de Alvarenga Rosa

Universidade Federal do Espírito Santo –UFES

Departamento de Engenharia de Produção

RESUMO

O projeto analisa o recebimento e descarga de granito por via terrestre no Terminal Privativo de Uso Misto de Praia Mole, Vitória-ES, a fim de buscar pontos de melhoria e a conseqüente redução do tempo de atendimento dos meios de transporte envolvidos no processo em estudo. Os conceitos e teorias baseiam-se na simulação de eventos discretos com utilização do *software* ARENA para modelagem computacional. O estudo tem início com o entendimento do processo por meio de entrevistas com funcionários da empresa, além de observações não-participantes. Em seguida, há o mapeamento de fluxos e posterior coleta de tempos dos processos e dos intervalos entre chegadas das entidades. A partir disso, é feito o desenvolvimento e implementação do modelo para o cenário atual. Após a análise dos resultados são propostos dois novos cenários como forma de melhoria para redução do tempo de atendimento e permanência dos veículos no terminal.

Palavras-chave: Simulação. Armazenagem. Portos. Logística

ABSTRACT

This project analyses the receipt and unloading of granite by land in the Private Terminal Mixed-Use of Praia Mole, Vitoria-ES, to persuit areas for improvement and the consequent reduction of means of transport service time involved in the study. The concepts and theories are based on discrete event simulation by using ARENA software for computer modeling. The study initiates with the comprehension of the process through interviews with company employees and non-participant observations. After that, the elaboration of the flow mapping and subsequent collection of processes and intervals times between arrivals of the entities is done. Therefore, the development and implementation of the model for the current scenario is done. After analyzing the results, two new scenarios are suggested as a way of improvement to reduce the service time and permanence of vehicles in the terminal.

Keywords: Simulation. Storage. Ports. Logistics.

1. INTRODUÇÃO

Segundo RICARTE (2002) enquadram-se na classificação de custos logísticos todo e qualquer custo que se relaciona de alguma maneira a logística da organização, sejam eles custos de armazenagem, pedido, transporte, estoque ou de quebra de estoque. Tais custos representam 5 a 35% das vendas, ou seja, uma participação representativa dentro do universo de gastos de uma empresa. Portanto, saber administrá-los de forma inteligente é um passo decisivo para o sucesso ou fracasso de uma organização.

É nesse cenário que surgem as diversas possibilidades de melhoria para a atividade portuária. O Brasil possui um setor portuário que movimenta anualmente cerca de 700 milhões de toneladas de diferentes cargas e responde por mais de 90% das exportações (SECRETARIA DE PORTOS DO GOVERNO FEDERAL).

O Terminal de Produtos Siderúrgicos de Praia Mole (TPS), em Vitória-ES, por meio da edição da Lei nº 8630 de 1993 passou a operar na modalidade mista, ou seja, os proprietários possuem a liberdade de movimentar cargas de terceiros nas suas instalações, além da obrigatoriedade de cargas próprias. Vale salientar que, nesse caso, enquadram-se em cargas próprias os produtos siderúrgicos fabricados nas usinas das três empresas constituintes e, em cargas de terceiros podemos citar os blocos de granito, por exemplo. Tamanha é a importância desse último nicho que em 2010 a empresa analisada movimentou mais cargas de terceiros

que produtos siderúrgicos. Foram 946.970 toneladas do primeiro, contra 650.000 toneladas do segundo (USIMINAS, 2010).

Nesse âmbito cresce a importância do trabalho. Trata-se da avaliação do processo de recebimento e descarga de blocos de granito por via terrestre no Terminal de Praia Mole utilizando simulação em eventos discretos. Segundo BUSTAMANTE, terminais são pontos dinâmicos constituídos de infra-estrutura e instalações voltadas aos sistemas de transportes de forma a otimizar as operações de carga, descarga, concentração e dispersão e, conseqüentemente, reduzir o tempo de permanência dos veículos transportadores, sejam eles carretas, vagões e/ou navios, na área de abrangência do terminal, culminando, assim, na redução do custo operacional do processo, da quantidade de cargas paradas dentro das áreas de estoque e no tempo de espera do navio no berço. Para a realização da análise será utilizada a técnica de simulação discreta, com apoio de uma modelagem feito no *software* ARENA, versão 12.0.

2. MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE SISTEMAS

PEDGEN (2004) conceitua simulação como o processo de projetar um modelo computacional de um sistema real e conduzir experimentos com este modelo com a finalidade de compreender seu comportamento, ponderando as melhores estratégias de operação. Já BLANKS (2005) afirma que simulação é a imitação da operação de um processo do mundo real ao longo do tempo. Quer seja feita à mão ou em computador, a simulação envolve a geração de uma história artificial de um sistema e a observação desta pra desenhar interfaces de acordo com as características operacionais do sistema real.

À técnica de analisar um modelo que descreva o comportamento de um sistema utilizando um computador é chamada por PRADO (2004) de simulação. Dentre suas utilidades está a compreensão de características de sistemas por meio do conhecimento de outro similar. Pode-se concluir que a simulação é uma ferramenta lógica e matemática utilizada para execução de análises de sistemas reais, dando suporte à tomada de decisão.

FREITAS FILHO (2008) divide os sistemas para modelagem e simulação em modelos estáticos e modelos dinâmicos. Os sistemas estáticos representam o sistema em um momento determinado. Já nos sistemas dinâmicos o modelo e suas variáveis evoluem e, modificam-se ao longo do tempo. O foco do presente estudo são os sistemas dinâmicos. Os mesmos subdividem-se em determinísticos e aleatórios. Nos determinísticos, não há dependência entre o sistema e qualquer variável probabilística (aleatória). E nos aleatórios, o sistema possui dependência de variáveis probabilísticas. Isto é, os estados futuros das variáveis podem ser descritos, mas não predeterminados. Por fim, FREITAS FILHO (2008) divide os sistemas aleatórios em contínuos e discretos. Nos primeiros, o domínio de valores assumidos pelas variáveis é contínuo, por exemplo, o conjunto de números reais. Já nos sistemas dinâmicos aleatórios discretos, as variáveis assumem valores em um domínio de valores finitos ou enumeráveis. As mudanças de estado não acontecem de forma contínua e, sim, em pontos discretos do tempo.

Alguns trabalhos na área de terminais portuários e/ou simulação computacional utilizando *software* ARENA merecem destaque para o estudo deste artigo, são eles: MORAIS (2001), ROSA (2009), VIEIRA (2005).

3. METODOLOGIA

O modelo de simulação proposto está sendo aplicado no Terminal de Produtos Siderúrgicos de Praia Mole, Vitória-ES, na empresa condômina USIMINAS, que dentre suas atividades, efetua o embarque de blocos de granito. O intuito é analisar e propor melhorias no processo de recebimento e descarga de granito por via terrestre. Para isso, fez-se a análise dos processos envolvidos, mapeamento de fluxos, entrevistas, coleta e tratamento de dados, além da modelagem no software ARENA. Nesse estudo são considerados três cenários denominados:

- *Cenário Atual*: cenário vigente durante a coleta de dados.
- *Cenário 1*: Aumento da capacidade da linha férrea e eliminação do processo de juntar carretas. A capacidade da linha férrea é dobrada, pois no cenário atual, os blocos de granito são estocados em apenas uma área de armazenagem no terminal, que é abastecida por apenas uma linha férrea. Além disso, para diminuir o tempo de atendimento das carretas, foi proposta a eliminação da atividade de juntar uma quantidade de cinco carretas para iniciar o processo no terminal. Deste modo, as carretas iniciariam o processo assim que chegassem ao porto.
- *Cenário 2*: Manter as alterações do cenário 1 e incluir o aumento da capacidade da Empilhadeira 2. Sabe-se que essa empilhadeira realiza outros tipos de serviços para outros produtos além do granito, por isso possui um tempo aleatório de indisponibilidade. Neste cenário, é proposto que a Empilhadeira 2 fique inteiramente a disposição da descarga de vagões. Ademais, é proposto para este cenário uma redução do tamanho da composição para três vagões, ao invés de seis, a fim de reduzir o tempo de fila.

3.1. Coleta e Tratamento de Dados

Dentre os dados necessários para construção do modelo, listam-se: informações a respeito do mapeamento do fluxo de chegada, pesagem e descarga de pedras de granito no terminal. Além dos tempos necessários para execução da modelagem e simulação.

Para a atividade de mapeamento de fluxo utilizou-se observação simples e entrevistas com colaboradores e especialistas. Já os tempos referentes a cada atividade que compõem o processo de recebimento e armazenagem de granito no Porto de Praia Mole foram coletados em intervalos aleatórios durante um período de dois meses. A medição dos tempos foi feita utilizando o cronômetro e câmeras filmadoras instaladas pela própria empresa. As câmeras proporcionaram um aumento do número de observações, durante um intervalo menor. Além disso, a realização de observações nos diferentes turnos de trabalho: matutino, vespertino e noturno. Os intervalos entre chegadas de carretas foram coletados segundo uma ficha de controle feita por um anotador da empresa que preenche os horários de chegada de cada carreta na fila da balança do terminal. Os intervalos de chegadas de vagões, bem como os tempos de recebimento e liberação dos mesmos, foram coletados por meio de relatórios disponibilizados pelo TPS.

Após coleta, fez-se análise dos dados para busca de casos discrepantes de coleta. Posteriormente, há a utilização do analisador de dados de entrada (*Input Analyser*) do ARENA para auxiliar na identificação da curva matemática que mais se ajusta a massa de dados de cada processo.

3.2. O processo operacional e o desenvolvimento do modelo de simulação

Para melhor entendimento busca-se dividir o macro-processo em partes e explicá-las uma a uma, tomando nota tanto dos detalhes do processo, quanto dos detalhes específicos da construção do modelo no ambiente ARENA. As subdivisões foram: Chegada de Carretas,

Chegada de Vagões, Pesagem, Liberação de Entrada de Carretas, Descarga de Carretas-Linha1, Entrada e Saída de Vagões no Porto, Descarga-Linha 2. A seguir o detalhamento de cada uma das etapas do processo de modelagem no *software* ARENA para o *Cenário Atual*. A figura 1 demonstra um esquema simplificado da operação de atendimento das carretas e vagões carregados com blocos de granito para melhor entendimento do processo que será detalhado a seguir.

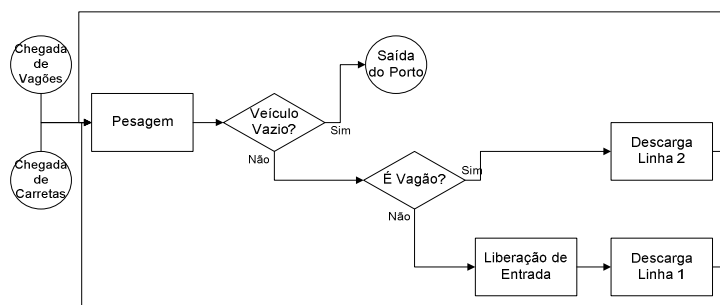


Figura 1: Fluxo Simplificado do Processo

Chegada de Carretas:

A primeira parte do modelo (figura 2) diz respeito à chegada da entidade carreta para entrada no TPS que obedece a uma distribuição $-0.001 + WEIB(0.358, 0.378)$, com valores em horas. Neste início é registrado o horário em que as carretas chegam ao terminal utilizando o módulo “Assign” Declara Lead Time de Carretas, para posteriormente calcular o tempo de atendimento das carretas. As carretas recebem um atributo que determina a quantidade de carga que estão transportando, 75% das carretas possuem dois blocos de granito e 25% apenas um bloco. Utiliza-se o módulo “Decide” para separar o atributo das carretas que possuem dois blocos e as que possuem um bloco de acordo com o percentual observado.

No início do processo, caso não haja carretas dentro do porto realizando os processos de descarga, espera-se juntar um quantidade de cinco carretas para a liberação de entrada no processo. Isso acontece, para que não seja solicitada a utilização da empilhadeira para uma quantidade pequena de carretas, visto que as empilhadeiras são alugadas pelo operador do terminal. Caso já existam carretas dentro do porto, as carretas podem seguir a diante sem a necessidade de esperar juntar as cinco carretas para dar início ao processo.

Dois módulos de decisão foram utilizados para construir essa lógica. O primeiro verifica se existem carretas em processo, caso seja falso, as carretas esperam na fila de Juntar 5 Carretas, caso contrário, o outro módulo verifica se não existem carretas previamente esperando na fila de Juntar 5 carretas, caso seja falso as carretas esperam na fila do processo Espera Juntar 5 Carretas, que junta uma quantidade fixa de cinco carretas para dar início ao atendimento no porto. No caso de verdadeiro, as entidades seguem para a Pesagem. Vale ressaltar que este segundo módulo de decisão é utilizado, pois o primeiro módulo considera todas as carretas criadas até o momento, inclusive as que estão na fila aguardando a junção, por isso é preciso saber se já existem carretas na fila. Esse lote é separado através do processo Separa Carretas para que as entidades sigam para a Pesagem.

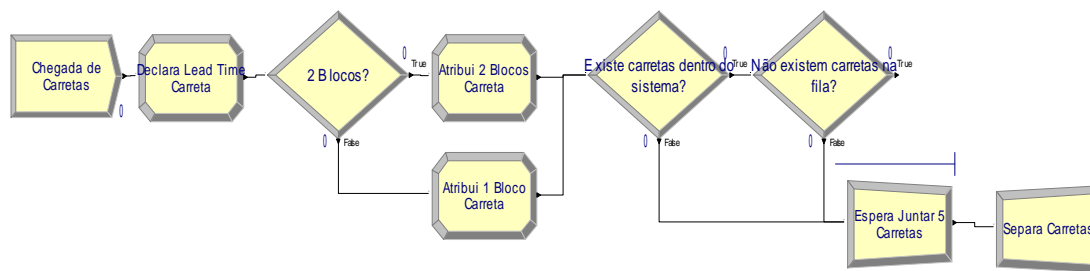


Figura 2: Modelo no ambiente ARENA para Processo de Chegada de Carretas

Chegada de Vagões:

Além da chegada de carretas, no início do modelo ocorre a criação de vagões que irão para o pátio de seqüenciamento do TPS. Essa entidade é criada com base em uma distribuição exponencial $3 + \text{EXPO}(30.5)$, com valores em horas. A quantidade de vagões a cada chegada é criada com base em uma distribuição grama $1.5 + \text{GAMM}(6.19, 1.41)$ vagões. Neste início é registrado o horário em que os vagões chegaram ao terminal utilizando o módulo “Assign” Declara Lead Time Vagão, para que, ao final do processo, o cálculo do tempo de estadia dos vagões no sistema seja calculado. Em seguida, são criados os atributos de carga, que determinam a quantidade de blocos de granito que cada vagão contém. Por meio de observações constatou-se que 69% dos vagões chegam carregados com dois blocos, 19% com três blocos e 12% com quatro blocos de granito. Um módulo de decisão foi utilizado para separar os vagões de acordo com a quantidade de blocos que possuem, além disso, foram utilizados três módulos “Assign” para atribuir a quantidades diferentes de blocos para cada vagão que chega ao porto.

Posteriormente, esses vagões são agrupados em lotes de seis, formando uma composição, visto que o tracionador tem capacidade para tracionar no máximo seis vagões. Esse processo é realizado no módulo Juntar Vagões como pode ser visto na figura 3. Uma vez que o lote está formado, a empresa responsável pela operação faz a solicitação de manobra que leva um tempo representado por uma distribuição triangular com valor mais provável de 10 minutos, com mínimo de 5 e máximo de 10 minutos para ser executada. A distribuição triangular foi utilizada de acordo com a experiência dos profissionais que realizam a tarefa, pois não se tem dados históricos do tempo gasto para essa atividade.

Depois da solicitação de manobra, o módulo *Seize* Linha Férrea ocupa o recurso linha férrea para que seja feita a manobra de composição (figura 3). O tempo de manobra da composição é definido de acordo com uma distribuição triangular com tempo mais provável de 10 minutos, tempo mínimo de 5 e máximo de 15 minutos, criada com base na percepção dos funcionários que realizam a manobra. A partir desse ponto o módulo *Alterar Prioridade Vagao* adiciona um atributo prioridade com um valor alto para que os vagões possam ter prioridade na fila do processo de pesagem. Então, as entidades seguem para a Pesagem que será descrita a seguir.

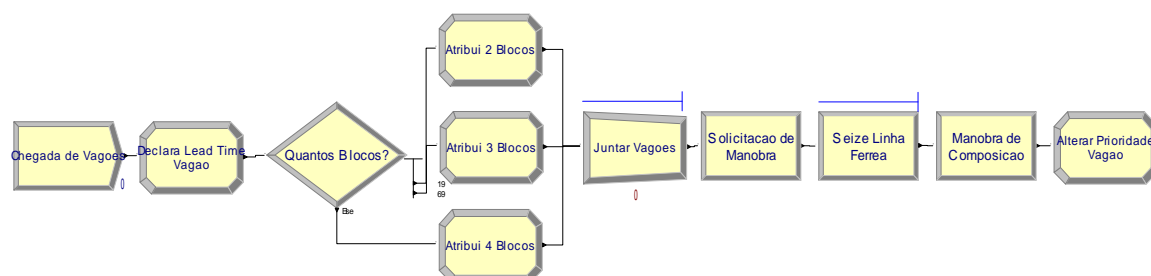


Figura 3: Modelo no ambiente ARENA para Processo de Chegada de Vagões

Pesagem

Após a entrada de carretas e vagões no sistema, as entidades se dirigem ao processo de Pesagem (figura 4). A balança é ocupada por uma entidade de cada vez por meio do módulo *Seize Balanca*. Vale observar que neste caso, os vagões possuem prioridade na fila. Neste ponto, um módulo de decisão é utilizado para separar as duas entidades, pois elas possuem tempos de pesagem diferentes. Se a entidade for vagão, o tempo de pesagem da composição é calculado de acordo com tempo de pesagem de cada vagão vezes seis, que é a quantidade de vagões de uma composição. Este tempo de pesagem obedece a uma distribuição Lognormal $1 + \text{LOGN}(2.27, 1.89)$, com valores em minutos. Se a entidade for carreta, o tempo de pesagem obedece a uma distribuição $0.15 + \text{WEIB}(2.4, 1.92)$, com valores em minutos. As distribuições foram geradas por meio de dados coletados de observações do processo de pesagem. Dois módulos “*Delay*” foram utilizados para realizarem o tempo gasto na pesagem de cada entidade.

Depois da pesagem, o recurso balança é liberado pelas entidades por meio do módulo “*Release*” (figura 4). A partir desse momento, as carretas seguem para a liberação de entrada enquanto os vagões são manobrados diretamente para a segunda linha de descarga, pois não precisam passar por aquele processo.

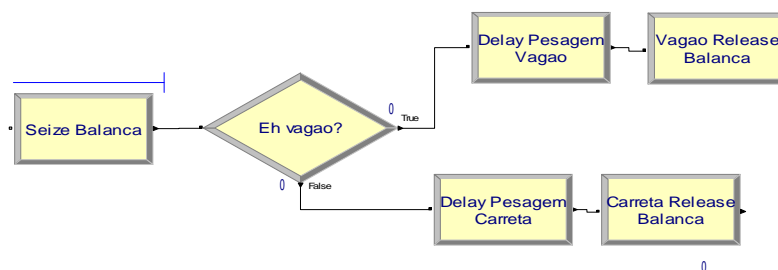


Figura 4: Modelo no ambiente ARENA para Processo de Pesagem

Liberação de Entrada de Carretas

Nesta etapa é importante ressaltar que as carretas passam pelo processo de pesagem mais de uma vez. A primeira pesagem ocorre com a carreta carregada. Cada vez que a carreta descarrega um bloco na área de armazenagem do porto, ela precisa retornar para uma nova pesagem. Deste modo, é possível calcular o peso dos blocos que estão sendo descarregados. Por exemplo, se a carreta estiver carregada com dois blocos, ela passará pelo processo de pesagem três vezes: a primeira quando estiver com a carga completa, a segunda quando estiver com apenas um bloco e a última quando estiver vazia. Por isso, nessa parte do modelo, foi incluído um módulo de decisão que verifica se as carretas estão vazias após a última pesagem. Se estiverem vazias, o módulo Grava Tempo Processo Carreta grava o tempo total de atendimento das carretas no terminal.

Pode-se observar na figura 5 outro módulo de decisão que verifica se o tempo de atendimento foi maior que cinco horas, caso seja verdadeiro, o módulo Conta Carretas faz a contagem das carretas que ultrapassaram esse tempo. Depois de coletar as estatísticas as carretas são dispostas do sistema. Se as carretas estiverem carregadas, elas irão passar pelo processo de Liberação de Entrada, onde são verificadas as condições de segurança da carreta e do motorista. Para este processo, é alocado o recurso Cabine, obedecendo a uma distribuição normal com média 2,31 minutos e desvio padrão de 0,774. Posteriormente, esta cabine é liberada pelo módulo “*Release*” para que a entidade possa se dirigir à área de descarga.

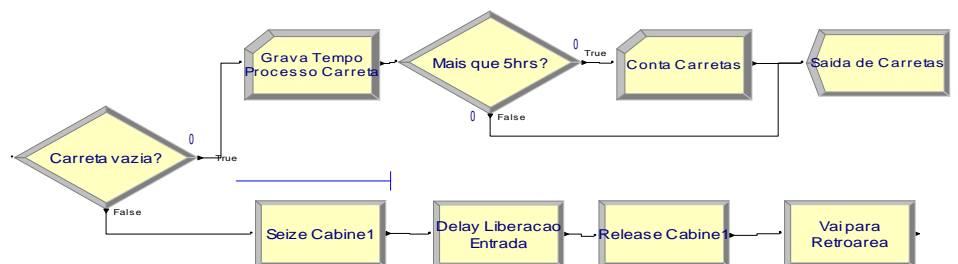


Figura 5: Modelo no ambiente ARENA para Processo de Entrada de Carretas Cabine

Descarga de Carretas – Linha1

A figura 6 refere-se à primeira linha de descarga de blocos de granito, onde são descarregadas as carretas que passaram pela pesagem. O primeiro módulo de decisão verifica se existem mais de vinte carretas nas filas dentro do sistema, sem considerar as carretas que possam já estar na segunda linha de descarga. O segundo módulo verifica se existem vagões dentro do sistema para serem atendidos. Caso existam mais de vinte carretas nas filas do sistema, e caso não existam vagões na segunda linha de descarga, as carretas em excesso na primeira linha são transferidas para a segunda linha depois de ser adicionado um atributo de prioridade para que elas possam ter prioridade quando retornarem a fila da balança. No caso alguma das duas condições descritas anteriormente não forem atendidas, as carretas seguem para descarga na primeira linha.

Na sequência do modelo, a carreta aloca a Empilhadeira1 por meio do módulo *Seize* Empilhadeira1 e sofre o processo de descarga do bloco. O tempo deste processo é representado por uma distribuição $2 + \text{LOGN}(5.73, 5.08)$, com valores em minutos e está inserida no módulo Descarga Empilhadeira1. Após cada descarga é utilizado um módulo “Assign” para diminuir o atributo que quantifica os blocos que a carreta está transportando. Além disso, outro módulo “Assign” é utilizado para alterar o atributo de prioridade das entidades que já foram descarregadas.

Nas filas dos recursos balança e empilhadeira terão maior prioridade as carretas que foram previamente descarregas. Após a alteração desses atributos as carretas seguem novamente para a balança e quando estiverem vazias, serão dispostas do sistema.

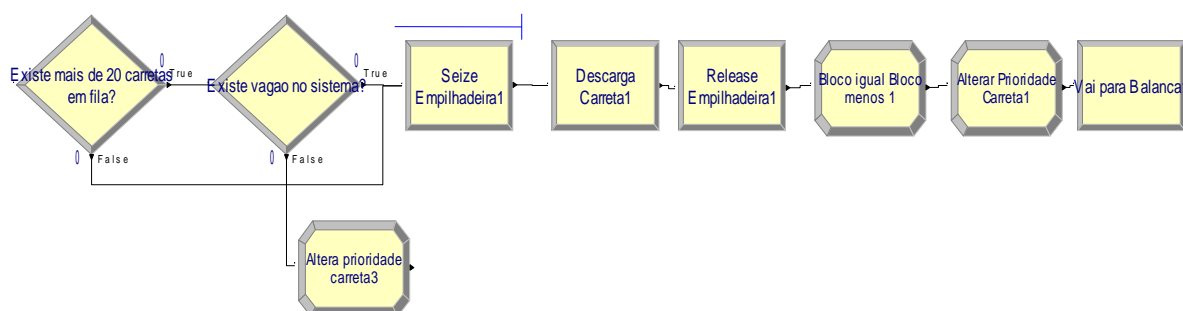


Figura 6: Modelo no ambiente ARENA para Processo de Descarga de Carretas Linha 1

Entrada e Saída de Vagões no Porto

Assim como as carretas, os vagões passam pelo processo de pesagem em duas fases. A primeira consiste na pesagem dos vagões que chegaram ao porto para descarga. A segunda fase consiste em pesar os vagões vazios que já foram descarregados. Isso é feito para que se possa calcular o peso da carga que foi armazenada no porto. Um módulo de decisão foi inserido nesta etapa para verificar se os vagões que foram pesados estão vazios, como

observado na figura 7. Neste caso, a composição de vagões irá liberar o recurso linha férrea por meio do módulo “*Release*” para que outros vagões possam entrar no porto. Nesta parte do modelo são geradas as estatísticas e o tempo de processo do vagão é gravado. Caso seja maior que vinte e quatro horas, que é o tempo máximo para o não pagamento de estadia, é feita uma contagem de quantas unidades precisaram pagar estadia. Essa verificação é feita por um módulo de decisão e para a contagem foi utilizado um módulo “*Record*” (figura 7). Após gravar as estatísticas, os vagões são liberados para sair do sistema.

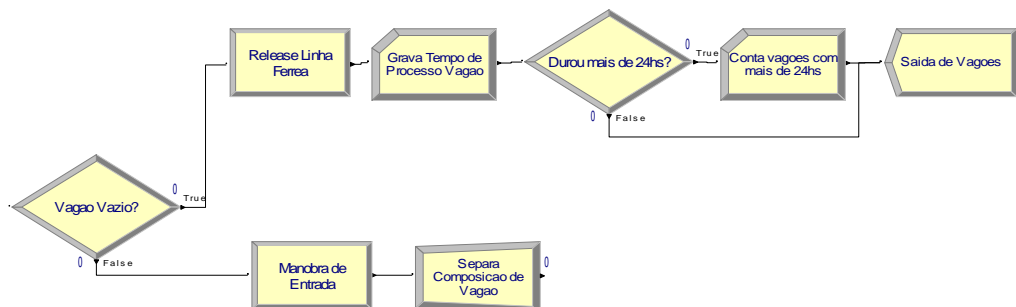


Figura 7: Modelo no ambiente ARENA para Processo de Entrada e Saída de Vagões no Porto

No caso dos vagões que estão entrando carregados no porto, é realizada a operação de Manobra de Entrada, que irá manobrar a composição até a retroárea do porto onde será feita a descarga. Essa manobra obedece a uma distribuição exponencial $5 + \text{EXPO}(24.2)$, com valores em minutos, obtida por meio de dados históricos do Relatório de Controle de Trens. Depois de terminada a manobra, o lote de vagões é desmembrado pelo módulo Separa Composição de Vagões para que possa ser feita a descarga de cada vagão separadamente.

Descarga Linha 2

Na parte referente à segunda linha de descarga, as entidades que passam por ela podem ser tanto vagões como carretas previamente pesados. Neste caso, as carretas são transferidas para essa segunda linha caso haja excesso de carretas na primeira linha de descarga, como explicado anteriormente. Após a entidade ocupar o recurso Empilhadeira 2 (figura 8) por meio do módulo “*Seize*”, foi utilizado um módulo de decisão que verifica se a entidade é vagão. Isso foi feito, pois, assim como na pesagem, vagões e carretas possuem tempos de descarga diferentes. No caso da entidade ser vagão, ela passará pelo processo de Descarga de Vagão. Por meio de observações feitas dos tempos de descarga de cada bloco, foi possível gerar uma distribuição $2 + \text{LOGN}(5.73, 5.08)$, com valores em minutos. O tempo de descarga de cada vagão é calculado com base na quantidade de blocos que foi atribuída no início do modelo, multiplicada pela função de distribuição de descarga de blocos.

Após serem descarregados, os vagões liberam o recurso empilhadeira e são juntados novamente em uma composição para que possam ser manobrados até a saída da retroárea. Antes da operação de manobra, é utilizado um módulo “*Assign*” para atribuir a condição de vagão vazio, para que a composição possa ser pesada novamente e sair do sistema. A manobra de saída da composição até a área de pesagem ocorre num tempo representado pela distribuição triangular com valor mais provável de 25 minutos, valor mínimo de 20 e máximo de 30 minutos.

No processo de descarga de carretas na segunda linha, a distribuição do tempo de descarga foi gerada por meio de observações do processo. O tempo é representado pela distribuição $2 +$

LOGN(5.73, 5.08), com valores em minutos e está inserida no módulo Descarga Carreta2. Depois de terminada a descarga da carreta, esta libera o recurso Empilhadeira2. Nesta parte é inserido um módulo “Assign” para atribuir uma prioridade para as carretas que já foram descarregadas, assim como acontece na primeira linha de descarga. A partir disso, as entidades retornam para serem pesadas novamente.

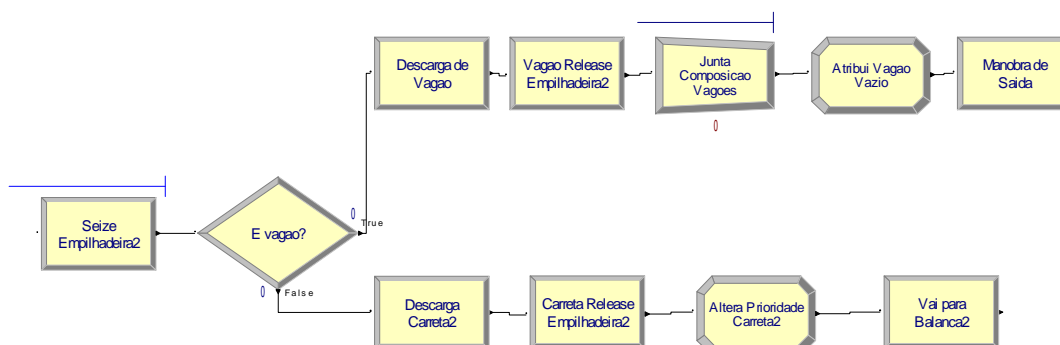


Figura 8: Modelo no ambiente ARENA para Processo de Descarga Linha 2

3.4. Parâmetros da Simulação

O modelo em estudo foi simulado no *software* ARENA com os seguintes parâmetros: noventa dias de simulação, representando um período de três meses, com cinco replicações. Dentre os parâmetros utilizados nos recursos está o módulo de dados “Schedule” para criação dos turnos de trabalho dos recursos, já que o recurso linha férrea trabalha sem interrupções de escala de trabalho. As empilhadeiras e a balança possuem um sistema de operação baseado em três turnos de oito horas cada, sendo que há uma paralisação de uma hora para a realização dos procedimentos de troca de turno.

O módulo de dados “Failure” é utilizado para tratar do tempo de manutenção das empilhadeiras. A manutenção acontece a cada quinze dias durante quatro horas. Ademais, sabe-se que o recurso Empilhadeira 2 também atende outros tipos de operações além da descarga de granito. Assim, o tempo de indisponibilidade dessa empilhadeira foi estimado de acordo com a experiência dos profissionais que trabalham nessa atividade, gerando uma função de distribuição triangular com tempo mais provável de 7 horas, mínimo de 5 e máximo de 9 horas de indisponibilidade. O intervalo de ocorrência desse fato também foi estimado com um tempo mais provável de 12 horas, mínimo de 6 e máximo de 18 horas para a ocorrência dessa indisponibilidade. O mesmo acontece com a Linha Férrea que também é utilizada para atender a operação de outros produtos, por isso, sua indisponibilidade também foi gerada de acordo com uma função de distribuição triangular com o tempo mais provável de 2 horas, mínimo de 1 e máximo de 3 horas de indisponibilidade. O intervalo de ocorrência deste fato acontece segundo uma função triangular com valor mais provável de 10 horas, mínimo de 8 e máximo de 12 horas.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1. Análise dos Resultados do Cenário Atual

Primeiramente, o que se pretende analisar é o tempo de atendimento das carretas e dos vagões. Estipula-se como um nível de serviço adequado para o atendimento de carretas no terminal no máximo cinco horas, pois períodos superiores a esse resultam em reclamações por parte das transportadoras. No caso dos vagões, a empresa que os transporta até o terminal disponibiliza a utilização dos mesmos para a descarga durante um período de vinte e quatro horas. A partir deste tempo é cobrada uma taxa de dezoito reais por hora para cada vagão que

ultrapasse este tempo. Por isso, é importante que a empresa que opera o terminal devolva os vagões em um tempo máximo de vinte e quatro horas para evitar o pagamento extra pelo tempo de estadia dos vagões.

No período simulado, foram atendidos em média 818 vagões, com um tempo médio de atendimento de 24,3 horas. O tempo médio foi acima de 24 horas, tempo máximo permitido para a isenção de pagamento de estadia de vagões. Além disso, 222 vagões ultrapassaram o tempo máximo de atendimento e estariam sujeitos ao pagamento de estadia, ou seja, 27,1% do total atendido. O tempo médio de atendimento das carretas foi de 3,71 horas, abaixo do tempo de cinco horas aceito pelas transportadoras. Porém, 177 carretas ultrapassaram o tempo aceito, isso representa um percentual de 9,7% do total de carretas atendidas. Ou seja, quase 10% das carretas não são atendidas dentro do nível de serviço oferecido pela empresa.

Tabela 1: Tempo Médio de Fila para cada Processo – Cenário Atual

Processo	Tempo Médio de Fila (h)
Espera Juntar 5 carretas	3,98
Juntar Vagões	8,33
Linha Férrea	9,4
Balança	0,12
Cabine 1	0
Empilhadeira 1	0,33
Empilhadeira 2	2,79
Junta Composição de Vagões	1,63

Por meio da tabela 1, pode-se verificar que a maior tempo de espera foi na fila para ocupar o recurso linha férrea, onde os vagões esperam em média 9,4 horas. Além desta fila, também merece destaque a fila de juntar vagões, que teve um tempo médio de 8,33 horas para que os vagões sejam juntados em lotes de seis vagões para iniciarem o processo. A fila de espera para juntar uma quantidade de cinco carretas para iniciar o processo das carretas também foi considerável, com um tempo médio de 3,98 horas para as entidades que necessitaram passar por esta fila. Vale ressaltar que não são todas as carretas que passam por essa fila, esta fila só é utilizada quando não há carretas em operação, fazendo ser necessário juntar uma quantidade de cinco carretas para dar início ao processo.

4.2. Comparação entre Cenários

Resultados do Cenário 1

A simulação deste cenário foi realizada com os mesmos parâmetros da simulação do cenário atual, considerando um período de noventa dias, com cinco replicações. Ganhos consideráveis foram obtidos no tempo médio de atendimento das entidades. Ambos os tempos diminuíram, com uma relevância maior para o atendimento de carretas, onde o tempo de atendimento diminuiu aproximadamente 75,7% em relação ao cenário atual, passando para um tempo de 0,9 horas. Os vagões tiveram uma redução de 20,6% no tempo de atendimento, obtendo um tempo total médio de 19,3 horas. Neste cenário, um percentual de 14,7% de vagões estão sujeitos ao pagamento de estadia, pois ultrapassaram o tempo máximo de atendimento de vinte e quatro horas. Mesmo assim houve uma redução de 44% da quantidade de vagões que pagaram estadia em relação ao cenário atual.

Tabela 2: Tempo Médio de Fila para cada Processo – Cenário 1

Processo	Tempo Médio de Fila (h)
Juntar Vagões	8,82
Linha Férrea	2,56
Balança	0,08
Cabine 1	0
Empilhadeira 1	0,15
Empilhadeira 2	4,25
Junta Composição de Vagões	1,57

É possível perceber que a utilização de outra linha férrea para realizar a descarga dos vagões de granito, fez com que houvesse uma redução considerável no tempo médio de fila para a ocupação desse recurso. Esse tempo que é de 9,4 horas no cenário atual, passa a ser de 2,56 horas. Apesar dessa redução, houve um aumento no tempo médio de fila da Empilhadeira 2, que passou para um valor de 4,25 horas. No caso das carretas, ao retirar o processo de juntar cinco carretas, além de eliminar a fila gerada por esse processo, foi possível reduzir todas as outras filas dos recursos da primeira linha de descarga, pois esse processo faz com que aumente a quantidade média de entidades nas filas. Isso justifica o a redução considerável no tempo total médio de atendimento das carretas.

Resultados do Cenário 2

A simulação do Cenário 2 também considera um período de noventa dias, com cinco replicações. As modificações feitas aconteceram apenas na linha de descarga de vagões. Por isso, somente houve diferenças de resultados expressivas para a entidade vagão. O tempo de atendimento médio dos vagões sofreu uma redução de 59% do tempo em relação ao cenário atual. Ademais, apenas 40 vagões ultrapassaram o tempo permitido de vinte e quatro horas, 3,7% do total de vagões atendidos.

Tabela 3: Tempo Médio de Fila para cada Processo – Cenário 2

Processo	Tempo médio de fila (h)
Juntar Vagões	3,36
Linha Férrea	2,88
Balança	0,09
Cabine 1	0
Empilhadeira 1	0,17
Empilhadeira 2	0,83
Junta Composição de Vagões	2,06

Os tempos médios de cada fila estão representados na tabela 8. É interessante notar que a diminuição no tamanho do lote de vagões juntados no início do processo, fez com que o tempo médio de fila reduzisse consideravelmente para 3,36 horas, um decréscimo de mais da metade do valor em relação aos outros cenários. Outra modificação que gerou bons resultados, foi o aumento da capacidade da empilhadeira, fazendo o tempo médio de fila deste recurso reduzir para 0,83 horas.

Outros diversos tipos de modelos podem ser criados para diminuir o tempo de operação. Porém, esse dois cenários foram escolhidos para estudo, a fim de aprimorar o serviço prestado no terminal.

5. CONCLUSÕES

O trabalho utilizou a técnica de simulação de eventos discretos para avaliar, analisar e propor melhorias para redução do tempo de atendimento de carretas e vagões durante o processo de descarga de granito no TPS. O uso da simulação permitiu a análise e, posterior, tomada de decisão a partir da possibilidade de criação de distintos cenários, com parâmetros diferentes dos encontrados no cenário vigente, por meio do ambiente computacional do *software* ARENA. A aplicação do modelo permitiu a coleta de dados estatísticos relacionados a tempos de processos e filas e quantidades de entidades atendidas acima do tempo máximo permitido. Deste modo, foi possível avaliar as etapas do processo que estavam gerando as maiores perdas de tempos ao atendimento.

Para o desenvolvimento dos novos cenários e conseqüente melhoria no atendimento de carretas e vagões, é necessário que sejam feitos novos estudos para verificar a viabilidade das mudanças e fornecer maior auxílio para tomada de decisão. O trabalho propõe ainda a realização de novos estudos nos quais há o desdobrando das operações para as demais cargas que são movimentadas no porto, assim como, à ampliação do modelo para abranger todas as operações TPS, e não somente os processos de chegada, pesagem e descarga.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANKS, J., **Discrete-event System Simulation**, 4ª Ed., Upper Saddle River, New Jersey, 2005.
- BUSTAMANTE, José de C., **Apostila de Terminais de Transportes de Carga**. Universidade Federal do Espírito Santo - Núcleo de Logística e Transporte (NULT). Vitória, s.d..
- FREITAS FILHO, Paulo José de. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas**. 2. Ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.
- MORAIS, Marcos Antônio Colombo. **Análise da operacionalidade do terminal de produtos siderúrgicos do Porto de Praia Mole: comparativo de resultados da teoria de filas e simulação computacional**. Monografia Curso de Especialização Logística em Transportes – Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2001.
- PEGDEN, C. D., R. E. SHANNON, E R. P. SADOWSKI, **Introduction to Simulation Using SIMAN**. 2a ed. Nova York: McGraw-Hill, 2004.
- PRADO, Darci Santos do. **Usando o arena em simulação**. 2a ed. Belo Horizonte: Ed. Desenvolvimento Gerencial, 2004.
- PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL – Lei número 8.630/1993. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/18630.htm>. Acesso em: 05 abril 2011.
- RICARTE, Marcos Antônio Chaves. **A importância dos custos logísticos na cadeia de suprimentos**. São Paulo: Widesoft Sistemas, 2002.
- ROSA, Rodrigo de Alvarenga (2009). **Modelo de simulação aplicado à avaliação de capacidade dos recursos de um terminal ferroviário**.
- SECRETARIA DE PORTOS DA PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA (SEP/PR). Disponível em: <<http://www.portosdobrasil.gov.br/>>. Acesso em: 27 abril 2011.
- USIMINAS. **Relatório de Performance**. Vitória, 2010.
- VIEIRA, Daniel Seda. **Estudo operacional do terminal de contêineres de Vila Velha – ES, utilizando simulação e recursos de otimização**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2005.

Felipe Varnier Vieira(felipevvieira@hotmail.com)

Thiara Cezana Gomes(thiaracezana@hotmail.com)

Rodrigo de Alvarenga Rosa (rodrigorosa@ct.ufes.br)

Departamento de Engenharia de Produção, Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo
Avenida Fernando Ferrari s/nº, Campus Universitário UFES – Goiabeiras, CEP 29060-970,
Vitória, ES.