

UTILIZAÇÃO DE FERRAMENTAS DE PESQUISA OPERACIONAL PARA A REDUÇÃO DO TEMPO DE DESCARREGAMENTO DA MADEIRA NO PÁTIO DE UMA FÁBRICA DE CELULOSE

Autor: Adelaide de Andrade Sales¹

Centro Universitário do Leste de Minas Gerais – Unileste MG¹

RESUMO

As organizações buscam cada vez mais alternativas para tornar o seu processo produtivo mais eficiente, por isso utilizam de ferramentas para determinar a melhor maneira de operar um sistema. Uma das mais poderosas ferramentas disponíveis para a modelagem e análise de problemas é a simulação que permite imitar o funcionamento de um sistema real em um computador e analisar diversas alterações no cenário virtual sem custo e risco de atuar no cenário atual. O presente trabalho buscou utilizar ferramentas de pesquisa operacional para reduzir o tempo de descarregamento da madeira no pátio da fábrica de celulose, e demonstrar formas de melhorar o tempo de descarregamento, reduzir gargalos e melhorar o fluxo interno a partir da aplicação da simulação. O sistema foi simulado por meio do software Arena, partindo dos dados coletados no pátio de madeira. Os resultados obtidos na simulação auxiliaram na proposta de um novo cenário para melhorar as condições e a eficiência do processo e propor melhorias de modo a reduzir os gargalos tornando o processo mais eficiente.

Palavras-chaves: Simulação. Fluxo de Madeira. Arena.

INTRODUÇÃO

As organizações enfrentam inúmeros problemas, como o mau dimensionamento do espaço, tempo ocioso, transporte ineficiente, movimentação desnecessária e por isso buscam cada vez mais alternativas para tornar seu sistema produtivo mais eficiente.

Para melhorar seus métodos de produção, as organizações buscam diversas alternativas, Lustosa *et al.* (2008) ressalta que a pesquisa operacional e os métodos de simu-

lação são constantemente empregados para melhorar o desempenho das organizações. Segundo Andrade (2004), a Pesquisa Operacional trata-se de um método científico de tomada de decisões que consiste na descrição de um sistema organizado com o auxílio de um modelo que pode utilizar a experimentação e simulação para determinar a melhor maneira de operar um dado sistema.

A simulação é um método que busca montar um modelo que represente a atividade a ser melhorada, com o intuito de eliminar ou melhorar toda e qualquer operação desnecessária, e obter o método mais rápido e eficiente de execução da tarefa (CHWIF; MEDINA, 2006).

Para tratar de problemas como a redução do tempo de descarregamento da madeira, um processo que se inicia diante da fila para a pesagem do veículo vindo do campo para a fábrica, e encerra-se com a saída na balança, mas que enfrenta uma variação de tempo, devido a flutuações que ocorrem durante a atividade, o emprego da simulação traz pouco risco em relação à experimentação no sistema real e tem capacidade de suportar de maneira confiável as flutuações estatísticas (GONÇALVES, 2004).

Dessa forma, após uma visita ao pátio de madeira de uma empresa de celulose, vislumbrou-se a possibilidade de realizar um estudo de caso, cuja direção do departamento de logística em referência possuía interesse em avaliar a possibilidade de melhorar as condições e a eficiência do descarregamento no pátio.

São recebidos em média na empresa 542 veículos diários, e com a redução de tempo deve-se diminuir consideravelmente o volume de veículos na portaria da empresa e tornar o recebimento fiscal e físico menos movimentado e mais ágil.

De acordo com Freitas Filho (2008) apesar de a simulação ser uma ótima ferramenta de análise é preciso conhecer suas vantagens e desvantagens.

Vantagens:

- uma vez criado o modelo de simulação pode ser utilizado várias vezes para avaliar projetos;
- a simulação é, geralmente, mais fácil de aplicar do que métodos analíticos, pois esses métodos requerem um número muito grande de simplificações para torná-los matematicamente tratáveis;
- o tempo pode ser controlado, permitindo produzir fenômenos de maneira lenta ou acelerada, para que possa melhor estudá-los;
- pode-se compreender melhor quais variáveis são mais importantes em relação ao desempenho e como as mesmas interagem entre si e com os outros elementos;
- identificação de gargalos.

Desvantagens:

- a construção do modelo requer treinamento especial;
- os resultados da simulação, muitas vezes, são de difícil interpretação;
- a modelagem e a experimentação associadas a modelos de simulação consomem muitos recursos, principalmente tempo.

A Simulação de Eventos Discretos é utilizada para modelar sistemas que mudam o seu estado em momentos discretos

no tempo, a partir da ocorrência de eventos, o modelo de simulação consegue capturar com grande fidelidade as características de natureza dinâmica e aleatória de um sistema real, procurando repetir em um computador o mesmo comportamento que o sistema apresentaria quando submetido às mesmas condições de contorno (CHWIF; MEDINA, 2006), por meio de uma sequência de passos para a simulação que podem ser observados na Figura 1.

Dado um sistema, pode-se construir uma representação simplificada das diversas interações entre as partes desse sistema. Um modelo é uma abstração da realidade, aproximando-se do verdadeiro comportamento do sistema, mas sempre mais simples do que o sistema real. Os sistemas reais, geralmente, apresentam uma maior complexidade devido, principalmente, a sua natureza dinâmica (que muda seu estado ao longo do tempo) e a sua natureza aleatória (que é regida por variáveis aleatórias) (HILLIER; LIEBERMAN, 2010).

O objetivo deste trabalho é encontrar as possíveis alternativas para reduzir as variações de tempo de descarregamento de madeira no pátio da empresa estudada, com o intuito de reduzir o tempo de descarregamento da madeira por meio da utilização de análise estatística e de simulação computacional e, conseqüentemente, melhorar a movimentação interna de madeira.

O presente trabalho justifica-se como forma de agilizar o fluxo de madeira entregue na fábrica, da entrada a saída do transportador rodoviário, ou seja, melhorar o tempo de descarregamento, reduzir gargalos e melhorar o fluxo interno.

Segundo Prado (2004) e Paragon (2013), os modelos são

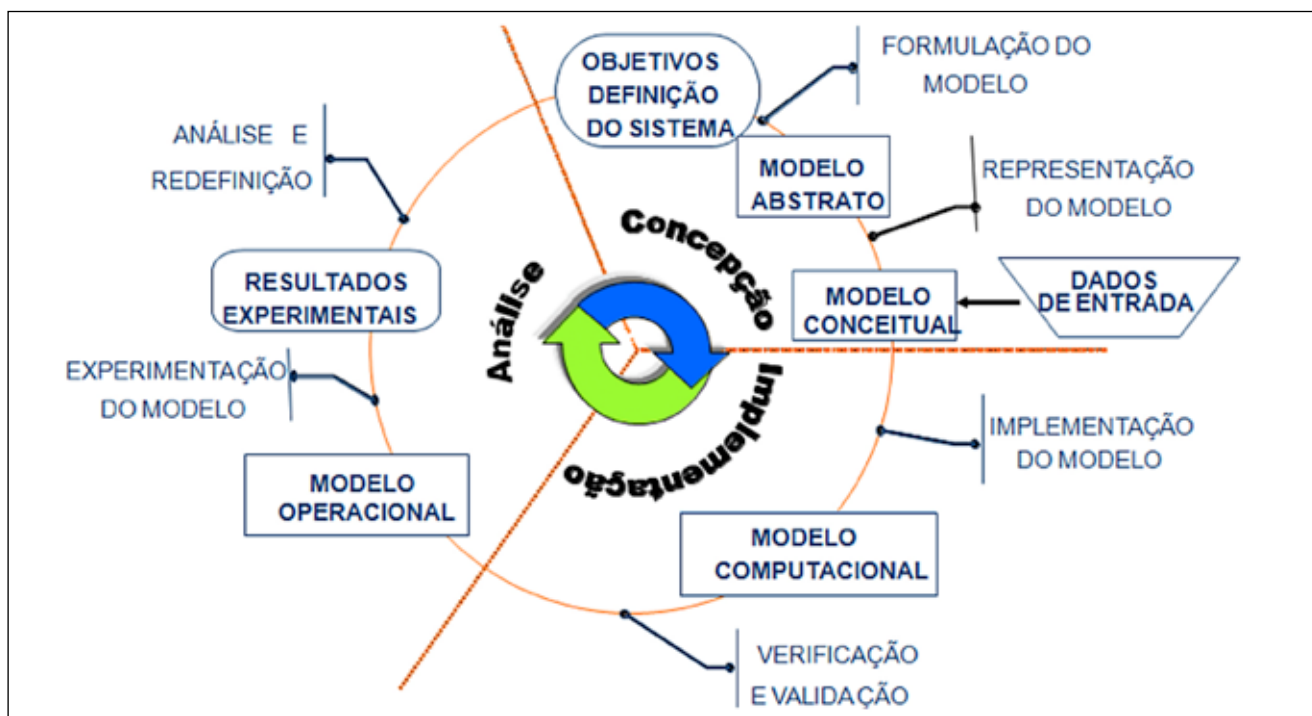


Figura 1. Sequência de passos para a simulação

Fonte: Chwif e Medina (2006)

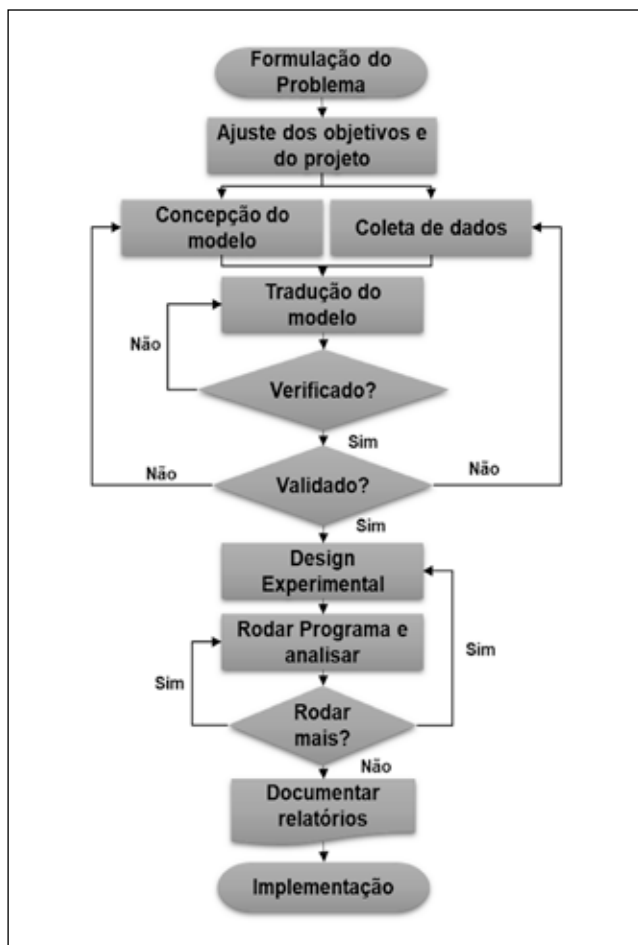


Figura 2. Etapas de um estudo de uma simulação
 Fonte: Arquivo do autor

utilizados para resolver problemas que seriam muito caros em uma solução experimental. A construção de um modelo pode visar à solução de um problema específico dentro de um sistema. Assim, pode existir um número variado de modelos para um mesmo sistema, cada modelo respeitando as características de um problema particular, e os resultados para este mesmo sistema pode variar. As etapas de um estudo de uma simulação são mostrados na Figura 2.

MÉTODOS

O trabalho caracterizou-se como uma pesquisa exploratória. Este tipo de pesquisa tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses (GIL, 2010).

O trabalho foi desenvolvido por meio de um levantamento bibliográfico em livros, artigos, jornais, pesquisas publicadas e relatórios corporativos da empresa, documentários e outras fontes, referentes à simulação, estatística e ao processo de distribuição de madeira em uma fábrica de celulose.

O estudo de caso foi aplicado a uma fábrica de celulose, localizada no leste do estado de Minas Gerais, Brasil.

A madeira de eucalipto, sua principal matéria-prima, é cultivada nas próprias terras da empresa distribuídas em 46 municípios do estado de Minas Gerais, a uma distância média de 106 km da fábrica.

A pesquisa foi aplicada ao fluxo de descarregamento de madeira no pátio da empresa. A amostra do presente estudo restringiu-se a dados referentes a 228 ciclos de descarregamento, no período de sete meses, envolvendo a participação de funcionários da empresa onde o estudo foi aplicado e funcionários de empresas de transporte terceirizadas. Os dados necessários foram coletados juntamente com motoristas, operadores e recebedores.

Os dados foram tratados e apresentados por meio de gráficos, tabelas e figuras, visando uma melhor visualização e compreensão a respeito do assunto em estudo, para construção do modelo de simulação.

Para resolução do problema proposto, foi utilizado um Notebook Itautec, processador Core I5 – 2410M, 2.30 GHz e 4 GB de memória RAM. O modelo foi implementado e resolvido pelo software Arena. Os dados de entrada foram transformados em distribuições de probabilidade para que as informações fossem utilizadas no ARENA.

A empresa em questão utiliza madeira curta e longa, com e sem casca, e madeira de energia, que se refere à madeira com algum problema se proveniente referente à contaminação fúngica, ou se o diâmetro e a densidade dos toretes não se enquadrarem dentro das dimensões da madeira curta ou longa, assim a madeira não é encaminhada para o processo de produção de celulose, mas utilizado como energia para a fábrica. Esta madeira é proveniente das regiões de Guanhães, Santa Bárbara, Piracicaba, Cocais e Belo Oriente.

O estudo de tempos e movimentos do ciclo de descarregamento foi realizado com quatro tipos de composições veiculares: Bitrem, Tritrem, Rodotrem e Truck.

O descarregamento de madeira na fábrica ocorre por meio de guias de descarga ou por ponte rolante, sendo que as guias podem ser: Caterpillar 320C, Liebherr 934 ou 944 e Sonnebogen 735.

O descarregamento da madeira pode ocorrer diretamente na mesa dos picadores, ou em um dos pátios intermediários.

O ciclo de descarga inicia-se com a espera para a pesagem do caminhão ainda do lado de fora da empresa.

A pesagem do veículo carregado com a madeira acontece na balança rodoviária localizada na portaria da empresa. O condutor registra a entrada do caminhão no sistema: placa, número da série da nota e peso. Emite-se o “vale balança” e depois o caminhão é encaminhado para o Recebimento de Madeira.

Logo depois da pesagem o condutor do veículo se encaminha para o setor de recebimento onde ocorre a troca da nota e o próprio motorista desamarra a carga do caminhão.

No recebimento, conferem-se as Notas de Transporte

de Madeira (NTM), verificando a placa do caminhão, tipo de madeira, procedência da fonte (certificada ou controlada) e se há informações quanto à necessidade de reclassificação da madeira.

Nesse momento, o encarregado de pátio de madeira, baseado na informação contida na nota de movimentação da madeira, sobre tipo da madeira (madeira com ou sem casca ou madeira de energia), orienta o motorista para o destino de descarregamento que pode ser em um dos pátios ou nas mesas dos picadores: 01, 02, 03, 04, 05 e 06.

Antes de passar pelo *Logmeter* para a medição dos toretes de madeira, o motorista deve realizar uma análise visual das condições da carga.

A passagem pelo *Logmeter* visa a medição dos toretes de madeira através do uso de laser, por isso, é necessário a passagem ser vagarosa, não ultrapassando 5 Km/h, caso haja alguma passagem brusca, o condutor deverá realizar a passagem pelo equipamento novamente. Logo depois, o motorista dirige-se para a área de descarga.

A descarga pode ser realizada diretamente na mesa do picador ou em uma das pilhas no pátio. De acordo com o local de descarregamento, podem ser utilizados quatro tipos de equipamentos: Liebherr 934 e 944, Sonnebogen 735, Caterpillar e ponte rolante.

A limpeza da carroceria é o próximo passo do ciclo que ocorre com o objetivo de prevenir acidentes e manter as estradas limpas. Sendo assim o motorista e auxiliares disponíveis limpam o assoalho dos caminhões retirando resíduos.

Logo depois, se houver necessidade de abastecer, os motoristas encaminham os caminhões ao posto de combustível da empresa – geralmente esta parte do ciclo não acontece em todas as viagens –, variando de acordo com a necessidade. Em seguida, encaminhando-se para a balança.

Para finalizar o ciclo de descarga, os motoristas direcionam os caminhões para a balança, verificam a tara do veículo, descontando o peso do diesel, caso tenha realizado o abastecimento, finalizando o ciclo de descarga da madeira. O fluxograma do processo de descarga pode ser visualizado na Figura 3.

A coleta dos dados no pátio foi realizada na empresa e consistiu na escolha dos caminhões na chegada ao pátio e seu acompanhamento passando por todas as etapas da ficha de coleta. Os tempos foram anotados no início e fim do ciclo e consistidos com o somatório das etapas parciais que compunham cada ciclo dos caminhões, uma vez coletados os dados foram lançados na planilha de análise.

A coleta foi feita por meio da cronometragem, cuja finalidade é a determinação dos tempos através de levantamentos cronométricos, com o objetivo de determinar a quantidade de tempo necessária para se executar uma tarefa, medindo o tempo de trabalho gasto em suas operações.

Foram divididos os principais elementos das operações, analisando-os separadamente e, a seguir, cronometrados.

O tempo foi lido, rapidamente, ao mesmo tempo em que se observava o término da execução da operação lançando-o na folha de controle, para que o cronômetro pudesse ser disparado novamente para a próxima operação.

Uma etapa muito importante da cronometragem é a sua preparação, convém preparar o motorista psicologicamente a fim de que ele tenha confiança, sabendo que não é o seu trabalho que está sendo observado. É importante que o cronometrista pelos seus atos e palavras faça diminuir as reações que qualquer ser humano experimenta quando suas ações estão sendo examinadas.

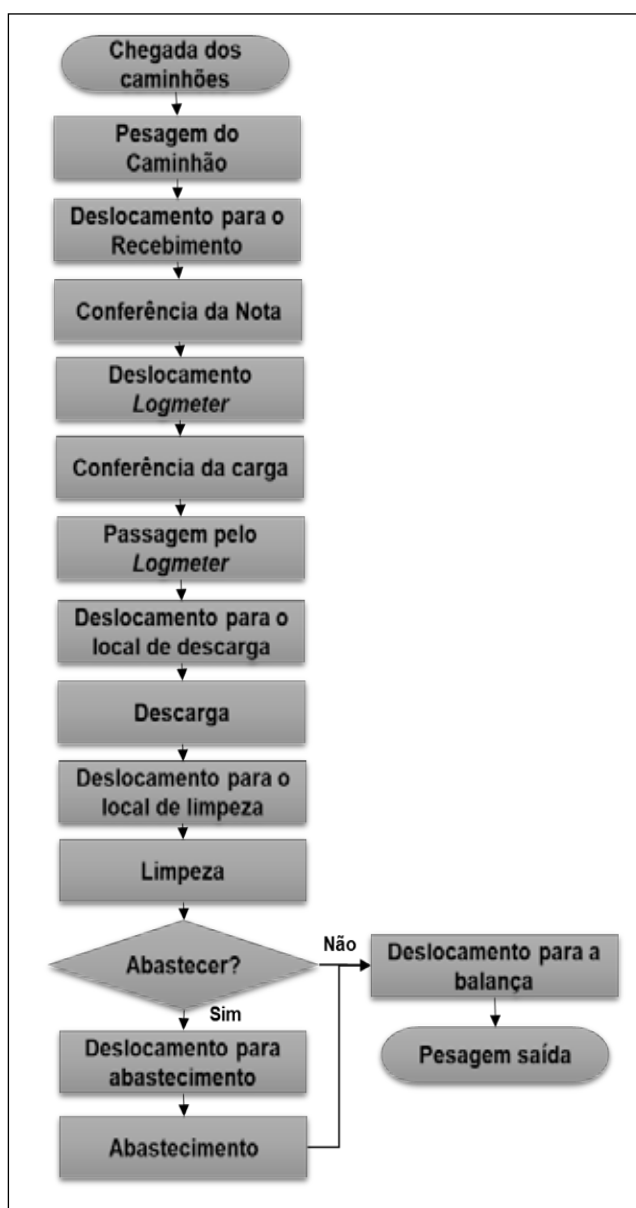


Figura 3. Fluxograma do processo de descarga

Fonte: Arquivo do autor

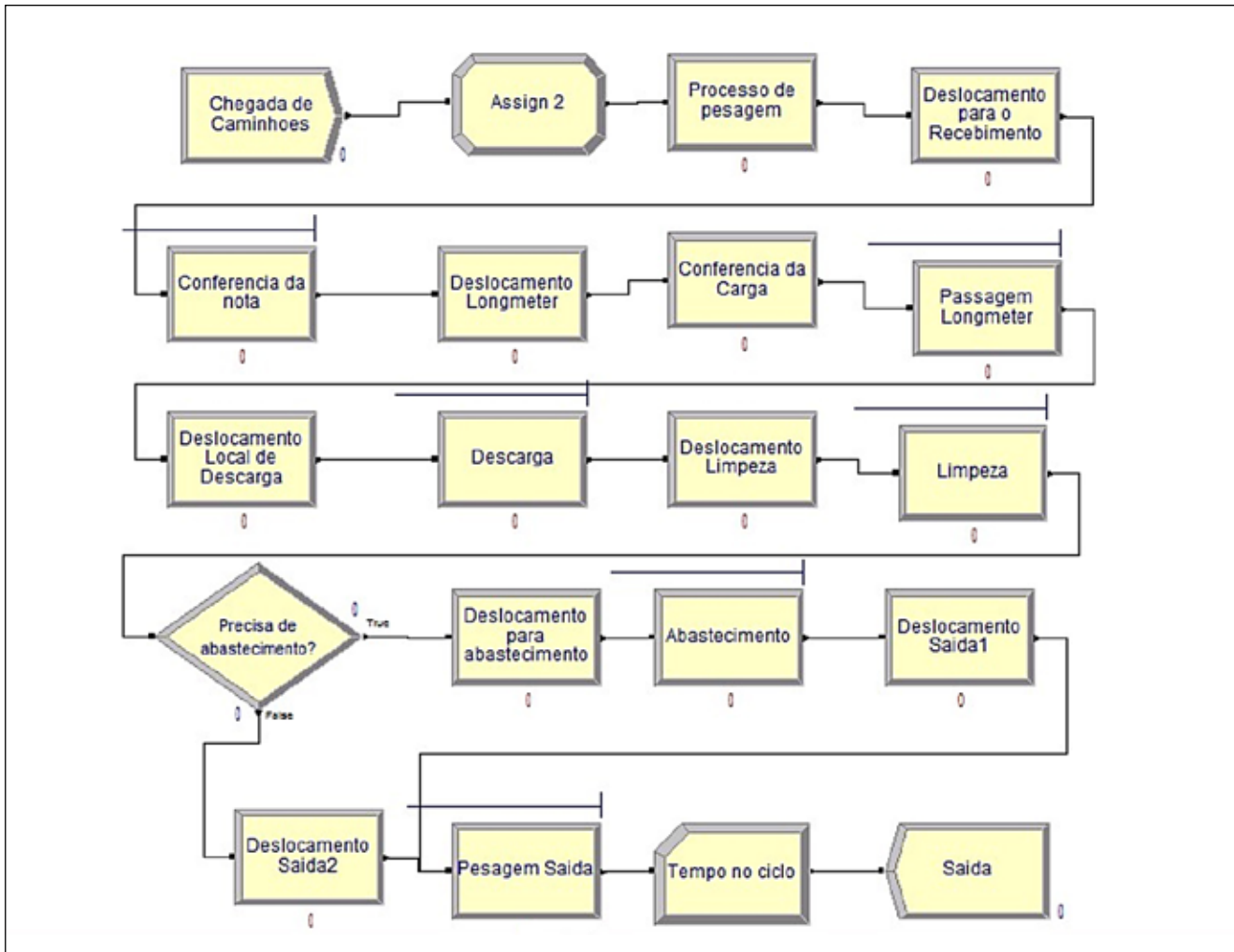


Figura 4. Modelo computacional do ciclo de descarga da madeira

Fonte: Arquivo do autor

Construiu-se o modelo computacional através de blocos de modelagem. O modelo matemático foi construído por meio de blocos de modelagem: os módulos de fluxo e os módulos de dados. Os módulos de fluxo descrevem a lógica do processo de maneira mais visual possível, enquanto os módulos de dados não aparecem diretamente no modelo, sua função é inserir as especificações de cada elemento do fluxo (PARAGON, 2014). Para a construção do modelo matemático foram utilizados os blocos:

Create: ponto de partida para o modelo, neste foram inseridos os intervalos de tempos em que são criadas as entidades e o tipo de entidades;

- *Process*: cria o processo ou serviço prestado à entidade;
- *Dispose*: retira as entidades do sistema, é o bloco “fim” de todo o projeto de simulação;
- *Decide*: permite a modelagem de processos de tomada de decisão no sistema;
- *Assign*: altera o valor de algum parâmetro ou variável do modelo;

O modelo apresentado foi simplificado, uma vez que as gruas e locais de descarga eram múltiplos, o que interfere no tempo do ciclo de descarga, essa simplificação se deve ao fato de o software utilizado ser um modelo limitado para estudantes. O modelo computacional do ciclo de descarga de madeira criado no software Arena é apresentado na Figura 4.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados coletados foram separados por etapas do ciclo de descarga e posteriormente transformados em arquivos de texto para posterior utilização da ferramenta *Input Analyser*. Feito isso, a ferramenta propõe um tipo de distribuição que melhor se aplica a sequência de valores coletados. Vale lembrar que essa ferramenta também propõe outras distribuições secundárias, que podem ser utilizadas de acordo com a necessidade do usuário.

Tabela 1: Dados coletados expressos em distribuição de probabilidade

Etapa da coleta de dados	Tipo de Distribuição	Expressão (em segundos)
Taxa de chegada	Log Normal	15 + LOGN(322, 487)
Processo de pesagem	Erlang	22+ERLA (25.7,3)
Deslocamento para recebimento	Gama	-0.001 +GAMM (24.4, 4.31)
Conferencia da nota	Gama	59+GAMM (159,3.23)
Conferência da Carga	Beta	-0.5+97 * BETA (0.572, 1.17)
Deslocamento <i>Logmeter</i>	Normal	(48.5, 20.3)
Passagem <i>Logmeter</i>	Normal	(64.2, 19.3)
Deslocamento local de descarga	Beta	41+ 440*BETA (1.69, 3.52)
Descarga	Erlang	71+ERLA (145,3)
Deslocamento Limpeza	Triangular	(-0,001,143,308)
Limpeza	Normal	(199,81)
Deslocamento para abastecimento	Beta	-0.001+689*BETA (0.661,3.31)
Abastecimento	Beta	-0.001+1.27e+003*BETA (0.615,2.85)
Deslocamento Saída	Erlang	36 + ERLA (37.9, 2)
Pesagem Saída	Erlang	-0.001 + ERLA (23.7, 4)

Fonte: Arquivo do autor

Depois da coleta de dados foi utilizada a ferramenta *Input Analyser*, disponível no software Arena, para transformação dos dados coletados em distribuições de probabilidade, como pode ser visto na Tabela 1.

O primeiro cenário analisado correspondeu ao cenário real, conforme foi observado na coleta de dados, um cenário com dois funcionários atendendo no Recebimento, ou seja, realizando a troca de nota, e três guas de descarregamento (foram desconsideradas as guas que não eram utilizadas 100% do tempo). Para este cenário foi encontrado uma média de duração do ciclo de 1h07, mínimo de 19 minutos e máximo de 4h24.

No Cenário 1, observou-se que o maior tempo na fila foi encontrado na atividade de conferência da nota com um tempo de 197,21 minutos e o recurso que possuiu a maior taxa de utilização foi o funcionário do recebimento que teve uma taxa de 84,13%. Conforme é apresentado nas tabelas 2 e 3, respectivamente.

Para o Cenário 2 foi considerado o acréscimo de um funcionário no recebimento e mantido as três guas. Obteve-se assim uma média de duração do ciclo de 47 minutos, mínimo de 18 minutos e máximo de 1h58.

Para esse cenário, pode-se destacar que o maior tempo na fila foi encontrado na atividade de abastecimento com um tempo de 46,41 minutos e o recurso que teve a maior taxa de utilização foi o funcionário da limpeza, com uma taxa de 58,72% de utilização. Conforme é apresentado nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

Tabela 2. Tempo na fila para o Cenário 1

Atividade	Média (min)	Máximo (min)
Abastecimento	2,03	37,50
Conferência da nota	23,24	197,21
Descarga	0,28	17,02
Limpeza	1,71	25,56
Passagem <i>Logmeter</i>	0,06	2,16
Pesagem Saída	0,31	9,10
Processo de Pesagem	0,32	7,75

Fonte: Arquivo do autor

Tabela 3. Taxa de utilização dos recursos para Cenário 1

Recurso	Taxa de Utilização (%)
Balança Entrada	29,07
Balança Saída	27,82
Funcionário Recebimento	84,13
Funcionário Balança	29,07
Funcionário Limpeza	58,65
Funcionário Posto de Gasolina	41,08
Grua de Descarga	49,66
Logmeter	18,90

Fonte: Arquivo do autor

Tabela 4: Tempo na fila para o Cenário 2

Atividade	Média (min)	Máximo (min)
Abastecimento	2,56	46,41
Conferência da nota	2,12	37,58
Descarga	0,79	21,15
Limpeza	2,60	32,86
Passagem <i>Logmeter</i>	0,11	2,88
Pesagem Saída	0,36	10,25
Processo de Pesagem	0,32	8,79

Fonte: Arquivo do autor

Tabela 5: Taxa de utilização dos recursos para Cenário 2

Recurso	Taxa de Utilização (%)
Balança Entrada	29,26
Balança Saída	28,12
Funcionário Recebimento	56,49
Funcionário Balança	29,26
Funcionário Limpeza	58,72
Funcionário Posto de Gasolina	41,14
Grua de Descarga	49,89
<i>Logmeter</i>	19,02

Fonte: Arquivo do autor

Tabela 6: Tempo na fila para o Cenário 3

Atividade	Média (min)	Máximo (min)
Abastecimento	21,77	47,94
Conferência da nota	2,01	33,70
Descarga	9,13	95,35
Limpeza	1,56	18,45
Passagem <i>Logmeter</i>	0,11	3,16
Pesagem Saída	0,32	8,66
Processo de Pesagem	0,31	9,40

Fonte: Arquivo do autor

Tabela 7: Taxa de utilização dos recursos para Cenário 3

Recurso	Taxa de Utilização (%)
Balança Entrada	29,07
Balança Saída	27,80
Funcionário Recebimento	55,98
Funcionário Balança	29,07
Funcionário Limpeza	58,33
Funcionário Posto de Gasolina	41,10
Grua de Descarga	74,40
<i>Logmeter</i>	18,83

Fonte: Arquivo do autor

Simulou-se, também, um terceiro cenário, no qual foi considerado o acréscimo de um funcionário no Recebimento e a redução de uma grua de descarga. Com essa configuração o ciclo teve duração média de 54 minutos, mínimo de 19 minutos e máximo de 2h53.

Para este cenário, pode-se destacar que o maior tempo na fila foi encontrado na atividade de descarga com um tempo de 95,35 minutos e o recurso que teve a maior taxa de utilização foi o funcionário da limpeza com uma taxa de

58,33% de utilização. Conforme é apresentado nas tabelas 6 e 7, respectivamente.

Analisando-se os três cenários, percebe-se que o Cenário 2, com três funcionários e três gruas, apresenta o menor ciclo, o que demonstra uma redução de 28,89% no tempo médio do ciclo em relação ao cenário real. Já o Cenário 3 traz uma redução de 18,46% no tempo médio do ciclo, conforme demonstrado no comparativo entre os tempos do ciclo em cada cenário (Figura 5).

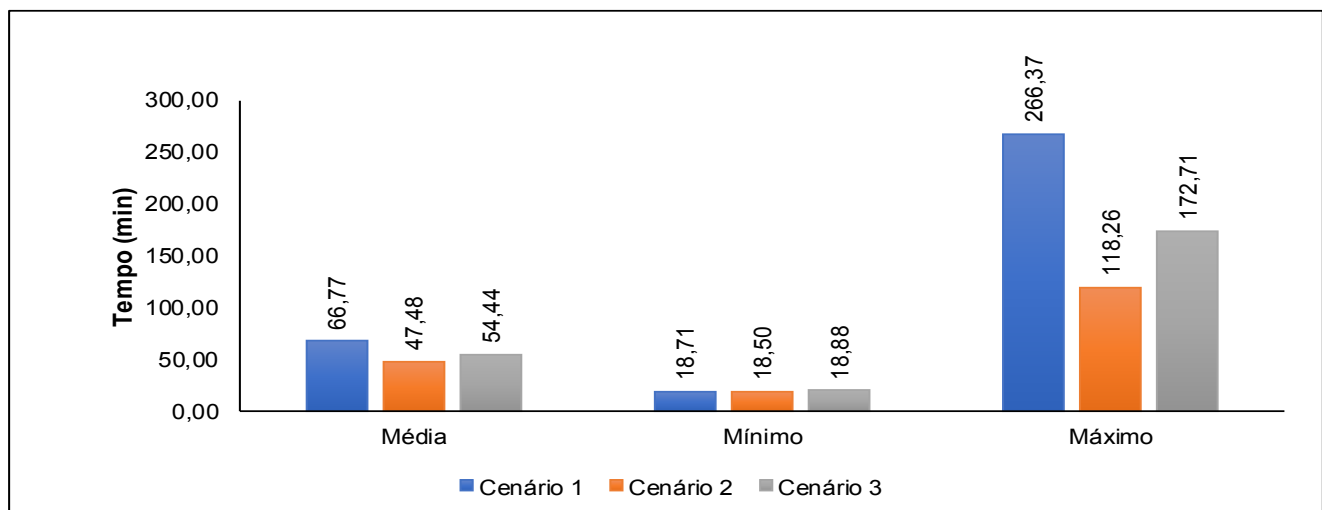


Figura 5. Comparativo entre os tempos do ciclo em cada cenário

Fonte: Arquivo do autor

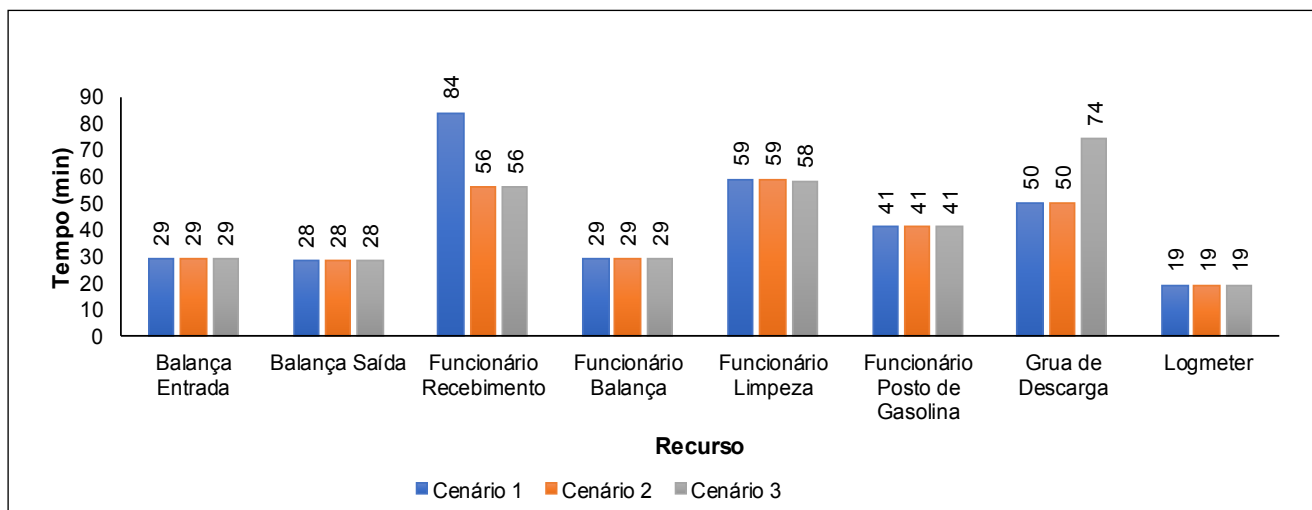


Figura 6. Comparativo entre as taxas de utilização em cada cenário

Fonte: Arquivo do autor

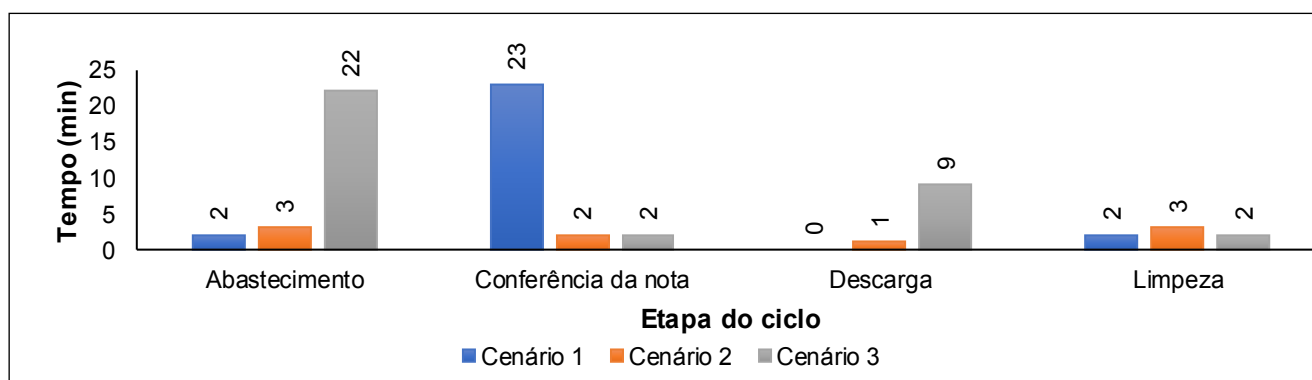


Figura 7. Comparativo entre os tempos de espera em cada Cenário

Fonte: Arquivo do autor

No entanto, a taxa de utilização dos funcionários do recebimento tanto no Cenário 2 como no Cenário 3 caem para 56%, já a taxa de utilização das gruas no Cenário 2 permaneceu inalterada, mas no Cenário 3 subiu de 50% para 74%, conforme dados apresentados no comparativo entre as taxas de utilização em cada cenário (Figura 6).

Por fim, comparando os tempos nas filas, tanto a proposta de Cenário 2 quanto no Cenário 3 apresentaram tempo de dois minutos, porém, no Cenário 3, com redução de uma grua, houve aumento no tempo de espera para descarga para 09 minutos, como pode ser analisado no comparativo entre os tempos de espera em cada cenário (Figura 7).

Sendo assim, a melhor mudança a ser empregada será a proposta do Cenário 2, com acréscimo de um funcionário no recebimento e mantendo as três gruas de descarga, o que representa uma redução de 28,89% do tempo médio do ciclo de descarga, e uma redução da taxa de utilização dos recursos, que é compensada pela redução de 21 minutos na etapa de conferência da nota.

CONCLUSÕES

O presente trabalho buscou, por meio do uso de ferramentas de pesquisa operacional, reduzir o tempo de descarregamento da madeira no pátio da fábrica de celulose da empresa estudada, e demonstrou formas de melhorar o tempo de descarregamento e reduzir gargalos. A coleta dos dados foi realizada e consistiu na escolha dos caminhões na chegada ao pátio e seu acompanhamento passando por todas as etapas da ficha de coleta. Os dados coletados foram separados por etapas do ciclo de descarga e transformados em arquivos de texto para posterior utilização da ferramenta *Input Analyser*, os dados foram utilizados na ferramenta *Arena* onde foram testados três cenários, visando a redução do tempo de descarregamento.

Comprovou-se que a utilização de softwares traz resultados mais expressivos para a tomada de decisão, pois auxilia na determinação de uma nova alternativa antes de modificar a estrutura real do sistema, facilitando assim a maximização do lucro da empresa e auxiliando na escolha do melhor recurso, antes que sejam realizadas as alterações.

Somente a partir da utilização do software Arena, ainda que limitada, por ser uma versão para estudantes, possibilitou a simulação de três cenários distintos para auxiliar na tomada de decisão, tornando possível a comparação dos dados coletados com os simulados no Cenário 1, além da experimentação de mais dois cenários, essenciais para a escolha do melhor

cenário a ser empregado e que possibilite a redução do tempo de descarregamento da madeira no pátio da empresa.

Por meio da análise dos cenários testados, o melhor cenário a ser empregado é o Cenário 2 com acréscimo de um funcionário no recebimento e mantendo as três gruas de descarga, pois obteve maior redução no tempo de descarregamento. ■

REFERÊNCIAS

- AGUILAR, S. M. A. *et al.* Avaliação dos benefícios de aplicação da simulação, através do software ARENA 10.0, em uma empresa de transporte ferroviário. 2009. In: *XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, Salvador-BA, Brasil, 06 a 09 de out. de 2009. Anais... Salvador: ENEGEP, 2009.
- ALBAN, M. *Transportes e logística: os modais e os desafios da multimodalidade na Bahia*. Salvador: FLEM, 2002.
- ANDRADE, E. L. de. *Introdução a Pesquisa Operacional: métodos e modelos para análise de decisão*. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.
- ANDRADE, E. L. *Introdução à pesquisa operacional*. 2. ed. Rio de Janeiro: LCT, 1998.
- BRAGA JUNIOR, S. S., *et al.* Logística reversa como alternativa de ganho para o varejo: um estudo de caso em um supermercado de médio porte. In: *SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS*, São Paulo, ed. 9., 2006. Anais... São Paulo: SIMPOI, 2006.
- CAIXETA FILHO, J. V. *Pesquisa Operacional: técnicas de otimização aplicadas a sistemas agroindustriais*. São Paulo: Atlas, 2001.
- CHOPRA, S.; MEINDL, P. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação*. São Paulo, Prentice Hall, 2003.
- CHWIE, L.; MEDINA, A. C. *Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: teoria e aplicações*. São Paulo: ed. Dos Autores, 2006.
- COSTA, L. C. *Teoria das Filas*. Disponível em: http://www.deinf.ufma.br/~mario/grad/filas/TeoriaFilas_Cajado.pdf. Acesso em: 20 out. 2018.
- CRESPO, A. A. *Estatística Fácil*. 19. ed. Atual. São Paulo: Saraiva, 2009.
- DIAS, M. A. P. *Administração de Materiais: uma abordagem logística*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- FRANGINE, *et al.* O Efeito da Simulação na produção Enxuta. 2009. In: *XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, Salvador-BA, Brasil, 06 a 09 de out. de 2009. Anais... Salvador: ENEGEP, 2009.
- FREITAS FILHO, P. J. *Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicação em Arena*. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008.
- GIL, A. C. L. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GONÇALVES, A. A. *Gestão da Capacidade de Atendimento em Hospital de Câncer*, Tese de D. Sc. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2004.
- GUIMARÃES, P. R. B. *Métodos Quantitativos Estatísticos*. Curitiba: IESDE Brasil S.A., 2008.
- HARA, C. M. *Logística*. 4. ed. São Paulo: Alínea, 2011.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. *Introdução à Pesquisa Operacional*. Porto Alegre: AMGH Editora, 2010.
- KEEDI, S. *Transportes, Unificação e Seguros Internacionais de Carga*. São Paulo: Andueiras, 2003, p. 216.
- LARSON, R.; FABER, B. *Estatística Aplicada*. 2. ed. São Paulo: Pearson, 2004, p. 638.
- LEAL, C. L.; LEAL, F. Almeida, D. A. de. Modelagem do trabalho humano em sistemas de manufatura através da simulação a eventos discretos. 2009. Anais... In: *XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, Salvador-BA, Brasil, 06 a 09 de outubro de 2009. Salvador: ENEGEP, 2009.
- LUSTOSA *et al.*, L. *Planejamento e Controle da Produção*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- MACHADO, C. C.; LOPES, E. S.; BIRRO, M. H. *Elementos básicos do Transporte Florestal Rodoviário*. Viçosa-MG; Universidade Federal de Viçosa, 2 ed., 2009, p. 167.
- MANN, P. S. *Introdução à Estatística*. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. p. 762.
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. *Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros*. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.
- NAZARETH, H. *Curso Básico de Estatística*. 12. ed. São Paulo: Ática, 2000.
- PARAGON. Disponível em: <http://paragon.com.br>. Acesso em: 15 set. 2018.
- PESSANHA, A. M. B; FILHO, S. M. D. R; MELO, N. A. F. *Estudo da Aplicação do Software Arena em um Contrato de Prestação de Serviço de Manutenção de Instrumentação*. Perspectiva on-line: exatas & eng., Campos dos Goytacazes, 2011. Disponível em: seer.perspectivaonline.com.br. Acesso em: 15 set. 2018.
- PINTO, L. R. *Programação Matemática, Teoria das Filas e Simulação*. Ouro Preto-MG, 2002. (Apostila do Curso de Pesquisa Operacional Aplicada à Mineração – Departamento de Engenharia de Minas da UFOP).
- POZO, H. *Administração de Recursos materiais e Patrimoniais: uma abordagem logística*. São Paulo, Atlas, 2010.
- PRADO, D. S. do. *Usando o Arena em Simulação*. 2. ed. Belo Horizonte, Falconi, 2004. p. 305.
- RIBEIRO, A. S. PACO, T. da R. REZENDE, R. C. Aplicação de simulação computacional para avaliar o tempo de processo na reforma de pneus. In: *XXIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*. Anais... Salvador-BA, Brasil, 06 a 09 de outubro de 2009.
- TCU. *Desenvolvimento de Infraestrutura de Transportes no Brasil: perspectivas e desafios*. Brasília-DF: TCU, 2007.
- VITORINO, C. M. *Logística*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.