

SIMULAÇÃO DA ATIVIDADE DE CONFERÊNCIA DE MATERIAIS DE UMA EMPRESA PETROLÍFERA

Marcelo dos Santos Magalhães
marcelomagalhaes@macae.ufrj.br
UFRJ

João Silva Dantas Neto
joaoengpro@yahoo.com.br
CNEC

Resumo: Este trabalho analisa a atividade de conferência de materiais que abastecem as empresas produtoras de petróleo. Estes insumos e equipamentos são fundamentais para a produção desta commodity, pois as falhas nesta atividade podem provocar atrasos, paralisação de operações e prejuízos. Um modelo de simulação a eventos discretos é proposto para verificar como as filas de espera dos itens de notas fiscais e a taxa de utilização do recurso se comporta em diferentes cenários com o número de conferentes usados, atualmente, pela empresa e o proposto pelos autores deste trabalho. O estudo mostra que a distribuição dos conferentes, adotados pela empresa atualmente, não é eficiente, pois há filas consideráveis e uma taxa de ocupação alta do recurso em um período que não é o de maior demanda. A distribuição dos conferentes nos cenários proposta neste trabalho proporcionou indicadores estatísticos compatíveis com os objetivos da empresa.

Palavras Chave: Simulação - teoria das filas - pesquisa operacional - -

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, os serviços vêm ganhando um destaque no cenário global, pois empregam mais que as fábricas e representam a maior parte do produto interno bruto (PIB) de muitos países (PETRÔNIO E LAUGENI, 2005). Neste cenário, os meios necessários à execução dos serviços, na maioria dos casos, não são suficientes para atender a demanda, podendo provocar filas de espera consideráveis. Segundo Slack e et al. (2015) um sistema onde há existência de filas é resultado da indeterminação do tempo entre chegadas de clientes e atendimentos dos servidores.

Devido à intangibilidade dos serviços, a qualidade desta atividade é percebida com o nível de satisfação dos clientes e a fidelização dos mesmos. Estes dois aspectos, na maior parte dos ambientes, são reflexos do atendimento das perspectivas e do tempo de espera despendido nas filas. Estes fatos incentivam a busca por sistemas balanceados a um custo acessível por gestores de diferentes segmentos. (DIAS E ET AL., 2017).

Para Prado (2014) um sistema é dito balanceado quando está adequadamente dimensionado, ou seja, os efeitos negativos do gargalo são reduzidos a um nível tolerável. Segundo este autor os gargalos são as atividades que registram o maior número de clientes em fila e existem duas técnicas para dimensionar adequadamente um sistema: a teoria das filas e da simulação. A primeira utiliza fórmulas matemáticas e a segunda um modelo representativo do sistema em um computador digital.

Segundo Teixeira e Magalhães (2019), o aumento da demanda do consumo dos derivados de petróleo, as intensas descobertas e ampliações no mercado de Óleo e Gás no Brasil, principalmente com o advento do Pré-Sal, proporcionou um ambiente competitivo no segmento das empresas fornecedoras de insumos e equipamentos necessários à produção desta *comodity*. Este fato intensificou a busca por técnicas de apoio às decisões que aumentem a eficiência das atividades. Entre estas, a simulação vem se destacando consideravelmente devido a facilidade de uso, ao custo acessível de aquisição de pacotes computacionais e da eliminação do risco de uma intervenção direta nos sistemas (PRADO,2014).

Neste contexto, a conferência de materiais destas empresas tem um papel importante para as atividades petrolíferas seja *onshore* ou *offshore*, pois está diretamente relacionada ao fornecimento de insumos e equipamentos necessários para a produção desta *comodity*. As deficiências ou erros deste serviço podem provocar atrasos, paralização de operações e prejuízos para o setor, impactando toda sociedade com desabastecimento e elevação dos preços dos derivados do petróleo.

Tendo em vista estes fatos o objetivo deste trabalho é analisar como os tempos de espera, o número de itens de notas fiscais de materiais na fila e a taxa de utilização dos conferentes se comportam em diferentes cenários com o número dos recursos (conferentes), adotados pela empresa atualmente, ao longo de um dia de trabalho através um modelo de simulação a eventos discretos. Também, utilizando este modelo de simulação, serão avaliados os impactos destes indicadores estatísticos com a redistribuição do número deste recurso no expediente proposta pelos autores deste artigo. Os cenários são os diferentes intervalos de tempo entre as chegadas que ocorrem ao longo de um dia de trabalho.

Este trabalho está distribuído em seis seções, incluindo esta introdução. Nas seções dois e três serão abordadas a metodologia de estudo e o referencial teórico. Na seção quatro será descrita a estrutura da organização onde o estudo é feito e como ocorre o processo de recebimento e conferência de materiais. Na seção cinco será abordada as etapas de criação do modelo de simulação e a interpretação dos resultados obtidos. A seção seis finaliza o artigo com a conclusão.

2. METODOLOGIA

Yin (2010) afirma que um estudo de caso é considerado uma pesquisa quando o pesquisador utiliza uma grande variedade de dados coletados. Segundo este autor as pesquisas podem ser quantitativas ou qualitativas. Prodanov e Freitas (2013) definem que uma pesquisa é quantitativa quando os fatos estudados são quantificados e que busca a relação de causa e efeito do fenômeno analisado. Em oposição, a pesquisa qualitativa não se preocupa com números, apenas analisa a relação do mundo real com o sujeito.

Para Da Silva e et al. (2016) as pesquisas são classificadas como: descritiva e explicativa; virtual e bibliográfica. A descritiva e explicativa detalha e discute os resultados quantificados do estudo. A virtual e bibliográfica é que utiliza livros, artigos e sites específicos para abordar um determinado tema.

Este trabalho realizou uma pesquisa quantitativa; descritiva e explicativa; virtual e bibliográfica para estudar o processo de conferência de materiais da empresa fornecedora de insumos e equipamentos. Através da pesquisa virtual e bibliográfica se desenvolveu a seção três. A simulação do caso e análise dos resultados obtidos se baseou em uma pesquisa quantitativa, descritiva e explicativa.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Tendo em vista à larga utilização da simulação em diversos contextos, nesta seção serão apresentados os principais conceitos, assim como as vantagens, desvantagens e as contribuições de alguns trabalhos que utilizaram a técnica da simulação em diferentes áreas.

Kelton e Law (2000) definem a simulação como um processo de concepção de um modelo computadorizado de um sistema real para efeitos de testes experimentais, obtendo, deste modo, uma melhor compreensão do comportamento do sistema para um determinado conjunto de condições. Seguindo a mesma linha, Pegden (1995) enfatiza a facilidade de diagnosticar problemas ao se realizar uma simulação. Este autor aborda, também, como as variáveis podem ser deliberadamente manipuladas, para verificar, com clareza, como elas influem num determinado sistema em estudo.

Magalhães (2006) compreende a simulação como uma imitação de uma operação ou de um processo do mundo real, independente do uso de computadores. A simulação envolve a geração de uma história artificial de um sistema para análise de suas características operacionais. Este autor define sistema como um agrupamento de insumos e recursos para atingir um determinado objetivo, como por exemplo: uma fábrica, um hospital, uma escola, um posto de serviço e etc.

Freitas Filho (2008) compreende que os modelos são uma representação dos sistemas visando ao estudo dos mesmos, sendo classificados em contínuos e discretos. Os modelos discretos são aqueles nos quais as entidades são contáveis ou enumeráveis tais como: peças processadas em uma fábrica, clientes que chegam a um banco, a um refeitório e etc. Os modelos contínuos são aqueles em que as entidades não são enumeráveis, tais como: o nível de água de um reservatório, de um fluido em um duto e etc. Ainda segundo este autor as entidades são classificadas como dinâmicas ou estáticas. As dinâmicas são aquelas que se movem através do sistema e a estática são aquelas que servem outras entidades. Como exemplo de entidades dinâmicas, ele cita as peças que se movem em uma fábrica e os clientes que chegam e saem da fila do caixa de um supermercado. Como estática, menciona uma máquina (no caso da fábrica) e o caixa do supermercado.

Para Magalhães (2006) a simulação é vantajosa quando ela imita o sistema real com menor custo ou menor quantidade de recursos. Os dados de saída da simulação devem corresponder diretamente às saídas que se obteriam no sistema real. Tendo em vista este fato, a técnica possibilita que novas políticas e procedimentos operacionais sejam estudados sem

interferência direta no sistema, novos equipamentos e arranjos físicos sejam estados sem sua aquisição ou interferência direta na atividade e hipóteses sejam analisadas para que seja verificada sua praticidade.

Todavia, Freitas Filho (2008) cita as seguintes desvantagens da utilização da simulação: a construção dos modelos requer treinamento; os resultados da simulação podem ser difíceis de interpretar e, em alguns casos, a modelagem e análise da simulação podem consumir muito tempo e recursos. Mesmo com estes pontos negativos, este autor afirma que a aplicabilidade desta técnica é bastante expressiva, podendo ser percebida em diversos tipos de sistemas: manufatura; saúde; transporte; recursos naturais; construção; entretenimento e de processo de negócios.

Na área de serviço Melo e et al. (2017) usaram a simulação para dimensionar a capacidade de atendimento de uma agência dos correios, localizada em uma cidade do Estado do Maranhão, visando ao atendimento da legislação estadual 7806 de dezembro de 2002 que determina aos estabelecimentos uma espera máxima de 30 minutos sob pena de advertência e multa em caso de descumprimento. Estes autores constataram que os três funcionários destinados ao atendimento, no período de maior demanda (parte da manhã), não atingiam esta meta, pois o maior tempo de espera registrado foi de 33,5 minutos. Tendo em vista este fato, foi proposto que um funcionário interno fosse deslocado ao atendimento neste período. Esta alteração no modelo atendeu de maneira satisfatória a expectativa da organização, pois proporcionou um tempo máximo de espera de 11,4 minutos sem causar nenhum transtorno na prestação dos serviços.

Na área de educação, Dias e et al. (2017) constataram que a fila de acesso aos fornos de micro-ondas para aquecimento das refeições dos discentes da Universidade Federal do Rio de Janeiro é um problema crítico que prejudica o desempenho das atividades acadêmicas. Eles constataram que no local havia duas unidades deste recurso que provocava um tempo médio de espera superior a trinta minutos. Todavia, através da simulação de eventos discretos, eles constataram que o ideal seria a existência de quatro unidades deste recurso, pois o tempo de espera reduziu para 16,83 minutos.

Na área de alimentação Magalhães e et al. (2017) simularam o processo de produção de uma pizzaria. Os autores constataram que o gargalo do processo era o forno que assava as pizzas. No local, havia um forno com capacidade para duas pizzas que no período de maior demanda provocava uma espera de 95,24 minutos. Através da simulação, constatou-se que a aquisição de um forno com capacidade para três pizzas reduziria este tempo para 45 minutos.

Na área militar, Praia e Gomes (2013) utilizaram a simulação para estudar o processo de recebimento de materiais do Sistema de Abastecimento da Marinha do Brasil. O estudo mostrou que o gargalo do processo é a atividade de perícia dos materiais, pois é a que apresenta o maior número de entidades aguardando na fila. O aumento de capacidade deste gargalo proporcionou uma redução de 95,9% no tempo de permanência no sistema e um aumento do número de itens processados de 23 para 47.

Na área petrolífera, Teixeira e Magalhães (2019) utilizaram a simulação para o estudar o processo de manutenção do *Riser Dual Bore*. O *Riser* é um equipamento fundamental para a fase de contemplação da produção de petróleo, pois auxilia a instalação de equipamentos submarinos (*Árvore de Natal Molhada*, *Tree Cap* e *BAP*) que completam o poço para que o mesmo possa começar a produzir. Os resultados mostraram que as atividades críticas deste processo ocorrem na área de selagem e fechamento porque registraram o maior tempo médio de espera e a maior taxa de utilização dos recursos. A criação de mais um turno de trabalho na área de selagem e o deslocamento de um mecânico da área de teste para a de fechamento proporcionaram uma redução de 25% no tempo de espera do gargalo e a redução da taxa de utilização do mecânico do fechamento para um nível aceitável.

Segundo Prado (2014) uma das finalidades da simulação é a obtenção de um sistema balanceado. Um importante componente de um sistema são as filas, que também são definidas como sistemas. As filas são entendidas como um conjunto de entidades dinâmicas aguardando o atendimento por um determinado servidor. Na maioria das vezes, as filas são incômodas e refletem o nível de insatisfação dos clientes. Portanto, um sistema balanceado é aquele em que os efeitos negativos das filas são reduzidos a um nível tolerável.

De acordo com Andrade (1990) um sistema de filas é caracterizado pelos seguintes elementos: distribuição de probabilidade do tempo de chegada dos clientes e de atendimento dos servidores; número de servidores; capacidade do sistema; tamanho da população e disciplina de atendimento. Este sistema é representado na Figura 1.

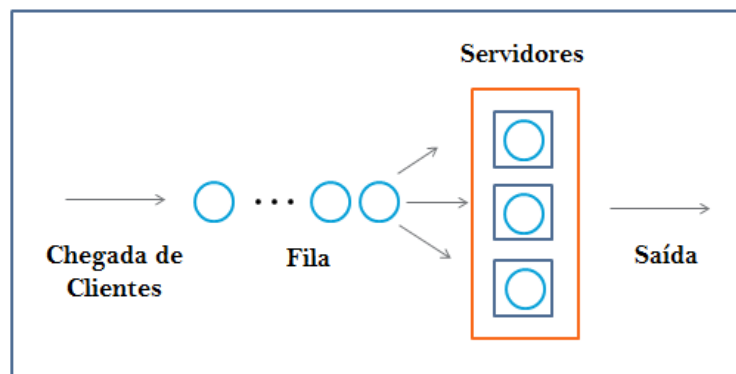


Figura 1 – Sistema de Filas.

Fonte: Andrade (1990)

4. ESTUDO DE CASO

Este trabalho foi desenvolvido em uma filial de uma empresa petrolífera de capital aberto fundada em 1953 que tem como meta a atuação de forma segura, sustentável e rentável, com responsabilidade social, nos mercados nacional e internacional, fornecendo produtos e serviços de qualidade, adequados às necessidades dos clientes.

A filial desta organização está situada no município de Macaé que pertence ao estado do Rio de Janeiro, sendo responsável pelo fornecimento de insumos que abastecem as plataformas de petróleo que atuam na Bacia de Campos, onde possui uma área de aproximadamente 500 mil metros quadrados distribuídos em espaços cobertos e descobertos para armazenagem de materiais e escritórios administrativos. Nesta filial são armazenados aproximadamente 2 milhões e 200 mil unidades de materiais de diversas especificações para as mais diversas aplicações ao meio de exploração e produção de petróleo.

O processo de recebimento e conferência de materiais é constituído por sete atividades. A primeira atividade do processo é o recebimento dos materiais que consiste na recepção do fornecedor, ou transportador; na verificação dos documentos pertinentes a cada tipo de material: certificados, nota fiscal e fichas de informações de segurança sobre produtos químicos (FISPQ) que agridam o meio ambiente ou o ser humano; na impressão do pedido. Após estas atividades, os materiais e a documentação são disponibilizados, por ordem de chegada, para a atividade de conferência.

A conferência, segunda atividade e foco deste estudo, engloba o envio dos materiais recebidos para a área de verificação com o auxílio, se necessário, de equipamentos de movimentação de cargas como empilhadeira ou transpaleteira; a abertura das embalagens; e a conferência qualitativa e quantitativa dos insumos e equipamentos recebidos através das especificações constantes no pedido de compras. Na conferência quantitativa é verificado se a

quantidade entregue está de acordo com a informada na nota fiscal do fornecedor e o pedido de compras. Na conferência qualitativa são verificadas as especificações técnicas, tipo de matéria prima, cor, dimensão, marca e compatibilidade dos certificados.

Estando o material em não conformidade com os aspectos qualitativos ou quantitativos, o mesmo é devolvido ao entregador, a nota fiscal é cancelada e o fornecedor é liberado. Todavia, se estiver em conformidade, é enviado para o processo de embalagem, o canhoto da nota fiscal é assinado, atestando o recebimento do material, e o entregador é liberado.

Na atividade de embalagem (terceira), o material é embalado de acordo com suas características, sendo feita uma etiqueta de identificação para o mesmo contendo as seguintes informações: número do pedido, número da nota fiscal, fornecedor, data de recebimento, peso aproximado e volume. Após a conclusão deste processo o material é armazenado temporariamente em um local, informado no verso da nota fiscal, para preenchimento do SANF (Sistema de Acompanhamento da Nota Fiscal).

No SANF (quarta atividade) é realizado o cadastro das informações constantes na nota fiscal. Este cadastro é necessário para que haja um acompanhamento dos dados que não podem ser cadastrados no sistema de gerenciamento de materiais (SAP). No SANF constam as seguintes informações: protocolo, pedido, data de recebimento, número da nota fiscal, fornecedor, conferente, volumes e localização temporária. Sendo os três últimos, os dados que não podem ser cadastrados no sistema SAP.

Após a conclusão do cadastro no SANF, inicia-se a quinta atividade: emissão MIGO. O MIGO é um documento que atesta a entrega do material no sistema SAP, liberando o pagamento do fornecedor. É na emissão deste documento que será identificado o destino do material, ou seja, para qual plataforma ou navio o mesmo irá seguir.

Após a emissão do MIGO, inicia-se a sexta atividade: a requisição de transporte (RT). A RT tem por finalidade gerar uma ordem para que o material seja transportado até seu destino final. Na emissão da RT será informado o material, valor, quantidade, peso, volume, dimensões, destino e custo do transporte. A emissão deste documento é feita através do sistema SAP que gera um número para rastreabilidade. Concluída esta etapa, o material estará pronto para a expedição.

A sexta atividade, expedição de material, finaliza o processo de recebimento e conferência de materiais e consiste na retirada do material na área de armazenagem temporária e envio para o setor de unitização. O fluxograma deste processo é ilustrado na figura 2.

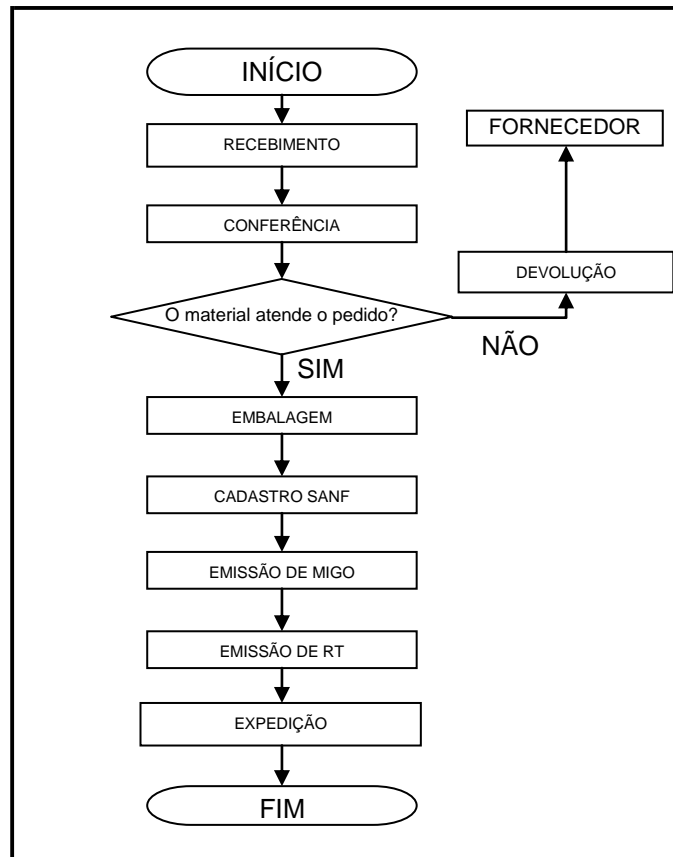


Figura 2: Fluxo das atividades

Fonte: Empresa fornecedora de Insumos e Equipamentos

5. SIMULAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

De acordo com Freitas Filhos (2008) um projeto envolvendo modelagem e simulação de sistemas só pode fornecer resultados adequados à tomada de decisão se os seguintes passos forem adotados: formulação e análise do problema, planejamento do projeto, formulação do modelo conceitual, coleta de dados, tradução do modelo, verificação e validação, projeto experimental final, experimentação, interpretação e análise estatística dos resultados, comparação de sistemas e identificação das melhores soluções, documentação, apresentação dos resultados e implementação.

Chwif e Medina (2010) simplificam estas etapas em três passos para que um trabalho de modelagem e simulação seja bem sucedido: concepção ou formulação do modelo, implementação do modelo e análise dos resultados. O modelo proposto neste artigo seguirá esta metodologia.

A concepção ou formulação do modelo compreende entender claramente o sistema a ser simulado, a criação de um modelo conceitual e a coleta dos dados de entrada. As duas primeiras atividades deste passo foram realizadas na seção quatro.

A terceira atividade, coleta de dados, engloba a obtenção e o tratamento estatístico destes dados, visando à identificação da distribuição de probabilidade que melhor se ajusta aos mesmos. Os principais dados necessários para este estudo são: tempo entre chegada dos itens das notas fiscais, distribuição das notas ao longo do dia e o tempo de atendimento dos recursos. Os dois primeiros determinam como a demanda se comporta ao longo do dia e o terceiro como se mostra o ritmo do serviço neste período de tempo.

Os dados foram coletados entre o dia sete de fevereiro e sete de abril de 2020. Neste período chegaram ao sistema 10.832 notas fiscais com média diária de 264 unidades,

considerando apenas os dias úteis. A tabela 1 demonstra como ocorre o número médio de chegadas de notas fiscais e dos itens contidos nas mesmas ao longo de um dia de expediente, considerando que os materiais são recebidos na empresa no período compreendido de 8:00 as 22:00.

Tabela 1: Número médio de notas fiscais e de seus itens por cenário

CENÁRIO	HORA DO DIA	NOTAS FISCAIS	ITENS DE NOTAS FISCAIS	λ	IC
1	08h00min - 10h00min	11,06	24,33	0,20	4,93
2	10h00min - 12h00min	23,71	52,16	0,43	2,30
3	12h00min - 14h00min	24,83	54,62	0,46	2,20
4	14h00min - 16h00min	36,07	79,36	0,66	1,51
5	16h00min - 18h00min	23,35	51,38	0,43	2,34
6	18h00min - 20h00min	11,40	25,07	0,21	4,79
7	20h00min - 22h00min	1,82	4,00	0,03	30,02

Fonte: Empresa fornecedora de insumos e equipamentos

Devido ao fato de a unidade de tempo adotada ser minutos por item de nota fiscal, houve a necessidade de adaptar a demanda a esta unidade, sendo assim, utilizou-se os dados históricos da organização para encontrar a média de itens por nota fiscal. Os dados históricos evidenciam que, em média, cada nota fiscal possui 2,20 (dois e um quinto) de itens. Logo, multiplicou-se a quantidade de notas fiscais por este valor para se chegar à média de itens de nota fiscal que entraram no sistema.

O intervalo médio entre as chegadas (IC) foi obtido com a divisão do tempo de cada intervalo em minutos (hora final menos hora inicial multiplicado por sessenta) e a média de itens de nota fiscal. O ritmo médio de chegada (λ) é o inverso do intervalo do tempo entre chegadas (IC). De posse destes parâmetros foi possível utilizar uma distribuição exponencial negativa, que é a mais indicada para o intervalo de tempo entre chegadas, porque não possui memória (PRADO,2014).

Os tempos de atendimento do recurso (conferente) foram determinados através da cronometragem da conferência dos diversos tipos de pedido. De posse destes tempos, o passo seguinte era determinar qual a distribuição estatística que melhor se ajusta a estes dados. Através da ferramenta *Input Analyser* do simulador verificou-se que a distribuição normal de média 6,5 e desvio padrão 1,5 é a que melhor se ajusta a estes dados, sendo ela utilizada no modelo. Os tempos de atendimento e a análise estatística são apresentados na tabela 2 e na figura 3.

Tabela 2: Tempos de atendimento

TEMPOS COLETADOS - MINUTOS			
4,53	5,87	6,52	7,45
4,63	5,95	6,60	7,78
4,93	5,98	6,82	8,30
4,95	6,03	6,87	8,32
5,08	6,05	6,88	8,45
5,15	6,13	7,03	9,28
5,32	6,28	7,03	9,33
5,38	6,33	7,12	9,82
5,55	6,35	7,22	10,10
5,78	6,35	7,23	10,45
5,80	6,37	7,42	10,57

Fonte: Propria

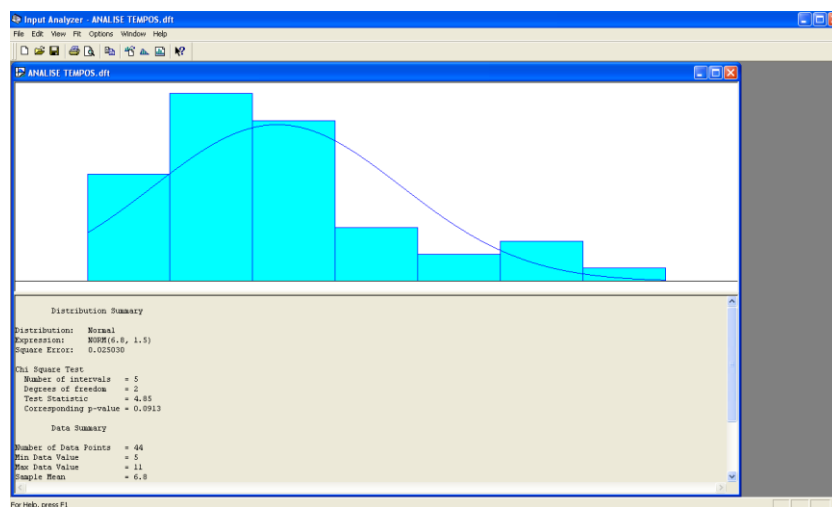


Figura 3: Análise estatística do tempo de atendimento

Fonte: Simulador

O segundo passo da metodologia, implementação do modelo, compreende a conversão do modelo conceitual, obtido na seção 4, para um modelo computacional através de alguma linguagem de programação ou de um simulador comercial. Desta forma, realizou a construção do modelo no software Arena, usando os seguintes módulos lógicos do programa: *create*, *process* e *dispose*.

No módulo *Create* foi definida a principal entidade que entra no sistema (itens de nota fiscal) a distribuição de probabilidade dos tempos entre as chegadas e a unidade de tempo de tempo principal (minuto). O módulo *Process* é usado para definir os processos, os recursos utilizados e as distribuições de probabilidade que representam à taxa de serviço dos mesmos. Tendo em vista que um modelo é uma abstração do sistema, a atividade de conferência, segunda do processo demonstradas na seção quatro, é inserida no módulo *Process*, denominado realização da conferência. O módulo *Dispose* é usado para finalizar o modelo. A figura 4 apresenta o modelo de simulação da atividade de conferência desenvolvido no simulador Arena.

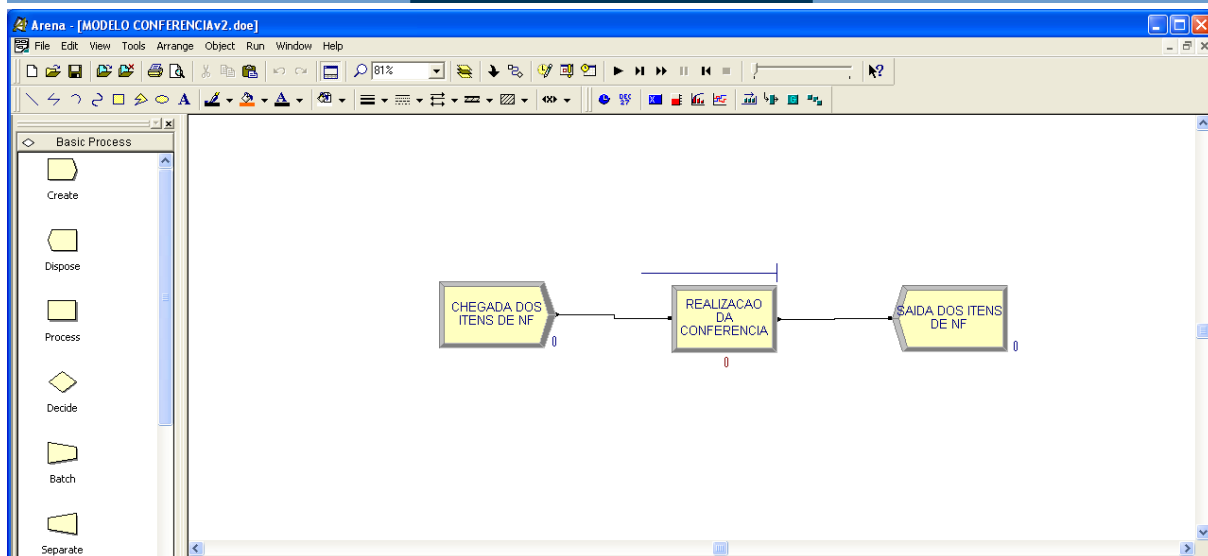


Figura 4: Modelo de conferência
Fonte: Simulador Arena

O terceiro passo da metodologia compreende a validação e a interpretação dos relatórios gerados pelo Simulador Arena. De acordo com Chwif e Medina (2010) uma das formas de se validar um sistema e de se verificar um modelo representa adequadamente o sistema é através da participação dos envolvidos diretamente com as atividades da organização junto com os projetistas. A validação do sistema foi feita na seção quatro com o coordenador operacional da atividade junto com os profissionais envolvidos no processo de recebimento e conferência de materiais, onde foi apresentado o fluxo da atividade e os resultados das primeiras simulações. A equipe validou o modelo e os resultados, concordando que a técnica é adequada ao estudo e ao dimensionamento dos recursos.

Segundo Magalhães (2006), os resultados de uma simulação são, na maioria dos casos, apresentados através de alguns indicadores estatísticos que mostram como o sistema se comporta em diferentes cenários. Estes indicadores facilitam a identificação dos pontos críticos e auxiliam os gestores na tomada de decisões. O simulador Arena trabalha com diversos indicadores estatísticos, todavia, neste estudo será analisada o tempo médio e máximo na fila; o número médio e máximo de itens de nota aguardando para ser conferido e taxa de utilização dos recursos.

O tamanho médio indica o número médio de itens de nota fiscal que estão na fila aguardando a conferência. O tempo médio na fila indica a média de tempo que estes itens esperam para serem processados. O tempo máximo indica o maior tempo que os itens aguardam para serem conferidos e o tamanho máximo e o maior de número de itens de notas fiscais aguardando na fila de espera. Estes indicadores são importantes, pois informam aos gestores onde as intervenções podem ser feitas.

A taxa de utilização indica o percentual de ocupação do recurso no tempo disponível (número ocupado/ número programado). Este indicador é útil para identificar os recursos que estão com maior carga de trabalho. Em uma decisão de compra de equipamento, ou contratação de profissionais serão priorizadas as atividades com maior taxa de utilização. Neste estudo, este indicador será utilizado para avaliar o volume de atividade do profissional que realiza a conferência. Devido, à importância da atividade, considerou-se que uma taxa de ocupação superior a 70% aponta para uma carga de trabalho elevada. O ideal é este indicador está entre 50% e 70%.

Antes de iniciar o processo de simulação é necessário informar ao simulador uma série de parâmetros. Além das distribuições estatísticas deve-se estabelecer o número de replicações e a duração de cada replicação. Para determinar o número de replicações efetuou-

se várias corridas, variando as replicações de dez em dez, começando com uma replicação e indo até cem. Após esta etapa, calculou-se a média desses valores como um resultado aceitável (MAGALHÃES,2006). Verificou-se que o valor dessa média se aproximava do valor da trigésima replicação, com isso adotou-se trinta replicações para os experimentos. A duração de cada replicação é 840 minutos, o que corresponde a uma jornada de trabalho de 14 horas.

O primeiro experimento realizado foi a simulação do sistema utilizando o número dos recursos disponíveis ao longo de um turno de trabalho e com os dados de tempo entre as chegadas e de serviço encontrados anteriormente. Tendo em vista que este sistema não prioriza o atendimento, a atividade foi simulada utilizando o critério FIFO (primeiro a entrar e primeiro a sair). A tabela 3 apresenta o número de conferentes por cenário, adotado pela empresa atualmente, e os indicadores estatísticos obtidos na simulação.

Tabela 3: Resultados da simulação com o número de conferentes adotados pela empresa

CENÁRIO	IC	QUANTIDADE DE RECURSOS	TF MÉDIO	NF MED	UTILIZAÇÃO DO RECURSO
1	4,93	1	65,97	13,72	98,83%
2	2,3	7	0,03	0,01	43,04%
3	2,2	7	0,04	0,02	45,07%
4	1,51	11	0,008	0,005	41,38%
5	2,34	7	0,03	0,015	42,30%
6	4,79	4	0,09	0,02	35,49%
7	30,02	4	0	0	6,04%

Fonte: Simulador

Os resultados da simulação com os parâmetros encontrados anteriormente e com a quantidade de recursos alocados para cada período (cenário) mostram que o primeiro cenário é o mais crítico, pois, mesmo tendo o maior intervalo médio de tempo entre chegadas (IC) que os cenários dois, três, quatro e o cinco, apresentou um tempo médio de espera na fila superior a uma hora (65,97 minutos) e o maior número médio de itens de nota aguardando para serem conferidos (13,72). Além disso a taxa de utilização do conferente é bastante elevada (98,83%) indicando uma sobrecarga de trabalho.

Os resultados do segundo ao sétimo cenário, com o número atual de conferentes, mostram que a demanda é atendida de forma eficiente, pois os tempos médios de espera na fila, os números médios de entidades na fila e a taxa de utilização são relativamente baixos. Todavia, a má distribuição dos recursos por período justifica estes baixos indicadores, indicando uma necessidade de redistribuição para evitar escassez ou super dimensionamento em determinados cenários.

Diante do exposto, novos experimentos de simulação foram feitos para encontrar o número adequado de recursos, utilizando a mesma distribuição de probabilidade dos tempos entre chegada e atendimento. No caso do cenário 1, mais crítico, adotou-se a exponencial de parâmetro IC equivalente a 4.93 para o intervalo de tempo entre chegadas e a normal de média 6,85 e desvio padrão 1,56 para o tempo de atendimento. O número de recursos foi modificado de um a quatro, sendo o resultado desta simulação apresentado na tabela 4.

Tabela 4: Resultados do primeiro cenário com IC equivalente a 4,93 minutos

RECURSOS	TF MÉDIO	TF MAX	NF MÉDIO	NF MAX	UTILIZAÇÃO DO RECURSO
1	65,97	215,91	13,72	49	98,83%
2	2,8	27,74	0,58	8	68,66%
3	0,51	15,41	0,1	8	46,67%
4	0,09	8,81	0,01	6	34,47%

Fonte: Simulador

Neste cenário é possível perceber que a variação de um recurso proporcionou uma redução significativa nos indicadores estatísticos. O tempo médio de espera na fila, por exemplo, reduziu de 65,97 para 2,8 minutos. O número médio de itens de nota aguardando a conferência de 13,72 para 0,58 e a taxa de utilização de 98,83 para 68,66%. A inclusão de três ou quatro conferentes é desnecessária, pois os resultados indicam que utilização de dois recursos atende satisfatoriamente a demanda. A utilização de recursos a mais apontam para um superdimensionamento. Os resultados do cenário seis são muito próximos ao deste porque tem o intervalo médio de tempo entre chegada aproximadamente igual e utiliza a mesma distribuição de tempo de atendimento, logo não serão apresentados neste artigo, devido a limitação de tamanho.

O segundo cenário, mesmo tendo uma frequência de chegada de notas fiscais maior que o primeiro, apresentou indicadores estatísticos melhores porque há sete conferentes atuando neste período. O experimento de simulação neste cenário utilizou uma distribuição exponencial negativa com parâmetro 2,3 para o intervalo de tempo entre chegadas e a distribuição normal de média 6,85 e desvio padrão 1,56 para o tempo de atendimento. Devido a limitação de 150 entidades, o número de recurso foi modificado de 2 a 5, sendo os resultados apresentados na tabela 5.

Tabela 5: Resultados do segundo cenário com IC equivalente a 2,3 minutos

RECURSOS	TF MÉDIO	TF MAX	NF MÉDIO	NF MAX	UTILIZAÇÃO DO RECURSO
2	75,05	196,03	33,04	101	99,56%
3	14,08	95,6	6,36	45	94,50%
4	1,95	20,68	0,88	12	75,07%
5	0,48	10,76	0,22	9	60,11%
6	0,14	7,57	0,06	7	50,20%
7	0,03	4	0,01	5	43,04%

Fonte: Simulador

Os resultados acima mostram que a utilização de três atendentes proporcionou uma redução significativa nos tempos médios, máximo de espera e nos tamanhos médio e máximo de itens de notas aguardando para ser analisado, todavia, a taxa do conferente de 94,5% é bastante elevada, indicando uma sobrecarga de trabalho. A utilização de quatro conferentes provocou uma boa redução nos tempos e tamanho das filas, todavia, continua apresentando taxa de utilização elevada (75,07%). A utilização de cinco unidades deste recurso atende satisfatoriamente a demanda deste período, tendo em vista que apresentou uma taxa de utilização de 50,2% dentro do limite aceitável. Os resultados dos cenários três e cinco são equivalentes ao deste e também não serão apresentados.

O quarto cenário é o que possui a maior frequência média de chegadas de itens de notas fiscais. Do ponto de vista deste parâmetro, este cenário é o mais crítico, porque é nele que a demanda é maior. A simulação deste turno utilizou a distribuição exponencial negativa com parâmetro IC equivalente a 1.51 minutos e com a mesma distribuição de tempo de atendimento usada nos períodos anteriores. Devido a limitação do *software* o número de recursos foi modificado a partir de três unidades e os resultados são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 6: Resultados do quarto cenário com IC equivalente a 1,51 minutos

RECURSOS	TF MÉDIO	TF MAX	NF MÉDIO	NF MAX	UTILIZAÇÃO DO RECURSO
3	79,23	205,98	53,56	141	99,59%
4	31,31	124,93	21,13	81	98,45%
5	4,25	28,12	2,9	21	88,48%
6	1,03	14,74	0,7	13	75,18%
7	0,37	8,26	0,25	9	65,03%
8	0,11	6	0,07	8	56,64%
9	0,03	3,87	0,02	5	50,37%
10	0,01	3,1	0,008	4	45,36%
11	0,008	2,99	0,005	6	41,38%

Fonte: Simulador

Os resultados acima mostram que a utilização de cinco conferentes reduz significativamente o tempo médio e máximo na fila; o tamanho médio e máximo de número de itens de notas aguardando para serem processados. Todavia, a taxa de utilização de 88,48 % é considerada elevada. A utilização de sete conferentes é a que proporciona os melhores indicadores estatísticos. A utilização de oito ou mais conferentes mostram um dimensionamento desnecessário.

O cenário sete é o que possui a menor frequência média entre chegadas. Do ponto de vista estatístico, este é o melhor cenário porque apresenta a menor demanda. O experimento de simulação neste período foi feito utilizando a distribuição exponencial negativa de parâmetro equivalente a 30.02 minutos e a mesma distribuição de probabilidade de tempo de atendimento usada nos cenários anteriores. O número de atendentes foi variado de um a quatro e os resultados são apresentados na tabela 7.

Tabela 7: Resultados do sétimo cenário com IC equivalente a 30,02 minutos

RECURSOS	TF MÉDIO	TF MAX	NF MÉDIO	NF MAX	UTILIZAÇÃO DO RECURSO
1	1,28	17,06	0,04	4	27,34%
2	0,11	6,79	0,004	2	12,17%
3	0,004	2,21	0,0001	1	8,05%
4	0	0	0	0	6,04%

Fonte: Simulador

A utilização de um conferente atende satisfatoriamente a demanda deste período, pois registrou indicadores estatísticos aceitáveis. A utilização de dois ou mais recursos não impactará nestes indicadores, além de superdimensionar os recursos neste turno. A tabela 8

mostra a distribuição adotada, atualmente, pela empresa e a proposta pelos autores para cada turno.

Tabela 8: Número ideal de conferentes por turno

CENÁRIO	NÚMERO DE CONFERENTES ATUAL				NÚMERO DE CONFERENTES PROPOSTO			
	NÚMERO DE RECURSOS	TF MÉDIO	NF MÉDIO	TAXA DE UTILIZAÇÃO	NÚMERO DE RECURSOS	TF MÉDIO	NF MÉDIO	TAXA DE UTILIZAÇÃO
1	1	65,97	13,72	98,83%	2	2,8	0,58	68,66%
2	7	0,03	0,01	43,04%	5	0,48	0,22	60,11%
3	7	0,04	0,02	45,07%	5	0,17	0,08	52,82%
4	11	0,008	0,005	41,38%	7	0,37	0,25	65,03%
5	7	0,03	0,015	42,30%	5	0,43	0,19	59,32%
6	4	0,09	0,02	35,49%	2	3,25	0,7	71,63%
7	4	0	0	6,04%	1	1,28	0,04	27,34%

Fonte: Simulador

Observando os resultados acima, percebe-se que o número de conferentes adotados, atualmente, pela empresa superdimensiona os cenários dois ao sete, sobrecarregando o primeiro. Este cenário, mesmo tendo o intervalo de tempo entre chegadas maior que o dois, três, quatro e o seis apresentou um elevado tempo médio de espera (65,97 minutos), um considerável número médio de notas aguardando para serem conferidas (13,72) e uma elevada taxa de utilização.

Os experimentos de simulação realizados mostram que o número de recursos proposto neste trabalho é mais vantajoso porque reduziu significativamente os indicadores estatísticos no primeiro período com a inclusão de um conferente. Nos cenários dois ao sete, a redistribuição destes recursos provocou um aumento nos tempos médio de espera, tamanho médio da fila e na taxa de utilização, todavia, a um nível aceitável que não sobrecarrega os turnos e não compromete o serviço da organização.

6. CONCLUSÃO

O processo de recebimento e conferência de materiais é de extrema importância para a indústria petrolífera, pois garante o fornecimento dos insumos necessários para a produção desta commodity. As falhas neste processo podem provocar atrasos de entrega, paralisação das atividades nas plataformas produtoras, desabastecimento e prejuízos para empresa e a sociedade.

A metodologia abordada neste trabalho foi de grande relevância para a organização, pois a utilização de um modelo de simulação computacional possibilitou que as alterações fossem feitas sem a intervenção direta no sistema, eliminando os riscos e os transtornos.

Através dos resultados dos experimentos de simulação foi possível constatar que a distribuição de conferentes pelos cenários, adotada pela empresa, é ineficiente, haja vista que o primeiro período, que tem um intervalo de tempo entre chegadas maior que o segundo, o quarto e o sexto, apresentou um elevado tempo médio de espera, um número considerável de itens de nota fiscais aguardando para ser conferido e uma taxa de utilização elevada do recurso, mostrando uma sobrecarga de trabalho.

A redistribuição do número de conferentes pelos cenários proposta neste artigo proporcionou uma redução significativa dos indicadores estatísticos no cenário um. Os demais cenários houve um pequeno aumento nestes indicadores, todavia, sem comprometer o trabalho da organização.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. L.** Introdução à pesquisa operacional. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 1990.
- CHWIF, L; & MEDINA, A.C.** Modelagem e Simulação de Eventos Discretos – Teoria e Aplicação. 3ª Edição. São Paulo. Editora do Autor, 2010.
- DA SILVA, V. KOZECHEN, A.P; FERREIRA, JEFESON; DE OLIVEIRA, G.D; MORAIS, M.F.** Emprego da Simulação Computacional para Análise do Sistemas de Filas nos Caixas de um Supermercado. In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2016, João Pessoa – PB. Anais do XXXVI ENEGEP.
- DIAS, B.L; QUINTO, T; MORAES, C.F.S, MAGALHÃES, M.S.** Análise da Fila de Acesso aos Micro-Ondas da Universidade Federal do Rio de Janeiro: Uma Proposta Baseada em um Modelo de Simulação. In XXIV Simpósio de Engenharia de Produção, 2017, Bauru – SP. Anais do XXIV SIMPEP.
- FREITAS FILHO, P.J.** Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena. 2ª edição. Florianópolis – SC. Visual Books, 2008.
- KELTON, W.D, LAW, A.M.** Simulation Modeling and Analysis. 3rd ed. McGraw Hill, New York, 2000.
- MAGALHÃES, M.S.** Simulação do Sistema de Admissão de Emergência do Hospital Universitário Antônio Pedro. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro – RJ, 2006.
- MAGALHÃES, M.S; MAGALHÃES, J.C; OLIVEIRA, I.F.** Simulação do Processo de Produção de uma Pizzaria. In XXIV Simpósio de Engenharia de Produção, 2017, Bauru – SP. Anais do XXIV SIMPEP.
- MELO, H.R; LIMA F.R.S; MARSARO, M.S.** Análise do Atendimento em uma Agência dos Correios por Meio da Teoria das Filas e da Simulação. In XXIV Simpósio de Engenharia de Produção, 2017, Bauru – SP. Anais do XXIV SIMPEP.
- PEGDEN, C. D.** Introduction to Simulation Using SIMAN – Second Edition. McGraw-Hill, 1995.
- PETRÔNIO, G.M; LAUGENI, F.P.** Administração da Produção. 2ª edição revisada, ampliada e atual. São Paulo. Editora Saraiva 2005.
- PRADO, D. S.** Teoria das Filas e da Simulação. Ed. 5. Minas Gerais. Editora FALCONI, 2014.
- PRADO, D. S.** Usando o Arena em Simulação. Ed. 5. Minas Gerais. Editora FALCONI, 2014.
- PRAIA, C.R; GOMES, C.F.S.** Simulação Computacional Aplicada à Modelagem do Processo de Recebimento de Uniformes na Marinha do Brasil. In: X Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2013, Resende – RJ. Anais do X SEGeT.
- PRODANOV, C.C; FREITAS E.C.** Metodologia do Trabalho Científico: Método e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico. 2. Edição, Novo Hamburgo, 2013. 277p. Disponível em <<http://feevale.br/cultura/metodologia-do-trabalho-cientifico>>. Acesso em: 24/05/2017.
- SLACK, N; CHAMBERS, S; JONHSTON, R.** Administração da Produção 4ª Edição. São Paulo. Editora Atlas, 2015.
- TEIXEIRA, C.E; MAGALHÃES, M.S.** Estudo do Processo de Manutenção do *Riser Dual Bore* Utilizando Simulação de Eventos Discretos. In: XV Encontro Mineiro de Engenharia de Produção, 2019, Viçosa – MG. Anais do XV EMEPRO.
- YIN, ROBERT K.** Estudo de Caso: planejamento e métodos. Edição 4. Tradução Ana Thorell. Editora Bookman. São Paulo, 2010.