



ESTUDO DE SIMULAÇÃO PARA MINIMIZAÇÃO DE FILA DE UMA COPIADORA - UM ESTUDO DE CASO

Aline Fagundes da Fonseca (UFERSA)- alinefonseca-@hotmail.com

Dayane Maria Teixeira Palitot (UFERSA) -dayanepalitot@gmail.com

Débora Cristina Araújo Medeiros (UFERSA) -debinhacm88@gmail.com

Ramon Nolasco da Silva (UFERSA) -ramonsnolasco@hotmail.com

Thamara Queiroz de Andrade(UFERSA) -thamy_andrade14@hotmail.com

Resumo:

Este artigo tem por objetivo realizar um estudo de simulação em uma copiadora, visando minimizar a fila existente quando a demanda é maior do que a capacidade de fornecimento do serviço. Para tal pesquisa foi necessário à coleta de amostra dos tempos entre chegadas de clientes e dos tempos de atendimento, estes por sua vez, foram utilizado em um software Arena que simula de acordo com os tempos o processo de filas no sistema, e assim buscar soluções que ajude a reduzir o tamanho da fila neste estabelecimento. Os resultados obtidos, após a construção de modelos no software Arena®, possibilitaram a verificação das filas e seus comportamentos, tempos e taxas de utilizações. Possibilitando por meio desse estudo identificar algumas causas do surgimento das filas no sistema e assim propor melhorias com intuito de garantir maior desempenho no atendimento e satisfazer os clientes nos serviços oferecidos.

Palavras Chave:

Filas. Simulação. Arena.

1. Introdução

Conforme Andrade (2004), simulação consiste em uma ferramenta que auxilia no planejamento de modelos que simule a vida real através de computadores, visando ajudar na tomada de decisões através de procedimentos de análises, avaliação de sistemas, proposta de melhorias e de desempenho, e outros.





De acordo com Wikipédia (2014), entende-se por um sistema de filas quando um cliente chega, espera a ocorrência do serviço (quando não são atendidos de imediato), e saem sistema logo após serem atendidos. Na teoria das filas o termo cliente é aplicado de forma genérica, e não se aplica somente aos seres humanos.

Conforme Wikipédia (2014), o Arena é um software bastante importante na área da simulação, pois ele simula uma situação real, identificando o tamanho de suas filas, o tempo de filas, e outros aspectos; tudo isso através de relatórios que são fornecidos ao fim da operação.

Portanto o presente trabalho é baseado numa simulação realizada em uma Copiadora situada em uma universidade localizada na cidade de Mossoró – RN. Visando demonstrar como ocorre o processo de filas deste ambiente, utilizando como ferramenta o Software Arena.

2. Metodologia

O processo metodológico deste estudo foi inicialmente realizado através de uma pesquisa bibliográfica, e a elaboração do modelo de simulação é do tipo descritivo e estatístico que contém dados de entradas e saídas. Tal pesquisa, ocorre através de materiais elaborados, como livros e artigos, utilizados para embasar o trabalho. A fim, de abordar alguns temas relacionados à Engenharia de Produção referente à simulação de sistemas, incluindo conceitos de teoria das filas, tendo como auxílio o software Arena, que serve como ferramenta de apoio a tomada de decisão e orienta nos procedimentos de análises, avaliação dos sistemas para proporcionar melhores desempenho ao sistema.

Esta pesquisa foi realizada de forma quantitativa e qualitativa onde foram coletadas por meio de visitas técnicas as variáveis de entrada necessária para executar o modelo e o tempo de atendimento, essas variáveis foram coletadas em dois dias nos horários de 15:00 às 17:23 horas. Para a coleta do tempo gasto no atendimento de um cliente, bastava ligar o cronômetro quando o servidor começava a atendê-lo, e anotar o tempo percorrido até que o atendimento fosse concluído. Já para o intervalo de chegada entre





os clientes verificava-se o momento em que um cliente chega à copiadora, o primeiro cliente a ser considerado seria o marco zero, ou seja, esse seria o momento de iniciar o cronômetro. Quando outro cliente chegava, anotava-se o tempo marcado pelo cronômetro.

Logo, o intervalo entre a chegada do segundo e do terceiro cliente, era encontrado pela subtração do tempo de chegada do terceiro, com o tempo do segundo cliente e assim sucessivamente. Sendo a pesquisa dividida em três etapas coerentes com sua execução, que foram: estudo bibliográfico, coleta de dados, estruturação e tratamento de dados e informações através de visitas realizadas na copiadora da universidade situada na cidade de Mossoró/RN. Por fim, realizou-se a verificação e validação do modelo. Com a finalidade minimização o tamanho da fila naquele estabelecimento.

3. Fundamentação teórica

3.1. Simulação

Segundo Silva et al (2007), a simulação tornou-se uma ferramenta útil e bastante aceitável empregada para análise de sistemas e resoluções de problemas. Além disso, a simulação de computacional permite que sejam feitos estudos sobre sistemas que ainda não existem, buscando desenvolver projetos que sejam eficientes antes que ocorra qualquer mudança física tenha sido iniciada.

Para Andrade (2004), simulação é uma ferramenta de planejamento utilizada para criar um modelo real de sistemas de forma computacional no qual pode ser feita diversas modificações sem ser necessário realizá-lo num ambiente real, com a finalidade de auxiliar na tomada de decisão e orientar nos procedimentos de análises, avaliação dos sistemas e propor soluções para melhorias do desempenho do sistema.

Ainda segundo Andrade (2004), para a realização da simulação possui quatro passos que são:

- Coletar e formular os dados do problema, definir o tamanho da amostra a ser coletada e definir quais os objetivos deveram ser alcançados.





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

- Identificar as variáveis e restrições do sistema.
- Construção do modelo: os dados que foram colocados no sistema devem ser reproduzidos de maneira fiel ao sistema real.
- Validação do modelo: após a formulação do modelo, deve-se incluir os dados para ter certeza de que atende aos objetivos estabelecidos inicialmente.

A simulação ela não é uma ferramenta que substitui o trabalho de interpretação humano, pois ao simular uma situação ou um dado problema de alta variabilidade o software gera informações que necessitam de interpretações mais detalhadas (DUARTE,2003).

3.2. Software Arena

De acordo com Wikipédia (2014), o Software Arena é bastante conhecido por ser um ambiente gráfico integrado de simulação, que dispõe de todos os recursos necessários para se realizar modelagens de alguns processos, desenhos e animações, além de análises estatísticas e dos resultados, através dos relatórios gerados. Tal software pode ser utilizado como simuladores específicos para reengenharia, transporte, e outros.

Ainda segundo Wikipédia (2014), embora o software Arena tenha sido criado em 1993, ele foi comprado pela Rockwell em 2000, que se preocupou em expandir o mesmo, agregando sempre algumas melhorias que são lançadas em tempos bem curtos, com essas melhorias este software passou a projetar, planejar e gerenciar o chão fabril através de simulações. Atualmente se encontra na versão 13.9. O mesmo possui diversas bibliotecas que trabalham de forma integrada através de blocos e elementos, onde cada bloco possui funções específicas, e que estes comumente possuem uma entidade ou variável associadas (elementos). Ao término da simulação, são gerados alguns relatórios que servem para informar os usuários o que eles pretendem saber. O Arena é bastante utilizado para analisar filas de processos contínuos, além de linhas de produção.





3.3. Teoria das Filas

Segundo Prado (2006), a teoria das filas surgiu na Dinamarca, mais especificamente na cidade de Copenhague em 1908, por um trabalhador de uma companhia telefônica A.K.Erlang, porém, só após a Segunda Guerra Mundial que essa teoria começou a ser aplicada em outros problemas. Tal teoria envolve problemas matemáticos relacionados ao surgimento de filas nos mais diversos tipos de sistema. As filas segundo Hillier & Lierberman (2006) surgem no determinado momento em que a demanda a ser atendida excede a capacidade da oferta de atendimento.

Um sistema de fila é qualquer processo aonde as pessoas chegam para receber um serviço pelo qual esperam. Dessa forma é importante estudar a Teoria das Filas para que se possam estimar através de cálculos matemáticos quantos atendentes serão necessários para que não haja um congestionamento na fila (Andrade, 2004). Dessa forma, o tempo de espera percebido é a quantidade de tempo que um cliente acredita ter esperado antes de receber um serviço. Enquanto este tem uma relação com o tempo real que um cliente espera, estudos têm mostrado que o tempo de espera percebido tem um impacto maior na determinação da satisfação do cliente do que o tempo real de espera (Denis, 2001).

Prado (2006) aborda que a composição dos elementos de uma fila é descrita por uma população, está podendo ser finita, ou, infinita. Os clientes se originam da população e que serão atendidos e que formam uma fila antes da efetivação do serviço. Após o atendimento, os clientes saem do sistema de filas. Uma população é admitida como infinita quando se desconhece sua quantidade, ou, quando é muito grande, e finita quando a população é conhecida.

3.4 Fluxograma

Fluxograma tem a finalidade de descrever processos. Os símbolos usados no desenho são padronizados. A maior vantagem dessa ferramenta é assegurar a visão completa do processo e determinar cada uma de suas etapas. Tem-se a facilidade de encontrar a causa de uma não conformidade, na etapa onde ela se encontra (MELO, 2011). Ainda



segundo Melo (2011), os fluxogramas são representações visuais que descrevem a sequência de atividades em um processo. Uma descrição gráfica é geralmente mais útil do que uma descrição escrita de um processo, porque a maioria das pessoas é visualmente orientada.

O fluxograma é usado quando se pretendem representar decursos de processos, compostos de passos individuais. Cada passo é representado em forma de retângulo. Subdivisões são representadas em forma de losangos, nos quais são escritas as condições de subdivisão. Com o fluxograma, os decursos podem ser representados de forma inteligível e brechas e decursos pouco lógicos podem ser detectados e corrigidos (GEORG et. al., 2009).

3.5 Probabilidade

A probabilidade é o ramo da matemática que estuda fenômenos aleatórios, segundo Morgado et al. (1997), um experimento aleatório é aquele se repetido sofre as mesmas condições, não produz necessariamente o mesmo resultado. Esse conceito mostra que mesmo que se conheça todas as variáveis envolvidas em um experimento e se tenha controle sobre elas, o resultado final poderá não ser o mesmo, ainda que o experimento seja repetido sob condições idênticas.

A probabilidade é fundamental para entender alguns conceitos sobre a Teoria das Filas. Segundo Mann (2006), Larson e Farber (2009) as definições que contribuí com essa teoria são: variável aleatória, variável aleatória discreta, distribuição de probabilidades de uma variável aleatória discreta, a distribuição de Poisson, variável aleatória contínua e a distribuição Exponencial.

De acordo com Mann (2006), Larson e Farber (2009), considera um experimento aleatório aquele onde o pesquisador não é capaz de conhecer nem controlar o valor de cartas variáveis durante o processo de execução do experimento. A variável aleatória discreta por sua vez, é uma variável, onde os seus valores possíveis constituem um conjunto finito ou podem ser relacionados em uma sequência infinita na qual haja um



primeiro elemento, um segundo e assim por diante, sendo uma variável quantitativa onde o seu valor depende dos fatores aleatórios.

Já a distribuição de probabilidade de uma variável aleatória discreta apresenta todos os valores possíveis que uma variável aleatória pode assumir, bem como suas probabilidades correspondentes. A distribuição de Poisson por sua vez, representa a distribuição de probabilidade de uma variável aleatória que registra o número de ocorrências sobre um intervalo de tempo ou espaço específico. E a variável aleatória é contínua se seu conjunto de valores é qualquer intervalo dos números reais, isto é, um conjunto não enumerável. Por fim, a distribuição Exponencial caracteriza-se por ter uma função de taxa de falha constante, sendo a única com essa propriedade. Considerada uma das mais simples em termos matemáticos e estar ligada a de Poisson, ela analisa inversamente o experimento, ou seja, um intervalo ou espaço para ocorrência de evento Mann (2006), Larson e Farber (2009).

4. Estudo de caso

4.1 Caracterização da Empresa

Conforme Sebrae (2014), as copiadoras realizam atividades que prestam serviços, através de cópias rápidas em papel, pano, ou plástico, por meio da xerografia (xerox), heliografia, microfilmagem, termocópia, eletrocópia, e fotocópia de documentos em geral, manuais, desenhos, imagens, revistas, periódicos, livros, apostilas, e outros. Sendo assim, há alguns anos pensou-se que o ramo comercial de copiadores iria se extinguir, entretanto, o que ocorreu foi uma fusão tecnológica entre eles. E com o avanço substancial da informática, as indústrias foram desenvolvendo novos modelos de máquinas mais eficientes e precisas. Em meio ao mercado de copiadoras para se destacarem em meio aos concorrentes, as copiadoras necessitam atender a algumas exigências dos clientes, como por exemplo: os padrões de qualidade, o preço acessível e tecnologia.

A empresa objeto de estudo é uma copiadora os serviços oferecidos são cópias, impressão, encadernação e copiadora colorida a mesma está situada numa universidade





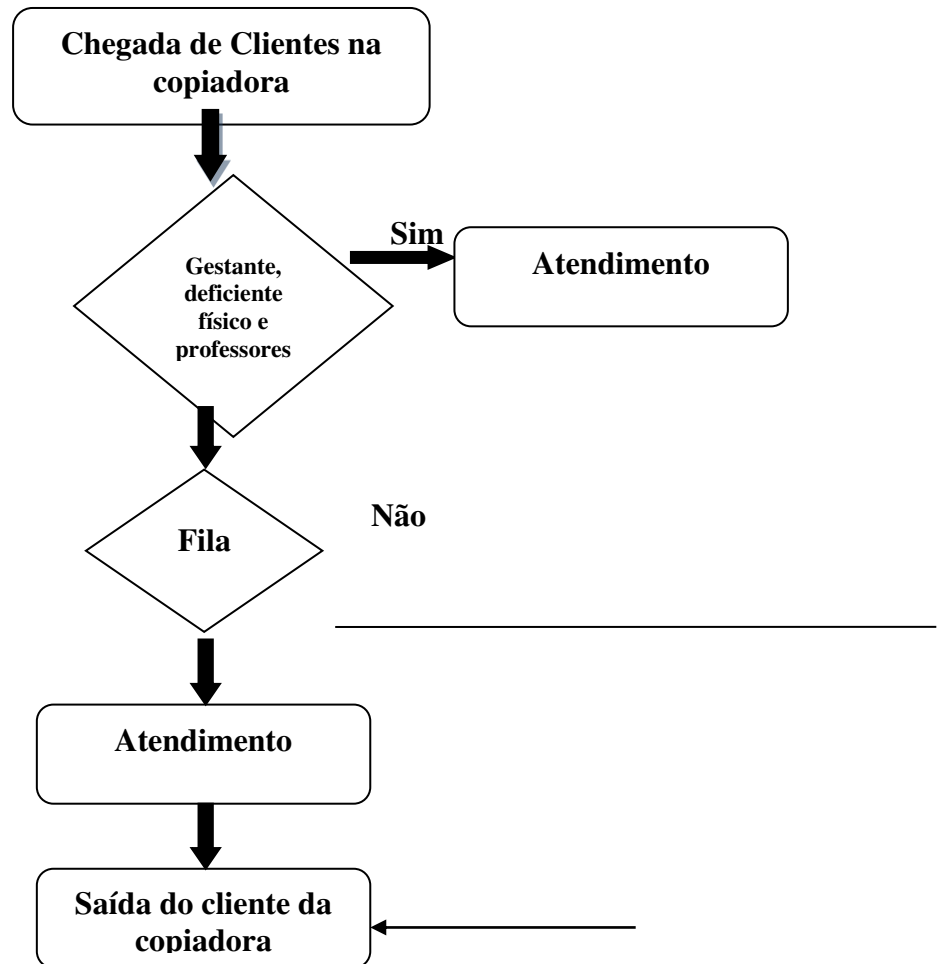
na cidade de Mossoró- RN, tendo a finalidade de atender os alunos universitário e professores da instituição de ensino. Com base nas informações adquiridas através dos funcionários desta, descobriu-se que o horário de funcionamento é das 07:00 às 21:30 horas e os horários de maior movimentação são de 08:30 às 09:30, 15:00 às 16:30 e 08:00 às 09:30 geralmente em intervalos entre as aulas. Atendimentos nos dias de segunda à sexta. Possui um quadro de dois funcionários pro turno manhã, tarde e noite. Essa copiadora é composta por dois atendentes e composta por uma fila única. O horário de troca de turmas são de 12:00horas e 17:00 horas. Existe um atendimento preferencial, no caso de gestantes, deficientes físicos e principalmente professores que podem ultrapassar qualquer outro cliente à sua frente. Entretanto, devido à baixa quantidade de dados coletados dessa fila preferencial, decidiu-se simular o processo desconsiderando esse fato. Neste estudo foi analisado somente o horário de 15:00 às 17:00 horas. Foram coletadas 60 amostras dias de bastante movimento na copiadora. Nesse estudo busca-se a minimização de filas nesse processo.

4.1.2 Fluxograma do processo

Ao chegar na copiadora universitária, o cliente entra senão houve fila passa a ser atendido, caso chegue um professor os alunos ficam na espera pelo atendimento e o professor é logo atendido. A Figura 01 representa o fluxograma de atendimento na copiadora da universidade.



Figura 01 - Fluxograma de Atendimento



Fonte: A autoria do grupo (2015)

4.2. Resultados

Para a realização desta pesquisa foi necessário observar dois cenários na Xerox analisada, o primeiro foi criar um modelo que simule a fila da Xerox com um atendente e fila única.

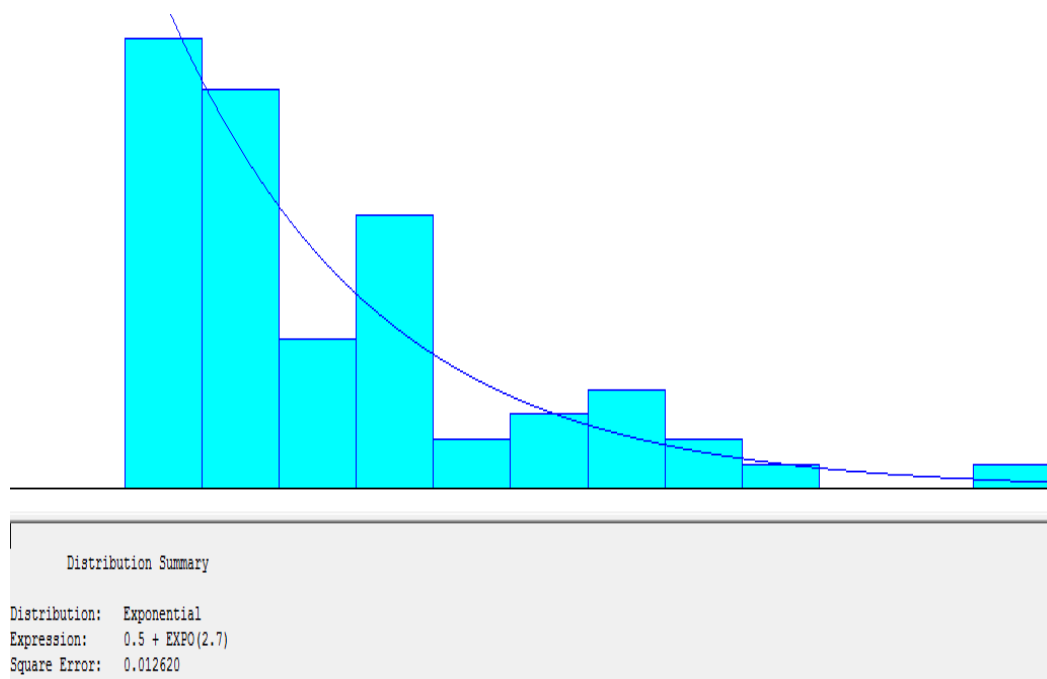
Já no segundo modelo apresentado neste artigo será uma fila única e dois atendentes considerando apenas o atendimento dos alunos.

Portanto, com esses dois cenários podemos observar por meio dos resultados obtidos pelo Arena através do relatório qual o melhor tipo de sistema que mais se adéqua para assim minimizar o tamanho da fila e o tempo de espera neste estabelecimento.

4.2.1 Tempos de Atendimento

Após a coleta dos tempos de atendimento e antes de ser criado o modelo no Arena é necessário fazer a verificação de qual a melhor distribuição de probabilidade mais se adéqua nos dados obtidos, os valores são inseridos no bloco de notas e por meio do Input Analyzer gerou-se um histograma para os tempos de atendimento conforme a Figura 02, e o mesmo mostrou que a distribuição exponencial se ajustava bem aos tempos colhidos.

Figura 02- Histograma dos Tempos de Atendimento

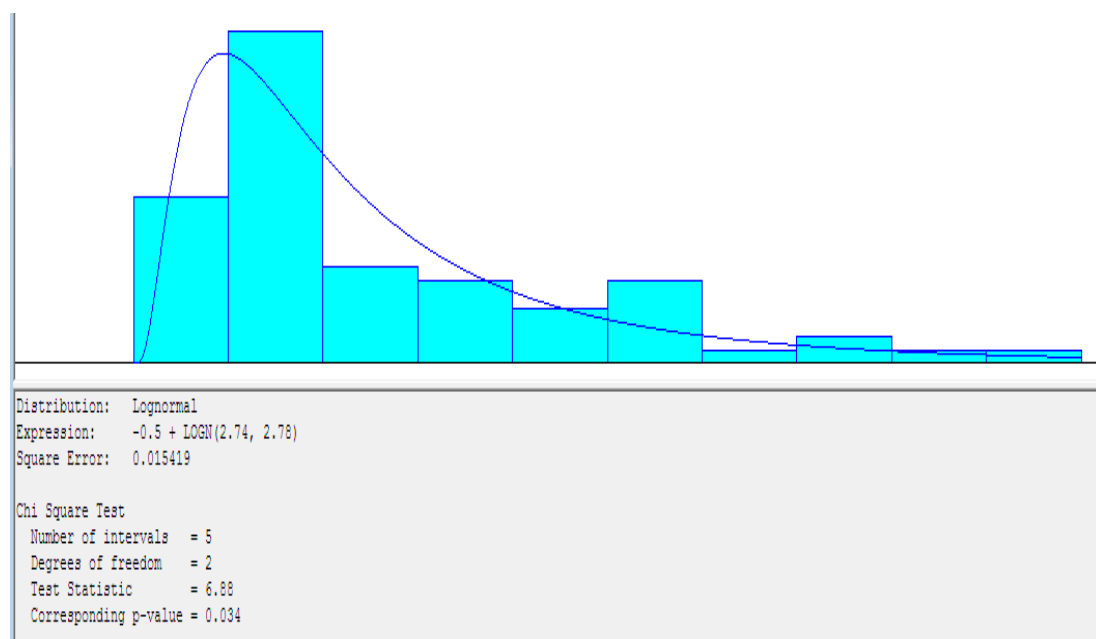


Fonte: Aatoria do grupo (2015)

4.2.2 Tempos entre Chegadas

A mesma metodologia de tempo de atendimento foi adotada para os tempos entre chegadas sucessivas dos clientes. Dessa forma, através comando Input Analyzer do Arena gerou-se um histograma com os dados de chegada, como mostrado na Figura 03, e o mesmo seguem uma Distribuição Exponencial. Concluiu-se que o modelo de distribuição encontrado se ajustava bem aos dados Coletados.

Figura 03- Histograma dos Tempos de Chegada



Fonte: Aatoria do grupo (2015)

4.2.3 Análises de cenários

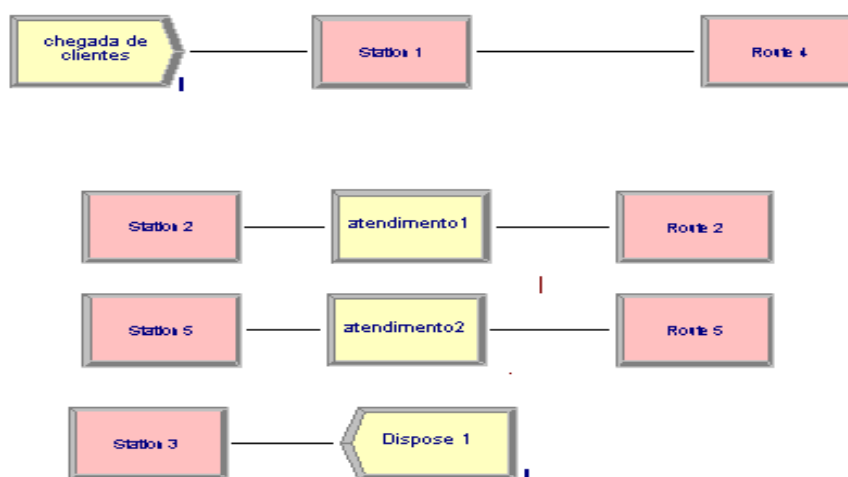
4.2.3.1 Cenário 01- Fila única com um atendente

Foi criado um cenário com fila única e com um atendente para observar com se comporta a fila da Xerox e identificar como ocorre seu fluxo e comparar os dois

modelos para obter um resultado que minimize seu tamanho. Nesse cenário é do tipo primeiro que entra primeiro que sai.

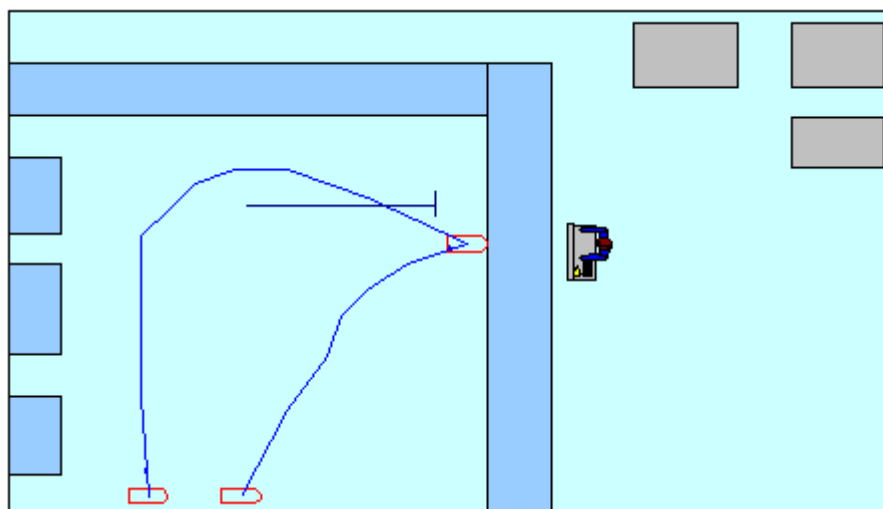
No sistema modelado, como mostrado na Figura 03 e Figura 04, que contém 1 (Um) atendente e uma fila. Verificou-se que, em média, chegam na Xerox 58 pessoas e saem 57 pessoas do sistema no período analisado.

Figura 03- Modelo um atendente no Arena



Fonte: Autoria do grupo (2015)

Figura 04- Modelo de animação para um atendente no Arena



Fonte: Autoria do grupo (2015)



4.2.3.2 Variáveis de Saída cenário 01

As variáveis de saída consideradas neste trabalho foram obtidas por meio da análise dos relatórios gerados pelo modelo. Foram utilizadas 20 replicações, analisando a situação em que possui apenas um atendente e com fila única, dessas replicações foram obtidas uma média de 1,0157 pessoas esperando na fila, sendo o valor mínimo de 0 pessoas e o máximo de 12 pessoas. O tempo esperado pelos clientes varia entre 0 e 23,67 minutos, com média igual a 2,3785 minutos.

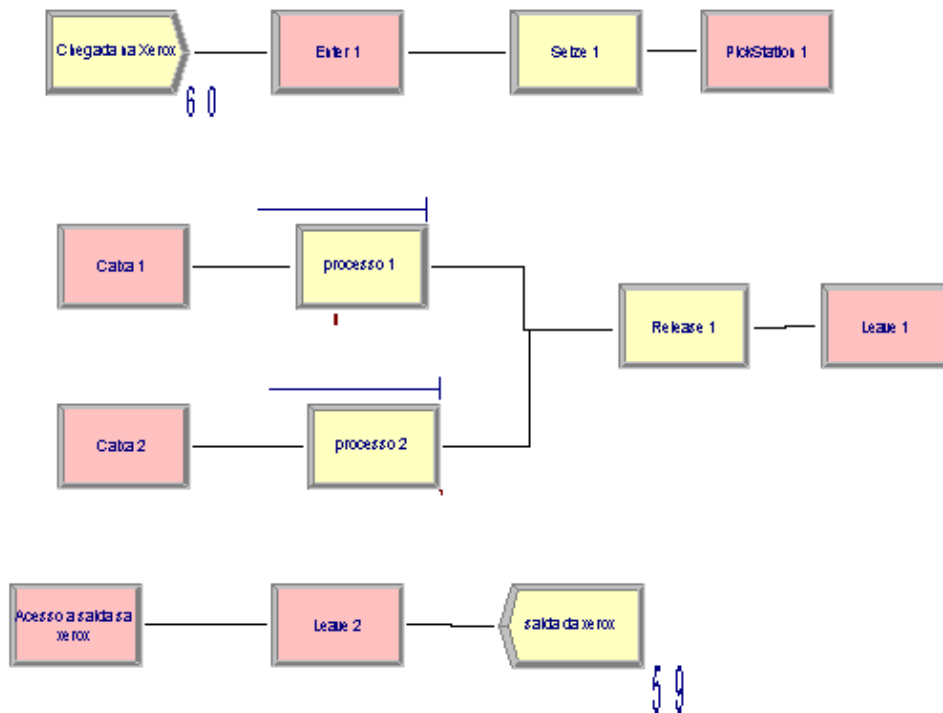
Com relação à ocupação dos servidores, observa-se o atendente 1 possui uma taxa de ocupação média igual a 66,02 %. Assim, a média da taxa de ociosidade do funcionário é de 32,73 % de sua capacidade.

4.3 Cenário 02- Fila única para dois atendentes

No sistema modelado real de como ocorre na Xerox, como mostrado na Figura 05 e Figura 06, que contém 2 (dois) atendentes, verificou-se que, em média, 60 pessoas entram no sistema e 59 no período analisado.

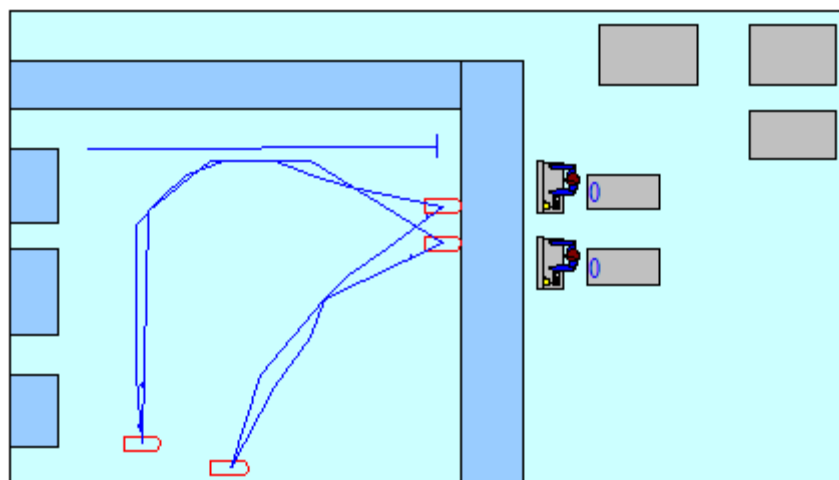


Figura 05- Modelo dois atendentes fila única no Arena



Fonte: Autoria do grupo (2015)

Figura 06 - Modelo de animação para dois atendentes no Arena



Fonte: Autoria do grupo (2015)



4.3.1 Variáveis de saída cenário 02

Ao ser analisado o cenário da Xerox com apenas dois atendentes, percebeu-se que as variáveis de saída obtida no cenário 2 também foi por meio da análise dos relatórios gerados pelo modelo. Foram utilizadas 20 replicações, analisando a situação, que possui dois atendentes e com fila única foi obtido uma média de 1,2218 pessoas esperando na fila, sendo o valor mínimo de 0 pessoas e o máximo de 11 pessoas. O tempo esperado pelos clientes varia entre 0 e 21,42 minutos, com média igual a 2,81 minutos.

Com relação à ocupação dos servidores, observa-se o atendente 1 possui uma taxa de Ocupação média igual a 74,78%, o atendente 2 de 64,25 %. Assim, a média da taxa de utilização dos funcionários é somente 60,51% de sua capacidade.

Verificou-se, também, que, em média, 59 pessoas saíram do sistema no período analisado. Assim, a média da taxa de ociosidade do funcionário é de 30,48 % de sua capacidade.

4.4. Validação do modelo construído

A simulação no Arena consiste uma representação de um modelo real consiste numa representação do mundo real, a copiadora. Portanto, a validação de um modelo é muito importante deve saber se o modelo realmente se comporta com o real, sob as mesmas condições, logo o modelo é valido, caso contrário, não é válido (CHWIF, 2006).

Foram feitas uma análise de cenários alterando-se somente o número de atendentes do sistema para analisar o comportamento da fila. No sistema modelado, como mostrado, que contém dois atendentes, verificou-se que, em média, 59 pessoas saíram do sistema no período de tempo observado. Com um atendente, possui em média 57 pessoas, que saíram do sistema. Portanto, percebe-se que modificando a número de atendentes, obtêm resultados semelhantes com a realidade, sendo validado o modelo desenvolvido.





5. Considerações finais

Através dos resultados obtidos, pode-se comparar os cenários 1 (um atendente) e o cenário 2 (fila única com dois atendentes) por meio de 20 replicações no Arena, onde o número de pessoas que entraram no cenário 1 foi 58 e no cenário 2 foram 60, já o número de saída foi de 57 e 59, respectivamente. Quanto ao número médio de pessoas na fila foram 1,0565 e 1,2218, tendo de 0 à 12 pessoas na fila com 1 atendente de 0 à 11 pessoas na fila com 2 atendentes. Cada cliente espera em média na fila 2,3538 min e 2,81min, podendo esperar de 0 à 23,67 min e de 0 à 21,42 min. Já a respeito da taxa de ocupação dos atendentes, no cenário 1 o único atendente é utilizado em 68,34%, tendo como ociosidade 31,66%, porém no cenário 2, o atendente 1 apresenta 74,78% de utilização e 25,22% de ociosidade e o atendente 2, 64,25% de eficiência e 35,75% de ociosidade, o que leva uma média de 69,51% de eficiência e 30,49% de ociosidade.

Portanto é possível concluir que o cenário que mais se adéqua a situação da copiadora, é o Cenário 2 que possui uma fila única com dois atendentes, pois consegue atender uma maior quantidade de pessoas, além de possuir menores filas, e maior eficiência dos atendentes, o que resulta na minimização da ociosidade dos mesmos.

Portanto, é importante lembrar que não foi levado em consideração o atendimento prioritário de professores, logo é proposta a contratação de mais um atendente para realizar este tipo de atendimento, no qual prioriza atendimentos prioritários na instituição, que pode considerar além de professores, mulheres com crianças de colo, gestantes, deficientes físicos e idosos (lembrando que a copiadora atende não só a demanda interna da universidade, mas também demandas externas à instituição).

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. L. Introdução à Pesquisa Operacional. 3. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

CHWIF, L.; MEDINA, A. Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: Teoria & Aplicações. São Paulo: Editora dos Autores, 2006.





III Simpósio de Engenharia de Produção

GESTÃO DE INFORMAÇÕES COMO APORTE DE COMPETITIVIDADE PARA ORGANIZAÇÕES PRODUTIVAS

DAVIS, Mark M. Fundamentos da Administração da Produção / Mark M. Davis, Nicholas J. Aquilano e Richard B. Chase. 3 ed. Porto Alegre: Bookman Editora, 2001.

DUARTE, R.N. Simulação computacional: análise de uma célula de manufatura em lotes do setor de autopeças. 2003. 235 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2003.

GEORG Fischer, ARNDT Kirchner, HANS Kaufman, DIETMAR Schmid; Gestão da qualidade: Segurança do trabalho e gestão ambiental, tradução das 2 edição alemã ampliada ingeborg sell. – São Paulo: Editora Blucher, 2009.

HILLIER, F. S.& LIEBERMAN, G. J. Introdução á Pesquisa Operacional. 8 ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

LARSON, R.; FABER, B. Estatística Aplica. 2. Ed. São Paulo: Pearson, 2009.

MANN, P. S. Introdução á Estatística. 5. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

MELO Carlos Henrique, Pereira. Gestão da Qualidade. Ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011.

Morgado, Augusto César de Oliveira; Carvalho, João Pitombeira de; Carvalho, Paulo Cezar

Pinto; Fernandez, Pedro. Análise Combinatória e Probabilidade. 6 Edição, Rio de Janeiro SBM, 1997.

PRADO, D. S. Teoria das Filas e da Simulação. Nova Lima (MG): INDG, 2006.

SEBRAE. Comece certo: copiadora. São Paulo. 2ª edição. 2010

SEBRAE:Copiadoras.(<http://www.sebraesc.com.br/ideais/default.asp?vcdtexto=4068&%5E%5E>)

SILVA, L. M. F.; PINTO M. G.; SUBRAMANIAN, A. Utilizando o Software Arena Como Ferramenta de Apoio ao Ensino em Engenharia de Produção. In: XXVII ENEGEP. Florianópolis, 2007.

WIKIPÉDIA – Teoria das Filas. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Teoria_das_filas> Acesso em: 5 de Julho de 2014.

