

Modelo de simulação dos processos de uma lavanderia

Ernane Rosa Martins (PUC-GO) ernane01@gmail.com

Resumo:

A melhoria permanente dos processos produtivos é uma das principais preocupações das organizações na busca por mais competitividade no mercado. Tendo em conta essa necessidade, este trabalho teve como objetivo analisar, através de técnicas de simulação computacional, os processos de uma lavanderia localizada em Anápolis-GO, que não está conseguindo suprir a demanda, buscando expandi-la, dentro das disponibilidades de investimento. A metodologia utilizada é a de modelagem através de simulação computacional, de caráter teórico/bibliográfico, pela necessidade de aprofundar o conhecimento sobre simulação, prático/estudo de caso, por ser uma pesquisa empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto de vida real e de natureza exploratória qualitativa, pois objetiva aprofundar e aperfeiçoar as ideias. Um modelo foi implementado no software de simulação Arena. A partir deste modelo foram realizadas variações para estudar novas configurações de máquinas e secadoras. Os resultados obtidos na simulação demonstraram que, com a utilização de mais máquinas, todos os clientes que chegavam para lavar a roupa conseguiam encontrar uma máquina de lavar a disposição, assim como, com a utilização de mais secadoras, todos os clientes que chegam para utilizar a secadora, sempre encontravam pelo menos uma livre para poder ser utilizada.

Palavras chave: Arena, Modelagem, Simulação, Lavanderia.

Simulation model of a laundry processes

Abstract

The permanent improvement of production processes is a major concern of organizations in the search for more competitiveness in the market. Taking into account this need, this study aimed to analyze, through computer simulation techniques, processes a laundry room located in Anapolis-GO, which is failing to meet demand, seeking to expand it within the investment readiness. The methodology used is the modeling through computer simulation, theoretical / bibliographical by the need to increase knowledge of simulation, practice / case study, to be an empirical research that investigates a contemporary phenomenon within its real life context and qualitative exploratory nature, aims to deepen and refine ideas. A model was implemented in the Arena simulation software. From this model variations were carried out to study new configurations of machines and dryers. The results of the simulation show that with the use of more machines, all customers who came to the laundry could find a washing machine layout, as well as the use of more dryers, all customers coming to use the dryer, always find at least one free in order to be used.

Key-words: Arena, Modeling, Simulation, Laundry.

1. Introdução

Este artigo tem como objetivo analisar, através de técnicas de simulação computacional, os processos de uma lavanderia localizada em Anápolis-GO, que não está conseguindo suprir a demanda, buscando expandi-la, dentro das disponibilidades de investimento.

A metodologia usada na pesquisa foi de caráter teórico/bibliográfico, pela necessidade de aprofundar o conhecimento sobre simulação, prático/estudo de caso, por ser uma pesquisa empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto de vida real e de natureza exploratória qualitativa, pois objetiva aprofundar e aperfeiçoar as ideias.

Esta pesquisa se justifica, pois nenhum trabalho desse tipo havia sido realizado na empresa estudada. Durante a realização desse projeto, várias alternativas puderam ser estudadas a fim de se obter o correto direcionamento das atividades, e é nesse contexto que a modelagem e simulação de sistemas produtivos surgem como uma poderosa metodologia para as empresas, pois através dela é possível prever o comportamento de um determinado sistema. Dessa forma, o correto dimensionamento e direcionamento de recursos podem ser realizados para a redução de custos e detecção de melhorias.

A simulação permite criar, em computadores, ambientes virtuais que imitam o comportamento de quase todos os tipos de sistema, não necessitando de nenhuma modificação física das estruturas. Tendo como objetivos melhorar a eficiência de um sistema produtivo e redução de custos, além de possibilitar propor melhorias e detecção de erros que permitem aos gestores um maior respaldo na tomada de decisão.

Para Freitas Filho (2008), o crescimento da utilização dessa ferramenta deve-se, à atual facilidade de uso e sofisticação dos ambientes de desenvolvimento de modelos computacionais, aliadas ao crescente poder de processamento das estações de trabalho.

Este artigo está estruturado nas seguintes seções. A seção 2 traz uma revisão de literatura, com a formação de uma base conceitual e teórica, que fornece subsídios para a compreensão dos principais conceitos abordados. A seção 3 descreve a metodologia, com os procedimentos de investigação, utilizados pelo pesquisador. Na seção 4 são apresentados os resultados da pesquisa. Por fim, a seção 5 reúne as considerações finais.

2. Referencial teórico

2.1. O processo de simulação

É possível definir simulação como sendo uma técnica de estudar o comportamento e reações de determinados sistemas através de modelos, ou seja, a realização de experimentos amostrais em um modelo de um sistema. Assim, os testes são realizados no modelo, ao invés de ser no sistema real, por ser mais fácil e com um menor custo (HILLIER, 1988).

Segundo Carson (2004), a representação de um sistema ou processo pode ser considerada um modelo. A modelagem de um sistema ou processo com a inserção do tempo e as mudanças apresentadas é considerada um modelo de simulação.

As etapas para se chegar ao consenso a respeito de simulação é observada por Chase (1989) da seguinte forma: em um primeiro momento, definir um modelo do que se deseja simular e em um segundo momento, movimentá-lo ao longo de um determinado tempo.

Por fim, os modelos de simulação conseguem baratear e agilizar as estimativas do desempenho de configurações de um sistema e/ou alternativas de procedimentos operacionais (BARTON, 2004).

2.2. Vantagens da simulação

Uma das vantagens claras na utilização da simulação é conseguir alterar determinados parâmetros do sistema e observar o resultado, servindo, ao final, como auxílio na tomada de decisão sobre futuras alterações no sistema real.

Do ponto de vista de Law e Kelton (2000), as vantagens da simulação são as seguintes:

- a) Sistemas complexos que contenham elementos estocásticos que não conseguem ser tratados adequadamente por técnicas analíticas podem ser, na maioria das vezes, estudados por simulação;
- b) Fornece um controle melhor sobre as condições experimentais do que seria possível na experimentação no sistema real.

Autores como Chung (2004) destacam outras vantagens na utilização do modelo por simulação:

- a) A experimentação pode ocorrer em um curto período de tempo, em virtude do apoio computacional;
- b) Menor necessidade de análise, uma vez que os pacotes de softwares disponíveis no mercado facilitam a análise dos dados;
- c) Facilidade da demonstração dos modelos, em virtude da alta capacidade gráfica dos pacotes de softwares disponíveis no mercado para a simulação.

3. Metodologia

A metodologia adotada é de caráter teórico/bibliográfico, pela necessidade de aprofundar o conhecimento sobre simulação, prático/estudo de caso, por ser uma pesquisa empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto de vida real e de natureza exploratória qualitativa, pois objetiva aprofundar e aperfeiçoar as ideias.

Yin (2005) diz que o estudo de caso é um tipo de pesquisa empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente evidentes. Em geral o estudo de caso é a estratégia preferida quando questões do tipo “como” e “por que” são colocadas, quando o investigador tem pouco controle sobre os eventos e quando o foco é um fenômeno contemporâneo entre algum contexto da vida real (YIN, 2005).

De acordo com Santos (2005, p. 173) a pesquisa exploratória qualitativa “se caracteriza pela existência de poucos dados disponíveis, objetiva aprofundar e aperfeiçoar as ideias”.

A primeira etapa consiste na fundamentação bibliográfica, ressaltando a importância do uso da simulação para as indústrias, aplicabilidade do uso dessa ferramenta e métodos para se construir um modelo computacional de um sistema produtivo. A segunda etapa diz respeito ao estudo de caso, com a coleta de informações, junto à empresa, relativos ao processo produtivo a ser analisado, bem como outras informações relevantes. A terceira etapa consiste na construção do modelo computacional e análises de outros cenários. Para a construção dos cenários em modelos computacionais, foi utilizado o software Arena e planilhas do Microsoft Excel.

De acordo com Chwif e Medina (2007), o desenvolvimento de um modelo de simulação compõe-se de três grandes etapas:

- a) Concepção ou formulação do modelo. Nesta etapa tem-se o entendimento do sistema a ser simulado. É necessário discussões do problema com os especialistas do setor e então ocorre a definição do escopo. Neste momento são também coletados os dados de entrada, certificando-

se da importância que a qualidade destes tem em todo o modelo. Faz-se então a representação do Modelo Abstrato (que está na mente do analista) utilizando técnicas adequadas. Esta representação trará um Modelo Conceitual;

b) Implementação do modelo. Neste momento, através do Modelo Conceitual é desenvolvido o Modelo Computacional utilizando um software de simulação comercial. O modelo computacional deve então ser comparado frente ao modelo conceitual para sua avaliação, ou seja, se o modelo está condizente com o sistema real. Durante este procedimento são feitas as validações (relativo ao modelo) e as verificações (relativo ao comportamento do modelo no computador);

c) Análise dos resultados do modelo. Nesta etapa o modelo computacional está pronto para realização dos experimentos. Temos então o Modelo Experimental. A partir desse momento, são realizadas várias “rodadas” no simulador e analisados os resultados. Caso seja necessário, fazem-se alguns ajustes no modelo computacional e reinicia as “rodadas”. Após as análises dos resultados, conclusões e recomendações sobre o sistema poderão ser registradas.

4. Resultados obtidos

4.1. O Modelo

Clientes chegam a uma lavanderia de uma forma aleatória, segundo uma exponencial, com um intervalo médio entre chegadas de 15 minutos. Eles se posicionam em uma fila a espera de uma entre sete máquinas de lavar existentes na lavanderia. Cada máquina leva exatamente 25 minutos para lavar qualquer quantidade de roupa suja trazida pelo cliente (não há problema de capacidade!). No final da lavagem o cliente se serve de um cesto (de um total de 12 existentes), se houver um disponível, para transportar as roupas até uma secadora (de um total de 2 existentes). Descarregar a máquina de lavar tem uma duração uniformemente distribuída num intervalo de 1 a 4 minutos. Transportar a roupa entre a lavadora e a secadora também tem duração uniformemente distribuída no intervalo de 1 a 4 minutos. O tempo de secagem é distribuído segundo uma normal de média 6 e variância 1. Colocar a roupa na secadora leva 2 minutos.

4.2. O Diagrama de Ciclos de Atividades do Problema

Através do modelo citado no item 4.1, foi elaborado o DCA do problema, conforme apresentado na Figura 1.

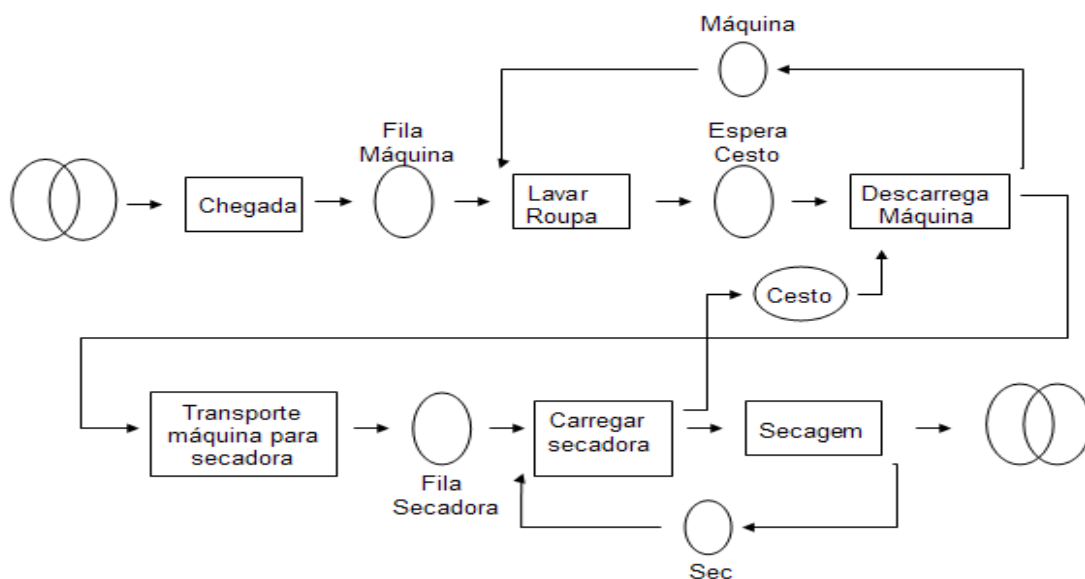


Figura 1 – DCA do problema Lavanderia

O DCA modela uma lavanderia, onde temos os processos de lavar roupa, descarregar as roupas da máquina de lavar, transportar as roupas da máquina de lavar para a secadora, carregá-las na secadora e realizar a secagem.

Para cada um destes processos, temos recursos que irão ser utilizados para que os processos possam ser realizados. Temos, portanto, a chegada dos clientes nesta lavanderia com o intuito de lavar as suas roupas na máquina de lavar. Este cliente irá aguardar em uma fila, uma máquina de lavar ficar desocupada. Assim que a máquina ficar desocupada, o cliente poderá lavar usufruir do recurso máquina de lavar.

Quando terminar de lavar a roupa, o cliente deverá aguardar em uma outra fila a desocupação do cesto para então poder descarregar sua roupa da máquina de lavar. Com o cesto em mãos, o cliente irá descarregar a máquina de lavar (liberando a máquina para que outro cliente possa utilizá-la) e irá transportar as suas roupas para uma secadora desocupada. Caso não encontre nenhuma secadora desocupada, o cliente irá aguardar em uma nova fila até que consiga uma secadora.

Assim que for liberado uma secadora, iremos carregá-la (libera o recurso cesto para que outro cliente possa utilizá-lo) e aguardar que as roupas fiquem secas. Somente após este processo que o cliente irá liberar a secadora para outro. Após este ultimo processo, o cliente irá deixar a lavanderia.

4.3. O Modelo Programado

De posse do DCA do problema e utilizando-se o software ARENA, construiu-se o modelo programado do problema, conforme a Figura 2.

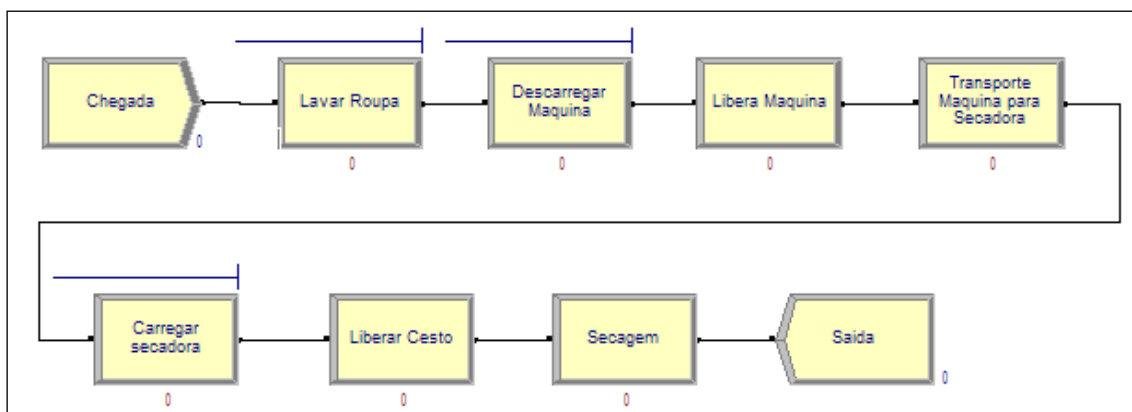


Figura 2 – Modelo programado do problema Lavanderia

4.4. Resultado da Execução do Modelo Programado

O software ARENA gera um relatório quando o modelo é executado. Este relatório possui informações importantes sobre o comportamento do sistema. O relatório gerado pelo software para o modelo programado do problema da Lavanderia (1ª. rodada, 10ª. rodada e resumo das 10 rodadas) é mostrado no Anexo IV.

Os principais parâmetros do sistema que foram analisados são apresentados na Tabela 1. Serão mostrados os parâmetros referentes à média aritmética dos valores encontrados nas 10 rodadas.

	Parâmetro	Valor Obtido
1	Replication ended at time	5880.0 Minutes
2	Clientes.NumberIn	429.3
3	Clientes.NumberOut	428.1
4	Clientes.WIP	2.7992
5	Maquina.Utilization	.28656
6	Secadora.Utilization	.29309
7	Cesto.Utilization	.04455
8	Carregar Secadora.Queue.NumberInQueue	.02651
9	Descarregar Maquina.Queue.NumberInQueue	.00000
10	Lavar Roupa.Queue.NumberInQueue	9.2562E-05
11	Carregar secadora.Queue.WaitingTime	.36423
12	Descarregar Maquina.Queue.WaitingTime	.00000
13	Lavar Roupa.Queue.WaitingTime	.00127

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 1 – Principais parâmetros do modelo Lavanderia

4.5. Interpretação dos Resultados

No 1º parâmetro tem-se o tempo do sistema que foi simulado em cada rodada. Como cada replicação executada era de 7 dias com 14 horas/dia, tem-se: $7 \times 14 \times 60 = 5880$ minutos. O valor 60 da expressão foi utilizado para mudar o valor resultante em horas para minutos.

Pelos parâmetros de número 2 e 3 mencionados na Tabela 1, entraram 429,3 clientes no sistema e saíram 428,1. O motivo dos números serem diferentes é pelo fato da simulação executar até um tempo pré-determinado (5880 minutos), sendo finalizado após esse tempo ter decorrido. Nesse caso quando a simulação finalizou, em média 1,2 clientes ainda estavam no sistema.

Outras particularidades do sistema podem ser verificadas:

O parâmetro 4 da tabela 1 indica a média do número de clientes que estão em processo no sistema (Clientes.WIP). De acordo com a Tabela 1, a média de clientes em processo no sistema é de 2.7992 clientes.

Os parâmetros de 5 a 7 informam a respeito da média de utilização de cada recurso presente no sistema. Os valores podem variar de um valor zero (não há utilização do recurso) até o valor um (utilização do recurso durante 100% do tempo):

Maquina.Utilization: .28656

Média de utilização do recurso máquina.

Secadora.Utilization: .29309

Média de utilização do recurso secadora no sistema Lavanderia.

Cesto.Utilization: .04455

Média de utilização do recurso cesto no sistema.

Os parâmetros de 8 a 10 procuram relacionar o número de clientes presentes em cada fila existente no sistema. Segue abaixo a explicação de cada uma das filas:

Carregar Secadora.Queue.NumberInQueue: .02651

Número médio de clientes presentes na fila para utilização do recurso secadora.

Descarregar Maquina.Queue.NumberInQueue: .00000

Número médio de clientes presentes na fila para descarregar máquina (utilização do recurso

cesto). No caso todos os clientes conseguem um cesto, não havendo assim pessoas na fila de espera por um cesto.

Lavar Roup.Queue.NumberInQueue: 9.2562E-05

Numero médio de pessoas presentes na fila para lavar roupa (necessita do recurso máquina de lavar).

Os parâmetros de 11 a 13 informam a respeito do tempo médio que cada cliente permanece nas filas existentes no sistema Lavanderia. Vejamos abaixo:

Carregar secadora.Queue.WaitingTime: .36423

Tempo médio que cada cliente espera na fila para utilizar a secadora.

Descarregar Maquina.Queue.WaitingTime: .00000

Tempo médio que cada cliente aguarda na fila para utilizar o cesto e descarregar a máquina de lavar roupa.

Lavar Roup.Queue.WaitingTime: .00127

Tempo médio que cada cliente aguarda na fila para utilizar a máquina de lavar roupa (necessário o recurso máquina de lavar).

Para responder à pergunta do problema e determinar o tempo médio que um cliente permanece no interior da lavanderia devem ser realizados os seguintes cálculos:

Descobrir quanto tempo o cliente gasta em cada simulação e em seguida calcular a média aritmética desses valores:

Cada relatório possui uma variável (Clientes.TotalTime) que informa o tempo total gasto por cada cliente na lavanderia. Este tempo total inclui o tempo gasto nas filas e nos processos existentes no sistema.

Devemos então encontrar a soma de todas estas variáveis e em seguida realizar a média aritmética desses valores, encontrando assim o médio que cada cliente gasta na lavanderia. Os valores encontrados para as 10 simulações encontram-se na Tabela 2.

Simulações	Clientes.TotalTime
1ª Sim	38,53
2ª Sim	38,462
3ª Sim	38,269
4ª Sim	38,057
5ª Sim	38,209
6ª Sim	38,099
7ª Sim	38,25
8ª Sim	38,32
9ª Sim	38,208
10ª Sim	38,387
Total	38,2791

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 2 – Parâmetro tempo total gasto na Lavanderia em cada simulação

O tempo médio gasto por cada cliente na lavanderia é de 38,27.

4.6. Simulação com Novos Parâmetros para o Problema

Após ter sido verificado os parâmetros do sistema para os recursos (quantidade de máquinas

de lavar roupa, cestos e secadoras) e processos que são encontrados no sistema real, pode-se alterar as variáveis do sistema para verificar se podem ser feitas melhorias com o intuito de minimizar o custo (diminuir a quantidade de máquinas de lavar roupa, cestos e secadoras) ou melhorar o atendimento (aumentar a quantidade de máquinas de lavar roupa, cestos e secadoras). De acordo com os resultados obtidos pode-se verificar se as mudanças são ou não são compensatórias.

4.6.1. Alterando o número de máquinas de lavar do sistema.

Iremos realizar a alteração do número de máquinas do sistema de 7 para 14 máquinas e verificar os parâmetros que sofreram variações. Os novos dados são apresentados na Tabela 3.

	Parâmetro	Valor Obtido
1	Maquina.Utilization	.1432
2	Lavar Roupa.Queue.NumberInQueue	.0000
3	Lavar Roupa.Queue.WaitingTime	.0000

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 3 – Parâmetros após alteração do recurso máquina de lavar roupa

De acordo com os novos parâmetros, tivemos uma diminuição no tempo de utilização do recurso máquina, pois antes tínhamos 28,65% de máquina sendo utilizada no sistema e agora temos apenas 14,32%.

Esta alteração do recurso máquina influenciou diretamente outros 2 parâmetros no sistema que são o tempo que cada cliente aguarda para lavar a roupa (Lavar Roupa.Queue.WaitingTime) e o número de clientes presentes na fila (Lavar Roupa.Queue.NumberInQueue) aguardando para utilizar uma máquina de lavar roupa.

Ambos os parâmetros chegaram ao valor 0, concluindo assim que todos os clientes que chegavam para lavar a roupa conseguiam encontrar uma maquina de lavar à disposição.

4.6.2. Alterando o número de secadoras

Iremos realizar uma nova alteração no sistema, agora aumentaremos o número de secadoras para verificarmos quais parâmetros serão influenciados para em seguida conseguirmos concluir se a mudança irá trazer ou não benefícios para o sistema. Os novos dados são apresentados na Tabela 4.

	Parâmetro	Valor Obtido
1	Secadora.Utilization	.1415
2	Carregar Secadora.Queue.NumberInQueue	.0000
3	Carregar secadora.Queue.WaitingTime	.0000

Fonte: Elaborada pelo autor

Tabela 4 – Parâmetros após alteração do recurso secadora.

Com a alteração do recurso secadora, observamos que o tempo de utilização da mesma no sistema diminuiu, passando de 29,30% de utilização para 14,15%.

A alteração do recurso secadora influenciou diretamente outros 2 parâmetros no sistema que são o tempo que cada cliente aguarda para secar a roupa (Carregar secadora.Queue.WaitingTime) e o número de clientes presentes na fila (Carregar Secadora.Queue.NumberInQueue) aguardando para utilizar uma secadora.

Os parâmetros estão com o valor igual a 0, concluindo assim que todos os clientes que

chegavam para utilizar a secadora sempre encontram pelo menos uma livre para poder ser utilizada.

5. Considerações finais

Este artigo teve como objetivo analisar, através de técnicas de simulação computacional, os processos de uma lavanderia localizada em Anápolis-GO, que não está conseguindo suprir a demanda, buscando expandi-la, dentro das disponibilidades de investimento.

Este permitiu obter um maior conhecimento sobre modelagem e simulação de problemas encontrados no mundo real e analisar o desempenho atual do sistema modelado quanto para a idéia de tomada de decisão sobre se é ou não viável promover alterações no sistema. Com a simulação, foi possível alterar os parâmetros do sistema e verificar o resultado dessa alteração sem alterar na realidade, verificando se o sistema atual pode ser melhorado ou não.

Para a realização desse trabalho, utilizaram-se os recursos básicos do ambiente de programação ARENA. Este ambiente se mostrou muito versátil e de fácil utilização para problemas de modelagem e simulação de processos, além de gerar um relatório detalhado, que possibilita uma melhor análise e compreensão do modelo estudado.

Os resultados obtidos demonstraram que a utilização, no processo, com mais máquinas, todos os clientes que chegavam para lavar a roupa conseguiam encontrar uma maquina de lavar a disposição, assim como, com mais secadoras, todos os clientes que chegavam para utilizar secadora sempre encontravam pelo menos uma livre para poder ser utilizada.

Este modelo poderá ser utilizado como ferramenta de apoio à tomada de decisão na alocação de recursos e na avaliação do impacto de mudanças na empresa analisada e em outras.

Como trabalhos futuros sugere-se a coleta de dados em outros dias da semana e horários, assim como avaliar outros novos possíveis cenários, a fim de realizar outras análises.

Referências

- BARTON, R. R.** Designing Simulation Experiments. Proceedings of the Winter Simulation Conference, USA, 2004.
- CARSON, J. S.** Introduction to Modeling and Simulation. Proceedings of the Winter Simulation Conference, U.S.A, 2004.
- CHASE, R. B; AQUILANO, N. J.** Production and Operations Management. 5th ed. IRWIN. 1989.
- CHUNG, A. A.** Modeling Handbook: A practical approach. Boca Raton: CRC Press, 2004. 573 p.
- CHWIF, L; MEDINA, A. C.** Modelagem e simulação de eventos discretos, teoria & aplicações. Segunda edição. São Paulo, 2007.
- FREITAS FILHO, P. J.** Introdução à modelagem e simulação de sistemas: com Aplicações em Arena. 2. ed. São Paulo, SP: Editora Visual. 2008.
- HILLIER, F. S., LIEBERMAN G. J.** Introdução à pesquisa operacional. 3. Ed. Rio de Janeiro: Campus / São Paulo: Universidade de São Paulo, 1988.
- LAW, A. M.; KELTON, W. D.** Simulation modeling and analysis. 3. Ed. McGraw-Hill Higher Education, 2000.
- ROBINSON, S.** Simulation: the practice of model development and use. Chichester: John Wiley & Sons, 2004.
- SANTOS, I. E.** Manual de métodos e técnicas de pesquisa científica - 5 ed. rev. atual. e ampl. Niterói, RJ: Impetus, 2005.
- YIN, R. K.** Estudo de Caso: Planejamento e métodos. Porto Alegre: Bookman, 2005.