

Proposta de modelagem para simulação dinâmica de atendimento para serviços de assistência técnica em equipamentos de automação bancária – uso do software Arena®: estudo de caso

Manoel Francisco Carreira (UEM-DEP) mfcarreira@uem.br
Gilberto Clóvis Antonelli (UEM-DEP) gcantonelli@uem.br
Alexandre Sabadin (UEM-DEP) alexandre_sabadin@yahoo.com.br
Sueley da Silva Carreira (UFSC-EGC) sscarreira@gmail.com
Ana Maria Benciveni Franzoni (UFSC-EGC) afranzoni@gmail.com

Resumo:

Este trabalho é um estudo de caso sobre uma proposta de simulação do processo de atendimento aos clientes de uma empresa prestadora de serviços de manutenção de equipamentos de automação bancária. Seus clientes são agências bancárias que necessitam de manutenção *in loco* em seus equipamentos. Portanto, o técnico de manutenção sempre se desloca até o cliente para realizar o trabalho de manutenção. O processo compreendido pela ocorrência do defeito em um equipamento (em agência bancária em uma das cidades da região de abrangência), pelo deslocamento do técnico de manutenção e inclusive pelo serviço de reparo, foi modelado e para a simulação dinamicamente utilizando-se o software Arena®. A simulação dinâmica auxilia na previsão das demandas do processo de atendimento das ocorrências (chamado de manutenção) e assim permite a otimização do processo para melhoria da eficiência do sistema. Os dados coletados foram tratados estatisticamente no software Arena de forma que se obteve os gráficos de distribuição de probabilidades das diversas atividades do processo, os quais foram inseridos no modelo para que este pudesse representar o caso real. O modelo criado foi programado no Arena e assim será possível simular diversos cenários em tempo real de maneira a permitir coletar dados para servir de base para a tomada de decisão referente a otimização do processo.

Palavras chave: Simulação, Arena, Atendimento, Serviços.

Modeling approach for dynamic simulation of call for technical assistance in banking automation equipment - using Arena ® software: a case study

Abstract

This paper is a case study on a proposed simulation process from a customer service company providing maintenance services for banking automation equipment. Your customers are banks that require maintenance on site in their equipment. Therefore, the maintenance technician always moves to the client to perform the maintenance work. The process understood by such defect in equipment (in bank branch in one of the cities in the region covered), the displacement of the technical and maintenance including the repair service has been modeled to simulate and dynamically using the software Arena ®. Dynamic simulation helps to predict the demands of the service process of the occurrences (called maintenance) and thus allows the optimization process to improve the efficiency of the system. The collected data were treated statistically in Arena software so that the graphs obtained probability distribution of the various process activities, which were inserted in the model so that it could represent the real case. The model was programmed in Arena and so will be possible to simulate different scenarios in real time to allow data collection to serve as a basis for making decisions regarding the optimization of the process.

Key-words: Simulation, Arena, Customer, Service.

1. Introdução

Para uma organização nos tempos atuais ser competitivo é o grande diferencial, assim é imprescindível que sejam identificados e otimizados os detalhes de seu processo produtivo. Tal se requer sistemas produtivos ágil em suas respostas, o que caracteriza um alto grau de flexibilidade em relação às mudanças de cenário imputada pelos consumidores distribuídos pela sua área de atuação. Dentro deste contexto se exige ferramentas ou sistemas que possam prever o comportamento do processo produtivo perante um cenário adverso ou mesmo propicio a expansão da produção (LIM & ZHANG, 2003).

As organizações passam constantemente por alterações em seus organogramas e processos, as quais as mais diversas, afetando os processos produtivos e operacionais, tanto em empresas de manufatura como em prestadoras de serviços. A questão que fica é se essas alterações ou adequações são baseadas em estudos? Pode se afirmar que muitas vezes são efetivadas de forma empírica, sem análise adequada e precisa a respeito da modificações que se fazem necessárias.

Diante da problemática do entendimento do processos, com o objetivo de embasar as tomadas de decisão torna-se necessário o estudo considerando a simulação dos processos existentes. Tal necessidade requer o uso da simulação computacional dinâmica se consolida como uma poderosa ferramenta no processo de tomada de decisão.

Na visão sistêmica dos processos de produção a “arte” de solucionar determinados problemas é considerada, sob o espectro da simulação dinâmica, a partir da aplicação de modelos que representam a realidade dos processos de forma realista e concreta. No caso em estudo, por se tratar de atendimento de chamada que obedece um processo randômico, a complexibilidade do processo exige um estudo dinâmica e computacional.

A simulação das atividades de uma empresa prestadora de serviços de manutenção de equipamentos de automação bancária com atendimento regional, necessita de estudo prévio quanto a modelagem e posteriormente a validação do modelo. O objetivo do estudo e apresentar a análise do sistema, a modelagem das atividades baseado nos processos de serviço que a atividade requer. A partir da modelagem e validação será possível simular diversos cenários que possibilitaram estudo da atividade e solucionar os problemas inerentes ao processo, como por exemplo determinar a capacidade de atendimento de chamados pelos técnicos.

2. Fundamentação teórica

2.1 Modelagem e simulação de sistemas

A modelagem associada a simulação de sistemas nos reporta a simulação computacional (dinâmica), a qual permite obter dos processos produtos e serviços respostas rápidas com baixo custo de investimento, sobre o que e quando fazer diante do processo de tomada de decisão (HARREL et al., 2000). A simulação imita uma situação real ou hipotética (cenário ainda não existente) por meio de modelo de lógica-matemática com uso de softwares específico.

Também pode se citar Shmidt e Taylor (1970) *apud* Law e Kelton (2000 p.41) que afirmam que “um sistema pode ser definido por uma coleção de entidades, como pessoas ou máquinas, que agem e interagem juntos, para a realização de um objetivo final”. Sistemas podem ser classificados como discretos ou contínuos e podem ser analisados por duas formas: experimentação com o sistema atual e experimentação com modelos do sistema.

Na visão gerencial, HUM (1998), afirmar que a simulação dinâmica é uma ferramenta de grande potencial para o apoio na tomada de decisões, dado que responde às atividades de projeto e operação de processo (produto ou serviço) ou sistemas complexos de forma a representar a simulação de sistemas do “mundo real”.

A modelagem do sistema de produção deve preceder a simulação, principalmente, quando exige modificações de layout, ampliações de fábricas, troca de equipamentos, reengenharia, automatização e outras tarefas de relacionadas ao sistema produtivo. O processo de modelagem de sistema, em geral, apresenta resistência por parte de muitos os técnicos dada a complexibilidade de estruturação dos modelos e desta maneira fica comprometida a eficiência do processo. Independente das dificuldades, a etapa de modelagem é muito importante para do estudo de simulação, embora muitos profissionais não valorize o instrumento (CHWIF e MEDINA, 2007).

Porém quando se refere a modelos de sistema, estes são concebidos por meio de uma abstração da realidade, onde apenas aspectos relevantes do sistema real são considerados (PARAGON, 2012). Segundo Shriber *apud* Freitas Filho (2008 p.142), “simulação implica na modelagem de um processo ou sistema, de tal forma que o modelo imite as respostas do sistema real numa sucessão de eventos que ocorrem ao longo do tempo”. Considerando estas afirmações pode se dizer que cada processos é único dentro da concepção de abstração da realidade do profissional responsável pela modelagem.

2.2 Software Arena®

O Arena® é um ambiente gráfico integrado de simulação, que contém recursos para modelagem de processos, desenho & animação, análise estatística e análise de resultados” (PARAGON, 2012). O software apresenta um conjunto de blocos (ou módulos) que são utilizados para se descrever uma aplicação real. Utilizando uma *interface* gráfica para o usuário (ou GUI – *Graphical User Interface*) o Arena® simplifica bastante o processo de construção dos modelos. Além disso, ainda possui uma ferramenta muito utilizado neste estudo: o analisador de dados de entrada (*Input Analyzer*) (PRADO, 2004).

O *Input Analyzer* permite analisar dados reais do funcionamento do processo e determinar automaticamente qual distribuição de probabilidade estatística melhor representa o conjunto de dados apresentado. Essa distribuição pode ser incorporada diretamente ao modelo. O tratamento estatístico dos dados analisados por esse recurso pode ser adequado tanto a distribuições de probabilidades contínuas quanto a discretas. As distribuições de probabilidades contínuas são apresentadas nas Figura 1.

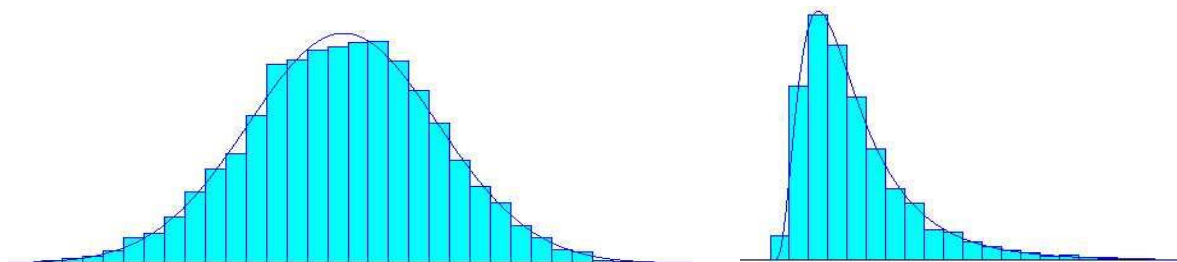


Figura 1 – Gráfico de distribuição da função Normal e Lognormal

Fonte: adaptado do tutorial do *software* Arena®

2.3 Conceito de Pareto

Pareto ou curva ABC (como é conhecida) é uma metodologia gráfica que apresenta barras verticais que dispõe a informação de modo a tornar evidente e visual a priorização de elementos analisados, e também permite o estabelecimento de metas numéricas viáveis de serem alcançadas. Os itens apresentados na metodologia de Pareto pode ser classificado em duas categorias: os “poucos vitais” e os “muitos triviais”. “Os *poucos vitais*” que representam um pequeno número de problemas, mas que no entanto resultam em grandes perdas para a empresa. Já os “*muitos triviais*” são uma extensa lista de problemas, mas que apesar de seu grande número, convertem-se em perdas pouco significativas”. Por fim, as informações disponível no Pareto permitir a concentração dos esforços para melhoria nas áreas onde os maiores ganhos podem ser obtidos” (WERKEMA, 1995).

3. Metodologia

Considerando inicialmente a classificação da pesquisa, tem se quanto à natureza a classificação como pesquisa “aplicada”, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigida à solução de problemas específicos. Quanto à abordagem do problema, classifica-se como “qualitativa e quantitativa”, utilizando-se do conceito qualitativo para o desenvolvimento dos modelos e os conceitos de quantificação na coleta de dados. No que diz respeito aos objetivos, é classificada como exploratória, pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema, explicitando-o e construindo hipóteses. Já em relação aos procedimentos técnicos, trata-se de um estudo de caso, pois é um estudo aprofundado e exaustivo de um caso específico e relevante pelo potencial de abrangência, permitindo um detalhado conhecimento do caso.

As fontes de informação para desenvolver este estudo serão a coleta de dados em campo e em laboratório. Para tal, a base de dados do sistema de chamados técnicos da empresa em questão será consultada, tratada e analisada. Informações de alguns colaboradores da empresa envolvidos no processo também serão muito valiosas para compor as fontes de informação.

O cenário a ser simulado é delimitado a apenas aos clientes atendidos pela empresa Brasil S/A, pois, após essa amostra ser replicada ao todo e os dados são reais. Os tempos e métodos utilizados na modelagem foram consultados no sistema integrado de gestão empresarial (ERP – *Enterprise Resource Planning*) da empresa Brasil S/A, abrangendo um histórico de um ano de trabalho. Consultas de informações com a gerência e colaboradores da empresa também serão necessárias. Após a coleta desses dados e informações, serão geradas as tabelas e curvas estatísticas que servirão de fontes de informação para o modelo a ser simulado.

4. Contextualização do Estudo de Caso

A modelagem e simulação apresentada neste trabalho aborda o processo de atendimento dos chamados técnicos da empresa Brasil S/A, abrangendo desde a detecção de defeito no equipamento até o término do conserto deste (sendo que o conserto é feito no cliente).

4.1 Esquemas do processo

O atendimento dos chamados técnicos envolve deslocamentos dentro da cidade de origem do técnico de manutenção (ou técnico residente – TR) e, na maioria das vezes, deslocamentos intermunicipais. Na modelagem foram considerados os tempos e métodos envolvidos nesse processo, que está detalhado a seguir.

- assim que um defeito em um equipamento é detectado pelo cliente (geralmente um dos gerentes da agência), esse realiza a abertura de uma ordem de serviço no sistema do banco (servidor alocado em Brasília - DF). Nesse momento, uma ordem de serviço (OS) é gerada pelo sistema, contendo dados como: número patrimonial e tipo do equipamento, data e hora da geração da OS, nome e matrícula do solicitante, defeito reclamado, identificação do cliente e outras informações irrelevantes neste momento;
- automaticamente, o sistema do banco realiza a abertura de um chamado técnico no sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*) da empresa Brasil S/A (servidor alocado no Rio de Janeiro - RJ), com a qual possui contrato de manutenção para seus equipamentos;
- o chamado é visualizado pelo controlador de chamados da filial (alocado em Londrina - PR), que o direciona para o TR adequado, por meio do aplicativo OSMobile, instalado no telefone celular do TR;
- o TR, por sua vez, desloca-se para o cliente de destino para realizar a manutenção (que pode ser na sua cidade de origem ou em outra cidade);
- atendendo ao cliente, o TR efetua a manutenção do equipamento, gastando o tempo necessário para tal, de acordo com o tipo de equipamento;
- o TR retorna para sua base ou desloca-se até o próximo cliente, caso necessário;

A Figura 2 apresenta o fluxograma com o esquema geral de abertura de chamados técnicos e a perspectiva do chamado do ponto de vista do TR.

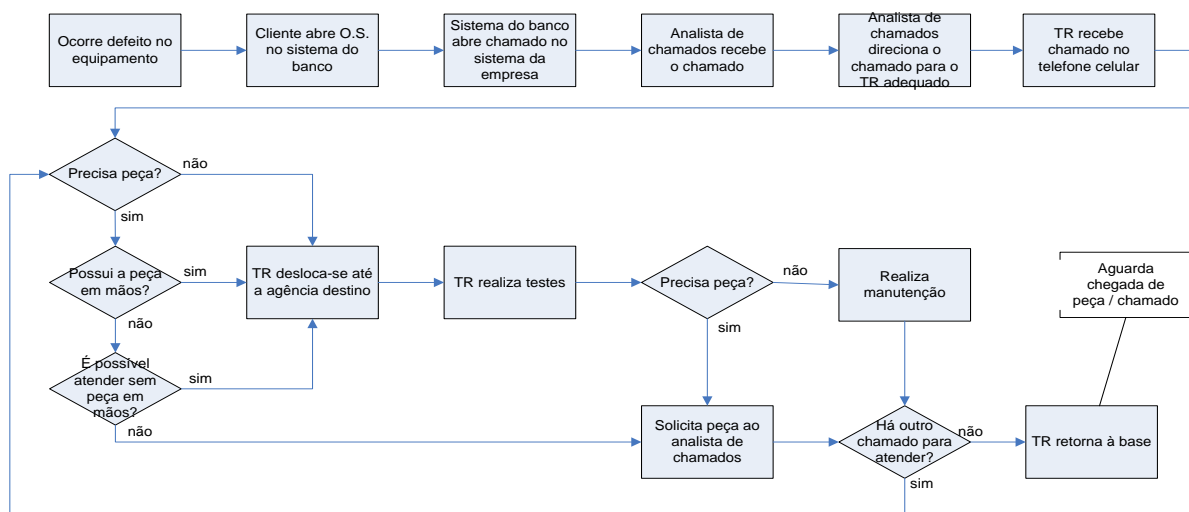


Figura 2 – Processo de abertura de chamados, na perspectiva do técnico

Fonte: Primária

4.2 Abrangência dos serviços

Os dois técnicos residentes em Maringá (ano base 2011) são responsáveis por atender clientes localizados em algumas cidades da mesorregião Noroeste paranaense e algumas da mesorregião Norte Central paranaense. Essas mesorregiões são divididas em microrregiões, sendo que a mesorregião Noroeste possui duas microrregiões, Paranavaí (22 cidades) e Cianorte (7 cidades), e a mesorregião Norte Central Paranaense possui seis microrregiões, Astorga (13 cidades), Floraí (7 cidades), Maringá (5 cidades), Apucarana (2 cidades), Faxinal (2 cidades) e Ivaiporã (3 cidades). Dessa forma, esses dois técnicos atendem mais de cinquenta clientes, amostra consideravelmente significativa no que diz respeito à simulação. As localizações geográficas desses clientes são demonstradas simplificadamente no esquema em rede da Figura X (ver Item X.X).

4.3 Escolha do grupo de equipamentos

O parque tecnológico atendido pela empresa Brasil S/A é composto por diversos tipos de equipamentos distintos, mas há um grupo de equipamentos que representa a grande maioria dos chamados técnicos atendidos pela empresa.

A Figura 3 apresenta, na forma de diagrama de Pareto, esse grupo predominante de equipamentos atendidos.

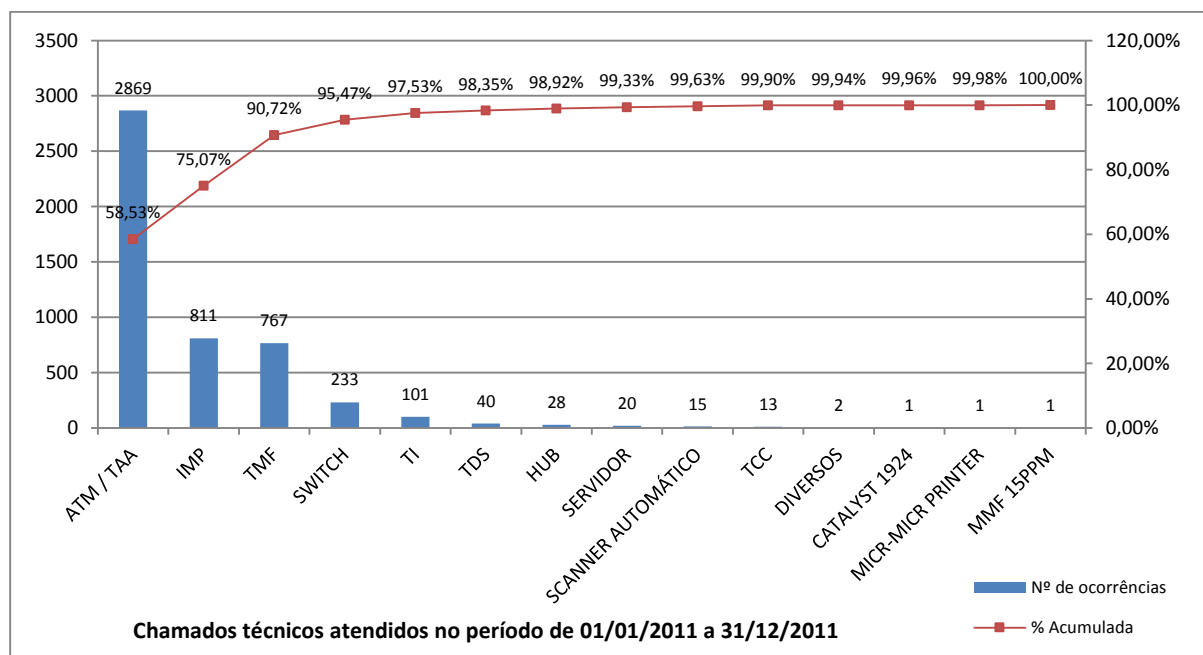


Figura 3 – Processo de abertura de chamados, na perspectiva do técnico
Fonte: Primária

Conforme pode ser visualizado na Figura 3, o grupo de equipamentos que representou mais de 90% dos atendimentos, durante o ano de 2011, foi composto por terminal de autoatendimento (ATM/TAA), impressora (IMP) e terminal de múltiplas funções (TMF). A modelagem e simulação do sistema foram baseadas nesse grupo de equipamentos.

5. Modelagem e Aplicação

Neste tópico serão abordados os dados necessários para alimentar o modelo a ser simulado com o *software* Arena®, tais como: as distâncias envolvidas no processo e os tempos necessários para percorrê-las; tempos de atendimento em chamados técnicos e demais tempos e métodos considerados relevantes.

5.1 Distâncias entre os clientes

Para a simulação no *software* Arena® necessitamos da informação das distâncias entre as estações (clientes) que serão atendidas, bem como o relacionamento entre elas. Dessa forma é possível obter o tempo gasto para percorrer os trechos percorridos, com base na velocidade do transportador utilizado. As distâncias apresentadas são em quilômetros.

Como pode ser visualizado na Figura 4, é formado um esquema de rede representando os relacionamentos entre os clientes atendidos pelos dois TRs de Maringá. Esse tipo de esquema é denominado de *Network* pelo Arena® e o segmento que liga uma cidade à outra é referenciado como *Network Link*.

Como forma de simplificar a modelagem, as cinquenta e oito cidades atendidas foram agrupadas em dez áreas distintas, como pode ser visualizado na Figura 4, as áreas, representadas por “Área 1” até “Área 10”, possuem como referência a principal cidade de cada agrupamento. As distâncias entre as áreas foram obtidas das distâncias entre os pontos médios de cada área formada (valor aproximado). O número de chamados técnicos de cada área equivale ao somatório dos chamados de cada cidade compreendida por aquela área.

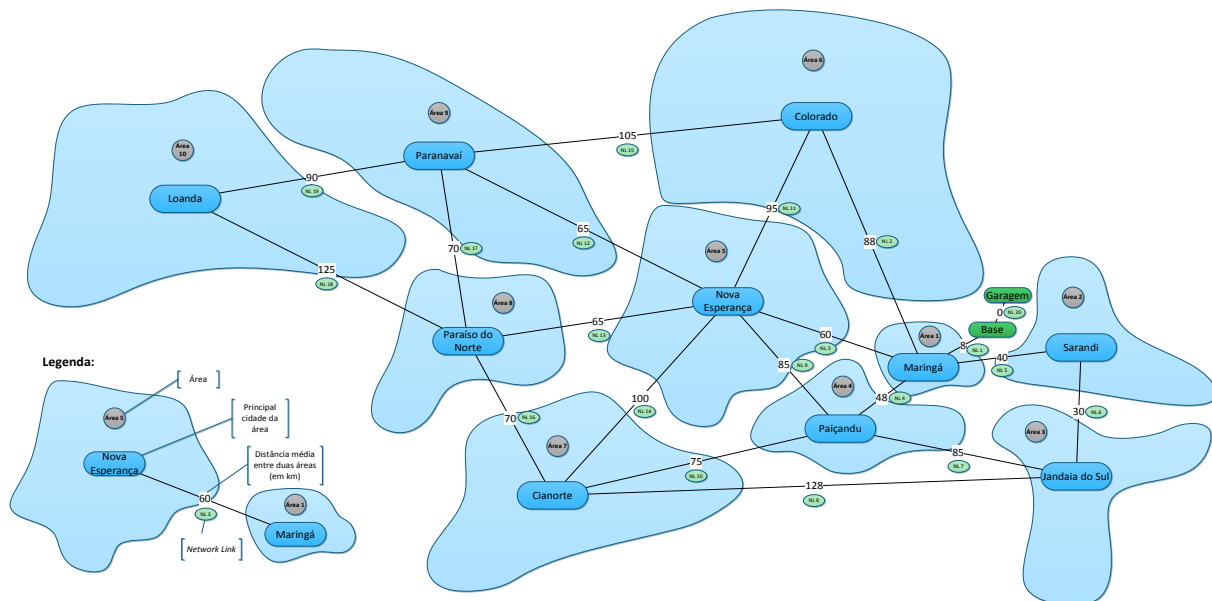


Figura 4 – Rede de distâncias entre os clientes agrupados por áreas
 Fonte: Primária

5.2 Quantidade de chamados técnicos

Consultando-se o sistema ERP da empresa, foi obtido o histórico dos chamados por tipo de equipamento, separados por cliente (cidade) e, conseqüentemente, agrupados pelas áreas correspondentes, tendo como base o ano de 2011. O agrupamento foi efetuado conforme o dia do mês, pois a atividade bancária possui sazonalidade sensível ao dia do mês e evitou-se, assim, uma distribuição multimodal caso fosse efetuada uma distribuição de probabilidades considerando-se todos os dias do ano em um só gráfico. No Anexo I, temos uma tabela que apresenta os dados coletados para o equipamento ATM, entretanto foram construídas tabelas semelhantes para os demais equipamentos selecionados. Os espaços em branco apresentados na tabela significam que não existiram determinados dias em alguns meses. Por exemplo, o mês de abril não possui o dia 31. Entretanto, chamados técnicos também são atendidos, esporadicamente, em sábados, domingos e feriados, pois existe regime de plantão.

Utilizando-se o recurso *Input Analyzer* do Arena® e os valores da coluna “Total” (Anexo II) servindo como entrada de dados, foi gerada a distribuição de probabilidades que melhor se ajusta aos dados de entrada. A Figuras X3 é a representação gráfica da distribuição de probabilidades para os chamados de ATM. O período de tempo compreendido nesse gráfico é de trinta e um dias.

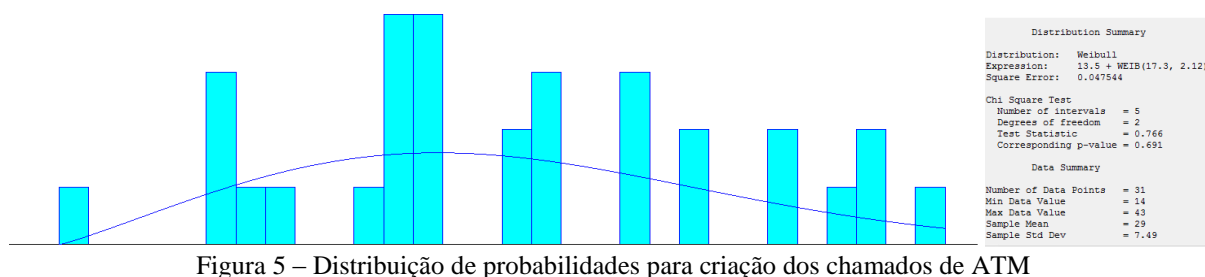


Figura 5 – Distribuição de probabilidades para criação dos chamados de ATM
Fonte: Primária

Observa-se que o ajuste da distribuição de probabilidades para os chamados de ATM adequou-se à distribuição contínua Weibull de probabilidades e teve o valor apresentado na Equação 1.

$$13.5 + WEIB(17.3, 2.12) \quad (1)$$

Onde: WEIB(a, b)

a : Parâmetro de escala

b : Parâmetro de forma

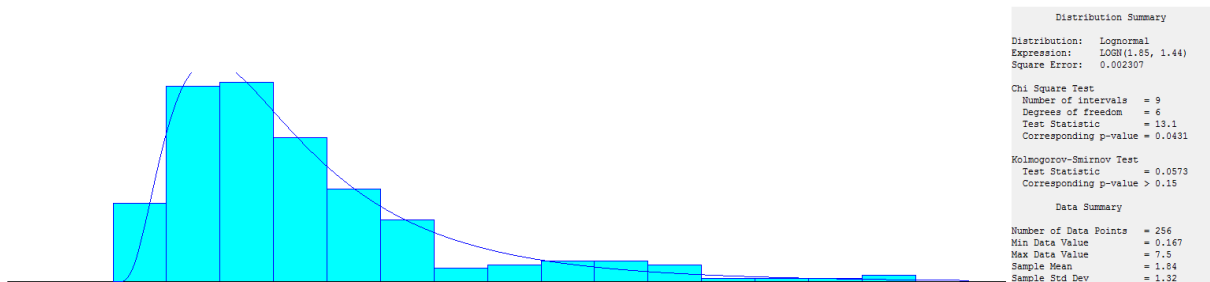
Como pode ser identificado no gráfico de distribuição de probabilidades para geração de chamados técnicos (Figura 5), há sazonalidade no que diz respeito ao dia do mês em que mais ocorrem defeitos nos equipamentos. Essa sazonalidade será aplicada no modelo construído, por meio das equações de distribuição de probabilidades geradas para cada tipo de equipamento. Ainda tendo como fonte de informação o sistema ERP da empresa Brasil S/A, foram coletados os dados referentes às distribuições dos chamados técnicos no ano de 2011, referente a cada uma das cidades atendidas. O passo seguinte foi reunir esses chamados, de acordo com o agrupamento das áreas apresentadas na Figura 4. A Tabela 1 apresenta o resultado da distribuição percentual dos chamados, de acordo com o tipo de equipamento (ATM) e conforme as áreas abordadas, tabelas semelhantes foram construídas para os demais grupos de equipamentos selecionados conforme apresentado no item 5.1.

Área	Nome da Área	Quantidade de chamados	Proporcional ao total
1	Maringá	255	28,40%
2	Sarandi	99	11,02%
3	Jandaia do Sul	56	6,24%
4	Paiçandu	24	2,67%
5	Nova Esperança	50	5,57%
6	Colorado	81	9,02%
7	Cianorte	60	6,68%
8	Paraíso do Norte	82	9,13%
9	Paranavaí	125	13,92%
10	Loanda	66	7,35%
Total		898	100%

Tabela 1 – Distribuição de chamados de ATM por área, em 2011
Fonte: Primária

5.3 Tempos de atendimento

Para cada tipo de equipamento selecionado (ATM, IMP ou TMF) tem-se um tempo de atendimento (ou conserto) distinto, devido às suas características intrínsecas. Os dados dos tempos de atendimento também foram coletados no sistema ERP da empresa Brasil S/A, compilados e elaboradas curvas de distribuições de probabilidades no recurso *Input Analyzer* do Arena®, análogo ao que foi feito para a geração de chamados técnicos. As distribuições de probabilidades obtidas para os tempos de atendimento do equipamento ATM é apresentada na Figuras 6.



Fonte: Primária

Figura 6 – Distribuição de probabilidades para tempos de atendimento de ATM

Fonte: Primária

O ajuste da distribuição de probabilidades para tempos de atendimento de ATM adequou-se à distribuição contínua Lognormal de probabilidades e teve o valor apresentado na Equação 2.

$$\text{LOGN}(1.85, 1.44) \quad (2)$$

Onde: $\text{LOGN}(\mu, \sigma)$

μ : média

σ : desvio padrão

5.4 Prioridades de atendimentos

No caso real existem níveis de prioridades de atendimento conforme cada tipo de equipamento, que são proporcionais às multas rescisórias pagas pela empresa pelo atraso na conclusão do serviço, ou, ainda, por bônus recebidos em caso de conclusões significativamente precoces. Essa decisão, na prática, é tomada de forma empírica pelo TR ou pelo colaborador controlador de chamados.

Para tornar a decisão de qual cliente atender prioritariamente com mais clareza e objetividade, na modelagem, não bastou estabelecer níveis de prioridades para as entidades, pois se o número de chamados por área for maior que um, o sistema pode não escolher de forma correta.

Dessa forma, foi criado um sistema de pesos para cada tipo de equipamento a ser consertado, onde:

ATM	→	alta prioridade	→	peso 7
IMP	→	média prioridade	→	peso 3
TMF	→	baixa prioridade	→	peso 1

Portanto, a área que possuir a maior pontuação será a primeira área a ser atendida e assim sucessivamente, enquanto perdurar o horário de expediente do TR. Esse sistema de pesos é proporcional ao valor das multas rescisórias do caso real.

5.5 Construção do Modelo no Arena®

Com a abstração da realidade do caso sob estudo efetuada e, a partir disso, é possível construir um modelo que possa representar da forma mais fidedigna possível o caso real. O modelo a ser construído, utilizando-se o *software* Arena®, deverá utilizar as informações apresentadas nos itens 4 e 5.

O passo incipiente para a construção desse modelo é gerar os chamados técnicos, conforme o tipo de equipamento e baseando-se nas distribuições de frequências apresentadas no item 5.2 e na Figura 5.

A próxima etapa trata de distribuir os chamados proporcionalmente a cada área atendida, conforme registrado nas Tabelas 1. Ou seja, a Área 1 receberá 28,4% dos chamados de ATM, Área 2 receberá 11,0%, e assim sucessivamente até a Área 10.

Vale lembrar que os chamados técnicos que chegam de uma determinada área compreendem a soma dos chamados recebidos por cada uma das cidades pertencentes àquela área. Isso foi realizado para simplificar significativamente a construção do modelo, pois, caso contrário, haveria cinquenta e oito conjuntos de atendimento.

Cada cenário a ser construído deve ser simulado por um período compreendido por trinta e um dias (período apresentado nas Tabelas em estudo) e replicado por n vezes. Portanto, os valores a serem obtidos se referem às médias aritméticas dos resultados das n replicações de cada cenário. Uma replicação é compreendida por um período de tempo pré-estabelecido (que neste caso é de trinta e um dias). Em toda replicação, a aleatoriedade do sistema é aplicada ao modelo (devido às características estocásticas do *software*), sendo que, a cada nova replicação o número de chamados gerados é distinto, podendo, dessa forma, representar o mundo real, abordando suas variações e respeitando-se os limites aceitáveis estipulados nas equações de entrada.

6. Conclusão

O modelo a ser construído no *software* Arena® é uma abstração significativamente sucinta da realidade dos processos da empresa Brasil S/A. Portanto, é importante ressaltar que, por consequência, os resultados obtidos com base nos cenários das simulações a serem realizadas adequam-se aos parâmetros aplicados neste estudo de caso.

Com cenários distintos é possível responder questionamentos formulados a partir de hipóteses. Por exemplo: se o número de chamados técnicos aumentar em uma determinada proporção, qual será o impacto dessa alteração na realidade? Os recursos humanos da área técnica serão suficientes para atender essa nova demanda? Novos colaboradores precisarão ser contratados? Quantas horas diárias o TR utilizará nas manutenções? Quantas horas serão consumidas em viagens? Qual a distância total percorrida em um tempo determinado? Quais serão os custos dos processos? Enfim, inúmeras perguntas como essas surgirão e as análises de relatórios disponibilizados pelo *software* Arena® a cada cenário simulado ajudará aos questionamentos inerentes ao processo.

Quanto mais o modelo for trabalhado, mais representativo com a realidade ele será, e decisões cada vez mais acertadas a nível estratégico poderão ser tomadas com base nas simulações efetuadas e colaborar para o constante sucesso da empresa, com otimizações de seus processos produtivos e consideráveis reduções de custos.

Uma funcionalidade extremamente importante do *software* Arena®, trata-se da inserção de informações relativas a custos, onde cada elemento, entidade ou processo envolvido no sistema possui um custo monetário inerente à sua atividade, sendo ele um recurso humano ou material.

A análise de custos é de vital importância para qualquer empresa que pretende manter-se competitiva no mercado, principalmente uma empresa de grande complexidade operacional como o caso da Brasil S/A. Pode-se afirmar que é extremamente difícil prever alterações em seus custos com precisão quando seus processos sofrem alterações de forma dinâmica, sem lançar mão de um *software* de simulação. Portanto, simulação dinâmica abordando o tema custos também pode ser considerado como um importante trabalho futuro e que este trabalho pode deixar a base como legado.

Referências

- FREITAS FILHO, P. J.** *Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas*. Com aplicações em Arena. 2. ed. Florianópolis: Visual Books, 2008. 384 p. ISBN 978-857502-228-3.
- GIL, A. C.** *Como Elaborar Projetos de Pesquisa*. 4. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2002. 176 p. ISBN 9788522431694.
- HARRELL, C. R.; GHOSH, B. K.; BOWDEN, R.** *Simulation using ProModel*. Boston McGraw-Hill, 2000.
- HUM, S.; LEE, C. K.** JIT Scheduling rules: A simulation evaluation. *Omega, Int. J. Mgmt Sci.* Vol. 26, No. 3, pp. 381±395, 1998
- KELTON W. D.; SADOWSKI D.A.; SADOWSKI R. P.** *Simulation with Arena*. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1998. 631 p. ISBN 0075612593.
- LAW A. M.; KELTON W. D.** *Simulation Modeling and Analysis*. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2000. ISBN 0070592926.
- LIM, M. K.; ZHANG, Z.** A multi-agent based manufacturing control strategy for responsive manufacturing. *Journal of Materials Processing Technology*, 139, p. 379-384, 2003
- PARAGON.** www.paragon.com.br/padrao.aspx?arena_academico_content_ct_2483_2364_.aspx. Acesso em 03/06/2012.
- PRADO, D. S.** *Teoria das Filas e Simulação*. Série Pesquisa Operacional. V2. 2. ed. Nova Lima: INDG, 2004. 126 p. ISBN 85-98254-01-00.
- _____. *Usando o Arena em Simulação*. V3. Belo Horizonte: INDG, 2004. 305 p. ISBN 85-98254-04-5.
- WINSTON, W. L.** *Operations Research. Applications and Algorithms*. 4. ed. Arizona: Thomson, 2004. 1418 p. ISBN 0-534-42362-0.
- WERKEMA, M. C. C.** *Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos*. Belo Horizonte: Werkema, 1995. 304 p. ISBN 85-85447-15-X.

ANEXOS

Anexo I – Quantidade de chamados de ATM em 2011

Dia do mês	Mês												Total
	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	
1	0	2	4	2	0	3	5	3	4	0	5	2	30
2	0	0	5	0	6	2	2	5	2	0	0	4	26
3	3	1	5	0	3	7	0	5	0	5	4	0	33
4	5	4	2	7	1	0	4	5	0	1	4	0	33
5	0	0	0	5	4	0	7	6	4	1	0	2	29
6	4	0	0	4	3	4	3	0	4	4	0	4	30
7	4	4	0	1	0	4	2	1	1	8	6	4	35
8	0	2	0	2	0	5	7	8	6	0	6	5	41
9	0	0	6	1	3	4	0	6	6	0	7	5	38
10	0	2	4	0	4	2	0	4	1	4	4	0	25
11	1	1	6	1	5	0	12	7	0	2	2	1	38
12	5	0	0	4	3	0	1	0	3	0	1	2	19
13	3	0	0	1	1	4	5	0	11	6	0	12	43
14	3	2	3	9	0	3	4	0	2	7	4	4	41
15	0	1	1	1	0	1	9	5	3	0	0	4	25
16	0	2	1	0	3	5	0	3	1	1	7	2	25
17	2	2	3	0	9	2	0	1	0	3	2	0	24
18	3	1	3	5	0	0	6	4	0	7	3	1	33
19	1	0	0	1	1	0	5	3	2	5	0	2	20
20	6	0	0	4	1	3	7	0	1	1	0	3	26
21	2	0	3	0	0	2	6	0	2	4	2	5	26
22	0	1	3	0	0	3	5	3	2	0	7	2	26
23	0	3	4	0	8	0	0	6	1	0	5	2	29
24	3	2	5	0	0	1	0	3	0	3	2	0	19
25	2	1	4	3	2	0	4	1	0	1	1	0	19
26	0	0	1	4	4	0	5	3	3	3	0	2	25
27	2	0	0	2	2	5	6	0	2	1	1	0	21
28	0	4	3	4	0	4	5	0	6	3	2	4	35
29	0		19	4	0	0	2	6	2	0	4	3	40
30	0		2	0	6	6	0	5	3	0	4	4	30
31	1		3		3		0	3		4		0	14
Total	50	35	90	65	72	70	112	96	72	74	83	79	898

Fonte: Primária