

# Modelagem e Simulação processo de Atendimento ao Aluno em uma Instituição de Ensino Superior

Alexandre Wolf<sup>1</sup>, Anderson Menezes de Oliveira<sup>1</sup>, Ricardo Gerhardt<sup>1</sup>, Roger Stein<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade do vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)  
Programa Integrado de Pós-Graduação em Computação Aplicada

**Abstract.** *This paper describes the analysis and implementation of a computational model that simulates the behavior of a higher education institution student service center regarding its service times. The simulation aims to validate the service stakeholders perception and simulate of previously unknown situations.*

**Resumo.** *Este trabalho apresenta a análise e a implementação de um modelo computacional para simular o comportamento do setor de Atendimento ao Aluno de uma Instituição de Ensino Superior no que diz respeito aos tempos de atendimento. Os resultados da simulação permitem validar as percepções do responsável pelo setor e também simular situações que até então eram desconhecidas.*

## 1. Introdução

Este trabalho apresenta o estudo que foi realizado para compreender e simular o comportamento de um processo de Atendimento ao Aluno, mais precisamente as solicitações de protocolos em uma Instituição de Ensino Superior. Uma vez compreendido o mecanismo de funcionamento, foi construído um modelo computacional para representar o funcionamento atual, com a possibilidade de realizar simulações posteriores, para verificar o comportamento em determinados horários ou até mesmo cenários com situações até então não ocorridas.

O sistema de simulação foi implementado utilizando-se a linguagem R, que é disponibilizada gratuitamente e possui código fonte aberto (Software Livre). A linguagem R [R Core Team 2016], foi construída com o propósito de ser um ambiente para computação estatística e análise gráfica, ela possui uma variedade de técnicas estatísticas e gráficas para análise de dados e simulação [Team 2012]. Para encontrar as melhores distribuições para o modelo, foi utilizada a ferramenta EasyFit [Schittkowski 2002].

Simulação é uma atividade ou situação que reproduz uma condição real que pode ser utilizada para testar qualquer coisa. Segundo [Law 1999], simulação é a imitação de um sistema real, modelado em computador, para avaliação e melhoria de seu desempenho. Este trabalho visa utilizar a simulação para representar inicialmente a condição real, de forma a encontrar formas de melhorar o desempenho da situação existente [Chung 2004].

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: na seção 2 são informados os objetivos deste trabalho, na seção 3 é apresentado o sistema a ser simulado (entidade em estudo), na seção 4 é apresentado a aquisição e a análise preliminar dos dados, a seção 5 mostra a arquitetura do sistema, a seção 6 a modelagem do sistema, seção 7 os experimentos a serem realizados, na seção 8 a validação dos resultados, por último a seção 9 que realiza a conclusão do trabalho.

## 2. Objetivos

Atualmente os dados fornecido pelo sistema de atendimento, não são suficientes para a tomada de decisões como, por exemplo, o aumento ou a redução do número de atendentes em um determinado turno de trabalho.

Partindo desse pressuposto, este trabalho tem como objetivo, realizar uma simulação de processo (intervalo de chegada e tempo de atendimento) para determinar o número mínimo de atendentes, tal que, o tempo de espera na fila não ultrapasse trinta minutos nos momentos de pico.

## 3. Entidade de Estudo

Para a implementação deste trabalho, foram obtidos os dados de um mês (fevereiro 2016) do sistema de Atendimento ao Aluno do Centro Universitário Univates, situado em Lajeado, Rio Grande do Sul. A Univates é uma Instituição de Ensino Superior que atua nas mais diferentes áreas do saber, possui aproximadamente 12.000 (doze mil) estudantes.

O setor de Atendimento ao Aluno possui funcionamento das 08:00 da manhã até as 22:30 da noite, sem fechar ao meio dia. Existe uma rotina pré definida de funcionamento, como o número de atendentes por turno. Sabe-se que a quantidade de atendentes é superior ao necessário em momentos de ociosidade e menor que o ideal nos momentos de pico.

De forma a simplificar a criação do modelo computacional de simulação, os horários de atendimento foram definidos conforme a tabela 1. Os números de atendentes por turnos foram obtidos a partir de entrevista com a responsável pelo setor. Existem outros atendentes, mas não fazem parte do estudo realizado.

**Tabela 1. Atendentes por turno**

Turno	Atend.	Atend. Esp.	Início	Fim
Manhã	3	1	08:00	12:00
Tarde	6	1	12:00	16:00
Noite	9	1	16:00	22:30

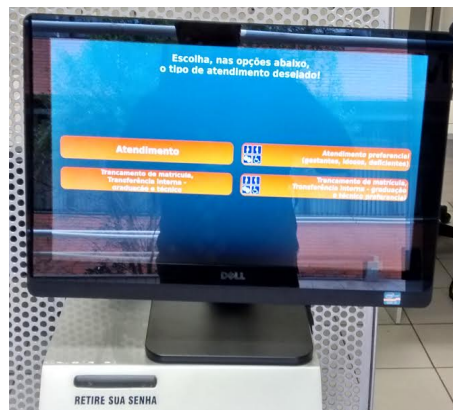
O local de atendimento possui 70 lugares (sentados) para as pessoas aguardarem pelo atendimento, conforme figura 1 (a). O espaço para pessoas em pé é desprezível para este modelo. Existem disponíveis 16 guichês para o atendimento, no entanto somente são utilizados em situações muito específicas.

### 3.1. Funcionamento

O cliente (entende-se por cliente a pessoa que solicita um serviço) ao entrar no ambiente do setor de Atendimento ao Aluno, depara-se com um dispositivo (totem) o qual solicita um *ticket* de atendimento que pode ser: Acadêmico, Acadêmico Preferencial, Financeiro, Financeiro Preferencial, conforme figura 1 (b). No setor existe ainda, um guichê de atendimento específico para os processos que envolvem a parte financeira, no entanto, sempre que este guichê estiver vago, pode chamar um atendimento normal. Os atendimentos preferenciais correspondem às solicitações da "melhor idade", conforme legislação vigente. Sempre que um atendente está livre, chama o próximo da fila. A lógica de quem será o



(a) Imagem parcial do local de atendimento e espera



(b) Totem para solicitação pelo tipo de atendimento

**Figura 1. Fotos do Setor de Atendimento ao Aluno**

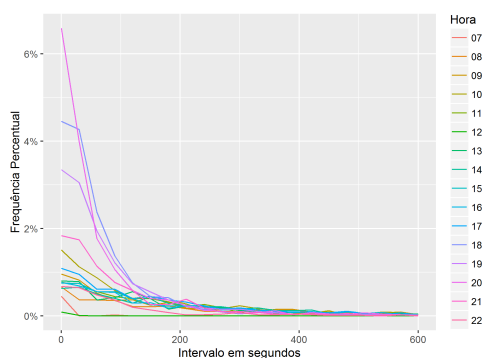
próximo da fila, depende da lógica do sistema de chamados e não é considerado neste trabalho.

Através de entrevista com responsável do setor, é sabido que existem horários específicos nos quais o atendimento é mais intenso, e estes momentos é que serão analisados e simulados. Conforme comentado com o responsável pelo setor, o número de atendentes, bem como, o espaço de espera, tempo para atendimento, é considerado satisfatório, porém em certos momentos específicos pode causar filas e tempos de espera acima do desejado.

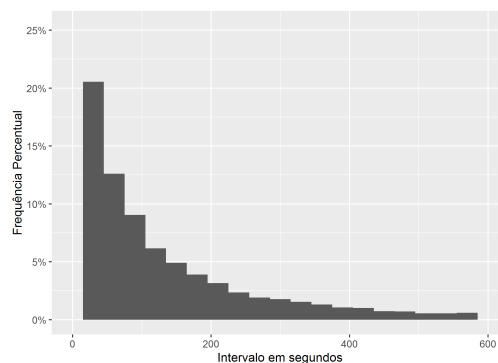
#### 4. Aquisição e Análise de Dados

Os dados utilizados para a modelagem do modelo computacional de simulação proposto foram obtidos a partir de *logs* do sistema de gerenciamento do Atendimento ao Aluno. Os dados foram extraídos através de *parsers* utilizando-se recursos do shell do Linux, correlacionados usando um programa desenvolvido em Java, e salvos em arquivos de formato CSV (*Comma Separated Values*), somando 10658 registros de atendimento. Os arquivos foram submetidos a um *script* escrito em linguagem R para limpeza, cálculo adicional de variáveis e análise a fim de posterior descoberta de curvas de distribuição que serão usadas no modelo.

A análise preliminar dos dados permitiu reconhecer melhor o comportamento do sistema. O sistema começa sempre que um cliente retira um *ticket* de atendimento (figura 1 (b)) e termina quando o cliente tem sua solicitação encaminhada. O término de sua solicitação é obtida quando o mesmo guichê chama outro cliente ou termina a jornada de trabalho do atendente (*desloga* do sistema de atendimento). Conforme pode ser observado na figura 3 (b), em que cada barra representa a quantidade média de chegadas em faixas de hora cheia, as maiores demandas do sistema ocorrem no intervalo do turno da manhã (10h), antes do início das aulas (18h-19h) e intervalo (20h-21h) do período noturno. Estes dados são complementados pelo intervalo médio entre chegadas em função da hora, que pode ser visualizado na figura 3 (a), onde podemos observar a função inversa destas duas variáveis, ou seja, fica evidente a relação de que quanto menor o intervalo entre chegadas maior é o número de atendimentos.

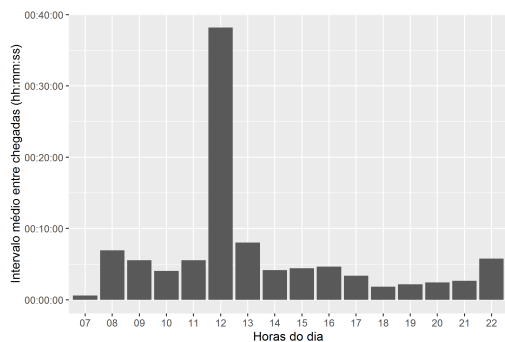


(a) Distribuição por hora dos intervalos entre chegadas (em s)

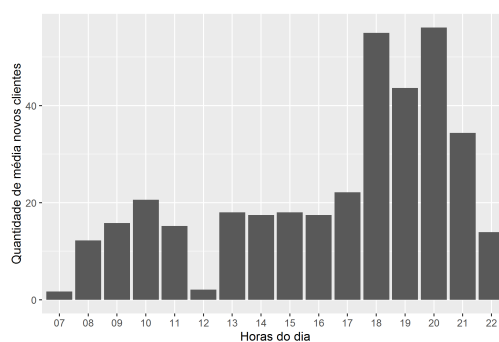


(b) Distribuição geral dos intervalos entre chegadas (em s)

**Figura 2. Curvas de distribuições de intervalos entre chegadas (fonte: autores)**



(a) Intervalo médio entre chegadas a cada hora

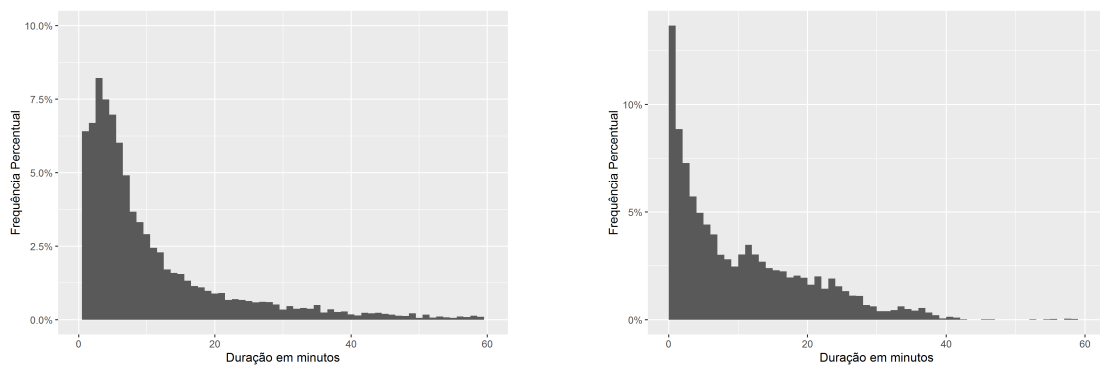


(b) Quantidade média de chegada de novos clientes por hora

**Figura 3. Análise das chegadas por hora (fonte: elaborado pelos autores)**

As imagens apresentadas na figura 3 indicam as distribuições dos intervalos entre chegadas de clientes ao sistema. Mas especificamente, a figura 3 (b) apresenta a distribuição geral, ou seja, a soma das distribuições horárias. Percebendo a considerável diferença de demanda em função da hora do dia ilustrada na figura 3, foi acumulado tal informação por hora na 3 (a) para que possa ser avaliada a diferente distribuição que cada hora do dia apresenta.

Os dados fornecidos oferecem apenas o momento da chegada do cliente e o início de seu atendimento, não dispondo do tempo de atendimento efetivo de cada cliente. Para calcular esta variável, pressupomos utilização máxima dos atendentes e inferimos o tempo de atendimento como sendo a diferença entre início de cada atendimento de um mesmo guichê. Como resultado, obtivemos 10186 registros, omitindo assim aqueles clientes que foram os últimos atendido por cada guichê a cada dia e os registros com algum dado temporal faltante. A distribuição dos tempos de atendimento do sistema pode ser vista na figura 4, ao lado da distribuição de tempos de espera na fila, calculados a partir da diferença entre o momento da chegada do cliente e o início de seu atendimento.



(a) Distribuição das durações de atendimento

(b) Distribuição dos tempos de espera na fila

**Figura 4. Histogramas de distribuição de tempo de espera e atendimento (fonte: elaborado pelos autores)**

#### 4.1. Fatores internos e externos

O sistema possui alguns fatores que podem influir no funcionamento do mesmo. Dentre os fatores internos, destaca-se:

- diminuição do número de servos por falta ou atraso de atendente(s);
- problemas no sistema de atendimento;
- falta de treinamento do atendente.

Assim como existem os fatores internos, os fatores externos que podem afetar o funcionamento do sistema, destacam-se:

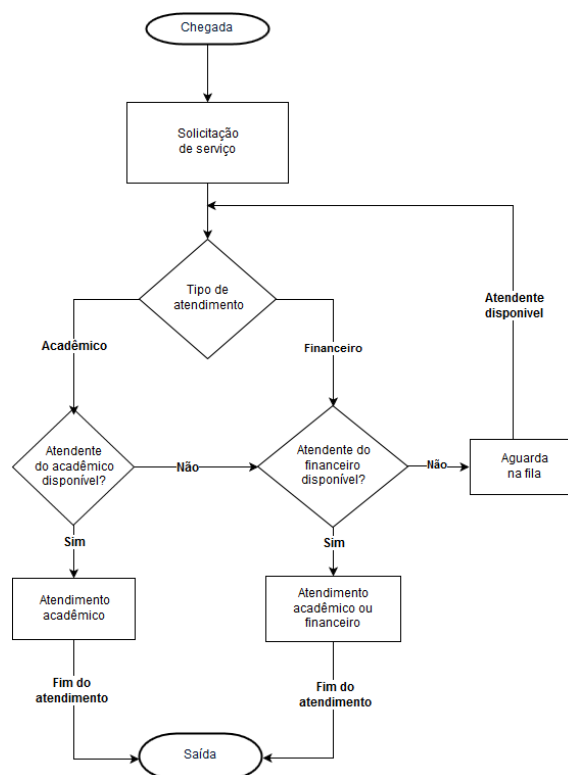
- variação na demanda de atendimentos em função de horários e épocas do ano;
- falta de energia elétrica, tempo além do no-break;
- problemas no sistema de atendimento;
- problemas no sistema de auto atendimento online;
- mudança de cenário político e social.

Neste sentido, os fatores internos são situações as quais tem-se controle e pode-se controlar, já os fatores externos, não dependem de uma situação controlada, mas dependendo das situações as mesmas podem ter amenizadas [Taylor 2005], uma vez que o ambiente preveja algumas situações inusitadas, por isso a importância da simulação.

### 5. Arquitetura do modelo

A arquitetura do modelo proposto pode ser observada na figura 5. Nela, todo o fluxo de atendimento é demonstrado, desde a chegada e seleção do tipo de protocolo até o processo de atendimento do mesmo. Também é possível observar quando um cliente, que escolheu um protocolo acadêmico, é atendido por um guichê designado a atendimentos de protocolos financeiros ou acadêmicos. Por fim, é possível visualizar quando as filas do sistema são formadas, ou seja, quando não existem mais atendentes disponíveis para o atendimento de protocolos do tipo acadêmico ou financeiro.

Vale a pena ressaltar que, o número de atendentes pode variar conforme o turno de trabalho e que a fila possui tanto clientes normais como preferenciais.



**Figura 5. Arquitetura do sistema (fonte: autores).**

## 6. Modelagem do sistema

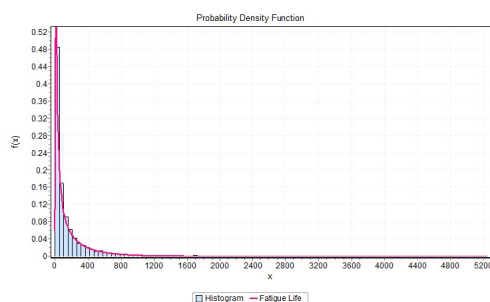
A construção do modelo utilizou dados do sistema de Atendimento ao Aluno, fornecidos pela instituição. Uma vez ajustados os dados, amostras contendo 5000 pontos de dados foram inseridos no *software* EasyFit de forma a encontrar a função de distribuição. As funções de densidade de probabilidade encontradas para os dados de intervalo chegada dos clientes e de tempo de atendimento foram Birnbaum–Saunders [Dupuis and Mills 1998] (Fatigue Life) com forma 1.9337 e escala 50.406, e Weibull [Saravi et al. 2003] com forma 0.8045 e escala 570.75, respectivamente. Ambas podem ser vistas na figura 6. Os resultados obtidos com a utilização destas distribuições durante a simulação indicará ou não a necessidade de funções de distribuição específicas por faixa de horário, que serão então determinadas e implementadas no modelo.

## 7. Experimentos que serão realizados

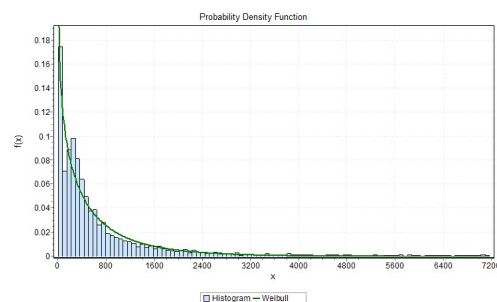
Para a realização dos experimentos e posterior coleta e análise de dados foram elaborados dez cenários. Os cenários serão criados utilizando dois intervalos de tempo distintos. O primeiro inicia as 18h e termina as 19h e o segundo corresponde ao intervalo de tempo das 20h até as 21h. Cada cenário proposto terá no mínimo sete e no máximo onze atendentes, conforme pode ser observado na tabela 1.

Os dois intervalos de tempo (18h - 19h) e (20h - 21h). Foram escolhidos, pois, são neles que o sistema possui o maior número de atendente e a maior taxa de utilização, de acordo com a análise de dados inicial.

Para a realização da simulação, os tempos de chegada e de atendimento serão



(a) Intervalo entre Chegadas de Clientes



(b) Duração de Atendimento

**Figura 6. Funções de Densidade de Probabilidade Ajustadas aos Dados (fonte: elaborado pelos autores)**

**Tabela 2. Cenários (fonte elaborado pelos autores)**

Cenário	N. Atendentes	Início	Fim
01	7	18:00	19:00
02	8	18:00	19:00
03	9	18:00	19:00
04	10	18:00	19:00
05	11	18:00	19:00
06	7	20:00	21:00
07	8	20:00	21:00
08	9	20:00	21:00
09	10	20:00	21:00
10	11	20:00	21:00

gerados de acordo com as distribuições que foram obtidos através da análise inicial dos dados. Já o final da simulação, será dada pelo tempo final de cada intervalo, ou seja, 19h e 21h.

## 8. Validação do sistema

A validação dos dados a serem simulados serão realizados por um intervalo de confiança, para verificar se a média de atendimentos sem ou com tempo de espera na fila, tenha ficado menor que 30 minutos. Os cenários que ultrapassarem este tempo de espera serão representados como cenários não eficazes para atingir os nossos objetivos.

## 9. Conclusões

O desenvolvimento do modelo computacional de simulação, permitiu concluir que as técnicas de modelagem e simulação podem ser utilizadas para representar o funcionamento das atividades que ocorrem no Atendimento ao Aluno.

Este tipo de simulação permite analisar e responder a questionamentos, como, por exemplo, qual a probabilidade de uma pessoa chegar ao sistema e entrar em uma fila, permite ainda simular situações fora da normalidade, onde pode-se aumentar ou diminuir a quantidade de servos, aumentar ou diminuir os tempos de serviços, ou até mesmo simular quantidades maiores e menores de solicitações em determinados horários. Além disso

é possível verificar o número ideal (ou mais próximo do ideal) de atendentes para cada horário.

Com base nos resultados encontrados, pode-se concluir que a simulação do modelo permite representar a situação atual da instituição, permitindo também criar cenários para situações que até então não ocorreram.

Os resultados já obtidos foram apresentados para o responsável do setor, o qual achou muito interessante e até mesmo inusitado alguns comportamentos do sistema. Estes dados serão utilizados para aperfeiçoar o processo já existente.

## Referências

- Chung, C. A. (2004). *Simulation modeling handbook: a practical approach*. Boca Raton: CRC PRESS.
- Dupuis, D. J. and Mills, J. E. (1998). Robust estimation of the birnbaum-saunders distribution. *IEEE Transactions on Reliability*, 47(1):88–95.
- Law, M. A. McComas, M. G. (1999). *Simulation of Manufacturing Systems*. Proceedings of the Winter Simulation Conference.
- R Core Team (2016). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Saravi, A. A., Lawrence, P. D., and Lam, F. (2003). Identifying strength of boards using mechanical modeling and a weibull-based feature. In *Control Applications, 2003. CCA 2003. Proceedings of 2003 IEEE Conference on*, volume 1, pages 54–59 vol.1.
- Schittkowski, K. (2002). Easy-fit: A software system for data fitting in dynamical systems. *Struct. Multidiscip. Optim.*, 23(2):153–169.
- Taylor, D. A. (2005). *Logística na cadeia de suprimentos: uma perspectiva gerencial*. PearsonAddison Wesley.
- Team, R. C. (2012). *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria*. <http://www.r-project.org>.