

## Análise do Acesso de Estudantes ao Campus da Fatec Zona Leste: Um Estudo de Caso Logístico

*Analysis of Student Access to the Fatec East Zone Campus: A Logistical Case Study*

*Análisis del acceso de los estudiantes al campus de la Zona Este de Fatec: Un caso de estudio logístico*

Adrielli Raquel de Assis<sup>1</sup>  
[adrielli.assis@fatec.sp.gov.br](mailto:adrielli.assis@fatec.sp.gov.br)

Ana Carolina Quedas<sup>1</sup>  
[ana.ferreira57@fatec.sp.gov.br](mailto:ana.ferreira57@fatec.sp.gov.br)

Vanessa Draiber da Silva<sup>1</sup>  
[vanessa.silva133@fatec.sp.gov.br](mailto:vanessa.silva133@fatec.sp.gov.br)

### Palavras-chave:

*Teoria das filas.  
Pesquisa operacional.  
Simulação.  
Arena®.*

### Keywords:

*Queueing theory.  
Operational Research.  
Simulation.  
Arena®.*

### Palabras clave:

*Teoría de las colas.  
Investigación operativa.  
Simulación.  
Arena®.*

### Enviado em:

18 novembro, 2023

### Apresentado em:

05 dezembro, 2023

### Publicado em:

29 julho, 2024

### Evento:

6º EnGeTec

### Local do evento:

Fatec Zona Leste

### Avaliadores:

Marcos José Corrêa  
Bueno  
Thiago Costa Holanda



### Resumo:

Em gestão de Operações, um gargalo é caracterizado por uma etapa do processo que limita o mesmo a produzir mais. Apesar de esse termo ser relacionado às linhas de produção, também é possível observá-lo quando uma fila de pessoas é iniciada. Logo, ele pode restringir um processo e gerar obstáculos e embaraços no que se trata da execução de processos e conseqüentemente, causar insatisfação e ainda mais lentidão no desenvolvimento de uma tarefa. Por esta razão, este artigo procura usar o conceito da Teoria das Filas aliado à Simulação em Logística para executar e aplicar um modelo matemático em uma situação real. Este estudo se utilizará do referencial teórico baseado em fontes como livros e artigos, juntamente ao software Microsoft Excel® para o tratamento dos dados. A simulação será feita com o auxílio do software Arena®, software utilizado para emular processos logísticos. Descoberto o problema que causa as filas, uma comparação entre simulações será feita com a adição de catracas e a partir deste paralelo, haverá uma conferência para saber o quanto essa mudança pode influenciar no tempo tanto de espera como na eficiência do sistema. Após a conferência das informações simuladas pelo Arena® em diversos cenários, conclui-se que nem sempre aumentar o número de recursos ocasiona na eficiência dos mesmos e que o conhecimento sobre a teoria das filas e a execução do mesmo aliado ao pensamento analítico do profissional que a estuda aplica-se ao cotidiano da realidade logística, seja dentro ou fora do ambiente universitário.

### Abstract:

In operations management, a bottleneck is characterized by a process step that limits the process from producing more. Although this term is related to production lines, it can also be observed when a queue of people starts. Therefore, it can restrict a process and generate obstacles and embarrassments when it comes to executing processes and consequently cause dissatisfaction and even slower development of a task. For this reason, this paper seeks to use the concept of Queue Theory combined with Simulation in Logistics to run and apply a mathematical model in a real situation. This study will use the theoretical framework based on sources such as books and articles, together with Microsoft Excel® software for data processing. The simulation will be carried out using Arena® software, which is used to emulate logistics processes. Once the problem that causes the queues has been discovered, a comparison will be made between simulations with the addition of turnstiles and from this parallel, there will be a check to see how much this change can influence both waiting times and the efficiency of the system. After checking the information simulated by Arena® in various scenarios, it can be concluded that increasing the number of resources does not always lead to their efficiency and that knowledge of queueing theory and its implementation, combined with the analytical thinking of the professional who studies it, is applicable to everyday logistics reality, whether inside or outside the university environment.

### Resumen:

En la Gestión de Operaciones, un cuello de botella se caracteriza por un paso en el proceso que lo limita a producir más. Aunque este término está relacionado con las líneas de producción, también es posible observarlo cuando se inicia una cola de personas. Por lo tanto, puede restringir un proceso y generar obstáculos y vergüenzas a la hora de la ejecución de los procesos y, en consecuencia, provocar insatisfacción y aún más lentitud en el desarrollo de una tarea. Por esta razón, este artículo busca utilizar el concepto de Teoría de Colas combinado con la Simulación en Logística para ejecutar y aplicar un modelo matemático en una situación real. En este estudio se utilizará el marco teórico basado en fuentes como libros y artículos, junto con el software Microsoft Excel® para el tratamiento de datos. La simulación se realizará con la ayuda del software Arena®, software utilizado para emular procesos logísticos. Una vez descubierto el problema que provoca las colas, se realizará una comparativa entre simulaciones con la adición de torniquetes y a partir de este paralelo, se realizará una conferencia para saber cuánto puede influir este cambio tanto en el tiempo de espera como en la eficiencia del sistema. Luego de verificar la información simulada por Arena® en varios escenarios, se concluye que no siempre aumentar el número de recursos provoca su eficiencia y que el conocimiento sobre la teoría de las colas y la ejecución de la misma combinado con el pensamiento analítico del profesional que la estudia se aplica a la vida cotidiana de la realidad logística, ya sea dentro o fuera del ámbito universitario.

<sup>1</sup> Faculdade de Tecnologia da Zona Leste | Fatec Zona Leste

## 1. Introdução

O dicionário *Priberam* denomina a palavra fila com os seguintes significados:

substantivo feminino; 1. Alinhamento sequencial de coisas (ex.: fila de carros). = ENFIADA, FILEIRA; 2. Organização alinhada de pessoas, geralmente por ordem de chegada, onde há grande afluência (ex.: pôs-se na fila para entrar no museu). = BICHA (PRIBERAM, 2023)

Seja no aguardo da prestação de um serviço, na espera em um guichê de caixa, na expectativa de assistir a um show, a liberação do recebimento de uma encomenda ou simplesmente embarcar em um ônibus, certamente as pessoas se deparam com filas com frequência.

E em Logística não é diferente, já que podemos ver filas em diversas situações do cotidiano do profissional, tanto que o dicionário de Logística tem uma definição voltada especificamente para a área: “Uma linha de espera. Na manufatura, as tarefas em um dado centro de trabalho que estão esperando para serem processadas” (REVISTA LOGÍSTICA, 2023). Logo, o comprometimento do funcionamento de uma máquina ou a falta de uma matéria-prima interfere diretamente no processo logístico operacional.

Segundo uma pesquisa do New York Times, apenas no ano de 2012, os americanos gastaram cerca de 32 bilhões de horas por ano esperando em filas. É observado na mesma pesquisa que as filas influenciam diretamente na satisfação de um cliente sobre um produto ou um serviço, pois a incerteza aumenta o estresse da espera, enquanto que o feedback positivo acerca de tempos de espera e justificativas para atrasos melhoram a experiência dos clientes em relação ao atendimento prestado. (STONE, 2012).

No Brasil, por mais que dez anos tenham se passado, a situação não é diferente, já que o G1 pode constatar que, por meio de uma amostra de 2500 entrevistados que passaram por aeroportos, a queixa de 81% deles é a demora nas filas de check-in e de embarque. (G1, 2023)

Apesar das filas serem mais fáceis de serem vistas em ambientes comerciais como agências bancárias, supermercados e aeroportos, este estudo visa analisar as filas, suas circunstâncias e ocorrências a partir do ponto de vista acadêmico. O ambiente de pesquisa será a entrada do campus da FATEC Zona Leste, onde existem três catracas com liberação por meio da digitação do RA (código que representa o Registro do Aluno, número que todo estudante precisa possuir para frequentar a faculdade citada.)

Uma das coisas mais comuns no ambiente escolar é a confusão de alunos na hora de entrar ou sair, e o controle do fluxo de alunos é essencial para que se possa ter maior segurança, organização e economia de tempo de espera. As ferramentas eletrônicas que podem ajudar no trabalho de contar os alunos que saem através de registros, como por exemplo a passagem por uma catraca e a digitação de um código para liberação e acesso a um local.

O objetivo principal deste artigo é utilizar os processos logísticos aprendidos com as técnicas de simulação em Logística e aplicá-los à uma situação cotidiana em uma faculdade, que é um lugar o qual é possível a entrada de muitas pessoas ao mesmo tempo. Os objetivos específicos são: apresentar o conceito da Teoria das Filas, coletar os dados necessários para a amostra apresentada nesse estudo, praticar os conhecimentos e conceitos estatísticos que a simulação em Logística demanda, criar um modelo no software Arena, executá-lo e analisar seu resultados, culminando na comparação entre diversos modelos e por fim concluir sobre os resultados obtidos.

## 2. Fundamentação Teórica

### 2.1. Teoria das Filas

Teoria das Filas ou Teoria dos Sistemas de Filas, é um campo da matemática aplicada que estuda o comportamento de sistemas que envolvem a chegada e a partida de entidades (como clientes, pacotes de dados, veículos etc.) em uma fila ou linha de espera (MORAIS, 2021).

As publicações que referenciam a Teoria das Filas têm temas voltados para a mobilidade urbana e sua logística, mas também podem referenciar as áreas rurais, com a aplicabilidade em outras áreas, como a área da Saúde, com a disposição de ambulâncias em rodovias. Tavares et al (2021) apontam que a movimentação de transportes e de pessoas tem campos cujas problemáticas estão apoiadas com aplicativos e softwares de simulação.

Esses sistemas podem ser encontrados em uma ampla variedade de aplicações, desde atendimento ao cliente em empresas, gerenciamento de tráfego de rede, até sistemas de segurança e identificação. Na área de segurança, por exemplo, ela é importante para a distribuição eficiente de recursos de verificação de segurança, como detectores de metal e scanners de bagagem. Outro exemplo onde essa teoria se aplica é em controles de acesso, como os encontrados em edifícios corporativos. No controle de fronteiras, tem uma aplicabilidade muito grande em aeroportos internacionais para otimizar a imigração e os controles alfandegários. Neste estudo, essa teoria será aplicada aos estudantes da FATEC Zona Leste, que serão os clientes atendidos.

## 2.2. Simulação e sua Importância na Logística

As aplicações da simulação são extremamente abrangentes e diversificadas. Em domínios como operações e logística, por exemplo, é possível examinar vários aspectos, como a programação de turnos em centrais de atendimento, modificações nos procedimentos de armazenagem e separação de materiais em centros de distribuição, reconfigurações de layout em instalações industriais ou escritórios e processos de transporte em toda a cadeia de suprimentos.

É fundamental destacar que a simulação não tem o poder de prever o futuro nem substituir o pensamento estratégico. Ela, contudo, permite a análise do comportamento dos sistemas mediante a exploração de diferentes cenários e possíveis melhorias alternativas. A simulação visa avaliar propostas de aprimoramento que têm como objetivos:

- Minimizar filas, que podem ser qualquer tipo de acumulação de pessoas, materiais ou veículos aguardando atendimento, ou processamento.
- Identificar e resolver gargalos, ou seja, os recursos que limitam a capacidade máxima de um sistema, tornando necessária a busca por alternativas de processo para aumentar a produção (produtos acabados, clientes atendidos).
- Reduzir custos.

Morais (2021) também cita Herderson e Nelson (2006) e Chwif e Medina (2015), que elencam diversas aplicações da simulação, tais como:

**Logística:** a simulação é empregada na projeção de sistemas de transporte, formulação de políticas de reposição de estoques, avaliação do impacto da incerteza da demanda nos níveis de estoque, definição da quantidade de balcões de check-in em aeroportos, determinação da quantidade de equipamentos necessários para carga e descarga, distribuição de produtos para pontos de venda e otimização de processos de produção e movimentação de materiais.

**Indústria de Serviços:** em centrais de atendimento, a simulação é usada para dimensionar a força de trabalho, bem como em serviços de entrega, telecomunicações, atendimento de pedidos, proporcionando uma análise confiável da qualidade e do nível de serviço. No setor bancário, é aplicada na definição da política de abertura e fechamento de caixas, análise do tempo máximo de espera e estabelecimento da quantidade de caixas eletrônicos (ATMs).

**Manufatura:** a simulação encontra aplicação em programação de produção, projeto e layout de células de trabalho, estimativa de tempos de ciclo de produção, avaliação de substituição de equipamentos e formulação de políticas de manutenção,

## 2.3. Arena© e sua Importância na Tecnologia Logística

O software Arena®, desenvolvido pela Rockwell Automation, é uma poderosa ferramenta de simulação de eventos discretos usada em todo o mundo, com uma base de usuários atual de mais de 350.000 pessoas. O ARENA oferece uma ampla gama de funcionalidades que permitem modelar e compreender em detalhes as operações diárias, possibilitando a análise aprofundada e a tomada de decisões informadas em cada fase de um projeto.

A simulação de eventos discretos é uma abordagem metodológica que permite representar sistemas complexos por meio de uma sequência de eventos bem definidos e organizados. Essa técnica proporciona à equipe de projeto maior eficiência ao mapear e estudar o processo em sua totalidade, com foco especial em cenários que apresentam alta variabilidade, interações intensas com outros processos e sistemas, bem como demanda crítica por recursos, sejam financeiros ou humanos.

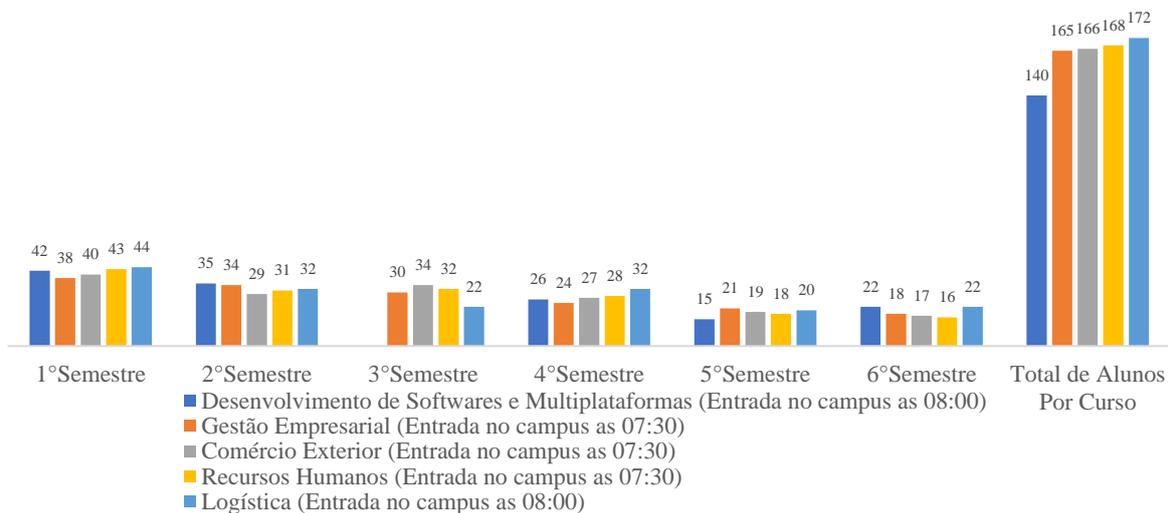
Por meio dessa abordagem, é possível criar um ambiente simulado que se estende ao longo do tempo, permitindo uma avaliação minuciosa do comportamento de cada atividade. Isso possibilita a formulação de perguntas cruciais enquanto todas as informações ainda estão em fase de hipótese, sem implicações financeiras ou operacionais (PARAGON, 2023).

### 3. Materiais e Métodos

Os métodos para a execução deste trabalho partem de uma pesquisa quantitativa através da técnica de amostragem probabilística; aquela em que, Santos (2023) afirma, todos os elementos da população são pertencentes à amostra são diferentes de zero. Essa amostragem é uma amostragem casual simples, pois todos os elementos são pertencentes à amostra.

A amostra usada para esse artigo é baseada no número de alunos do período matutino, horário de maior movimento entre os alunos da Fatec Zona Leste. Os dados da figura abaixo foram coletados por meio de informações cedidas pela própria faculdade e mostra informações sobre o número de alunos matriculados em cada curso no primeiro semestre de 2023.

Figura 1 – Quantidade de Alunos da Fatec Zona Leste e seus respectivos cursos – Turno Matutino



Fonte: Autores, FATEC Zona Leste (2023)

## 4. Resultados e Discussões

### 4.1. Modelagem No Software Arena

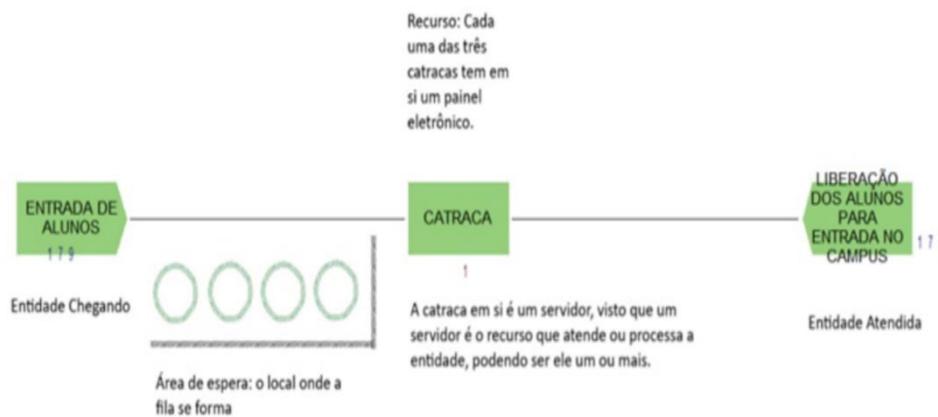
Com base nessas informações, o sistema de filas foi adaptado do conceito explicado por Moraes (2021), que informa que um sistema de filas pode ser definido por vários parâmetros, entre eles, o tamanho da fila e do atendimento, sendo muitas vezes diretamente proporcional ao número de entidades esperando pelo atendimento. Logo, o tamanho de uma fila pode variar de uma forma aleatória, em

função dos clientes que deixam o sistema após terem suas demandas atendidas. As informações necessárias que caracterizam um sistema de filas que funcione de forma eficiente demanda os seguintes elementos:

- **Entidades:** As entidades são os alunos que entram na universidade a partir das 7:30 da manhã e também os que entram às 8 da manhã.
- **Servidores e Recursos:** Os processos são liberação dos alunos pelas catracas por meio de um código eletrônico, que no modelo está descrito como os recursos, apresentados como um painel eletrônico, identificado no modelo como Liberador de Catraca.
- **Liberação:** No campo conhecido no Arena como Dispose, está a execução da liberação dos estudantes para acesso ao campus da faculdade.

Para fins de ilustração, a figura 2 demonstra o sistema de filas aplicado ao objetivo do estudo, que é explicar o processamento desse sistema dentro do cenário de uma instituição de ensino superior e executado no cotidiano universitário.

Figura 2 – Sistema de filas adaptado de Moraes (2021)



Fonte: adaptado de Moraes (2021)

Como ilustrado na Figura 1, o número de alunos frequentando o período matutino é de 811 indivíduos. Anteriormente, é explicado que a Fatec Zona Leste opera com três catracas, com cada uma delas controladas por um painel eletrônico. Antes da modelagem no software Arena, estudo, foi feita a medição do tempo de execução da digitação no leitor eletrônico da catraca por três vezes, simulando as tentativas de liberação mediante o código. Como resultados, foram encontrados os tempos de 18 segundos na primeira tentativa, 15 na segunda tentativa e 14 segundos na terceira, respectivamente. Essa variação no tempo de digitação foi testada levando em consideração fatores como alunos com dificuldade para encontrar os números na carteirinha ou no SIGA (endereço eletrônico institucional do Centro Paula Souza onde os alunos podem observar o número do RA), e a baixa visão dos estudantes, que impacta diretamente no tempo de digitação. Por estas razões, o limite de tempo considerado para a execução da digitação sistema será de no mínimo 14 segundos e no máximo 18 segundos.

#### 4.2. Construção do Modelo Base

O primeiro passo para a construção do modelo inicial e a partir do mesmo, fazer versões com o intuito de comparação, é criar uma expressão baseada em conceitos estatísticos como a simulação de MonteCarlo, que “é um processo de operação de modelos estatísticos de modo a lidar com variáveis descritas por funções probabilísticas.” (ANDRADE, 2009, pg.128) Essa expressão apresentará a distribuição de frequência por meio da função *Input Analyzer*, que se encontra dentro do Arena. O *Input Analyzer* será utilizado tanto para construir a expressão relacionada aos tempos de chegada dos alunos como para montar a expressão para a digitação no painel eletrônico em cada uma das catracas.

As expressões matemáticas geradas pelo recurso *Input Analyzer* são essenciais para a execução do modelo e interpretação dos dados porque permite análises e representações precisas dos dados de entrada, contribui para que o cenário do modelo seja o mais realista possível, auxilia na identificação de gargalos e testes em diferentes cenários.

Porém, para a inserção desses dados, é necessário tratá-los por meio do software Excel. As variáveis aleatórias, necessárias para que a simulação funcione da maneira mais fiel possível à realidade, em ambos os casos foram geradas pelo Excel com a função =ALEATÓRIOENTRE() e replicada 811 vezes no software, simulando os processos de entrada dos alunos na universidade, com o tempo de entrada de cada estudante variando entre 6 e 18 segundos (foi computado o tempo de caminhada da entrada da Fatec até o local onde se encontram as catracas). A motivação de informação, o mesmo raciocínio será usado para calcular à parte os tempos de digitação, que oscilam entre 12 e 18 segundos.

Após este passo, foram feitos os cálculos para determinar o limite superior e o inferior a partir das seguintes equações. Os limites inferiores e superiores são importantes para delimitar os valores de uma amostra e garantir que todos os valores selecionados pertençam à mesma. A Estatística aponta que um quartil é uma separatriz que separa um conjunto de dados em quatro partes iguais. Q1 corresponde ao primeiro quartil e Q3 corresponde ao 3º Quartil, ou 75% da amostra. As expressões abaixo mostram as condições necessárias para calcular esses limites.

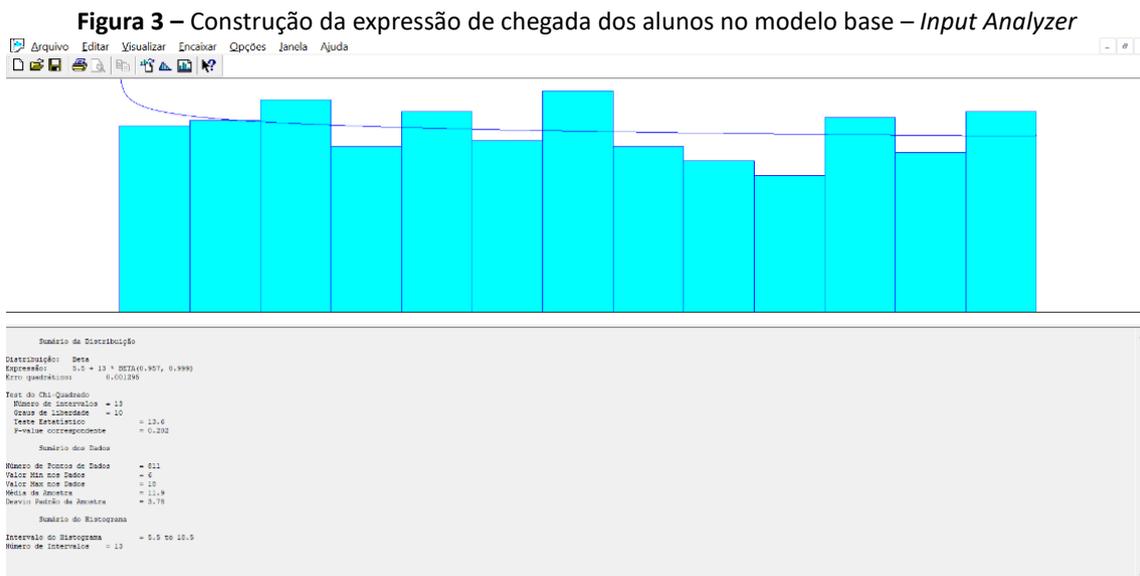
$$Q1 - 1,5 * (Q3 - Q1) \quad (1)$$

$$Q3 + 1,5 * (Q3 - Q1) \quad (2)$$

O resultado das expressões citadas levou à conclusão de que o primeiro quartil corresponde ao tempo de 8 segundos, e o terceiro quartil é de 15 segundos para o acesso dos estudantes às catracas. Dadas os resultados e a apuração dos dados, o *Input Analyzer* chegou à seguinte expressão:

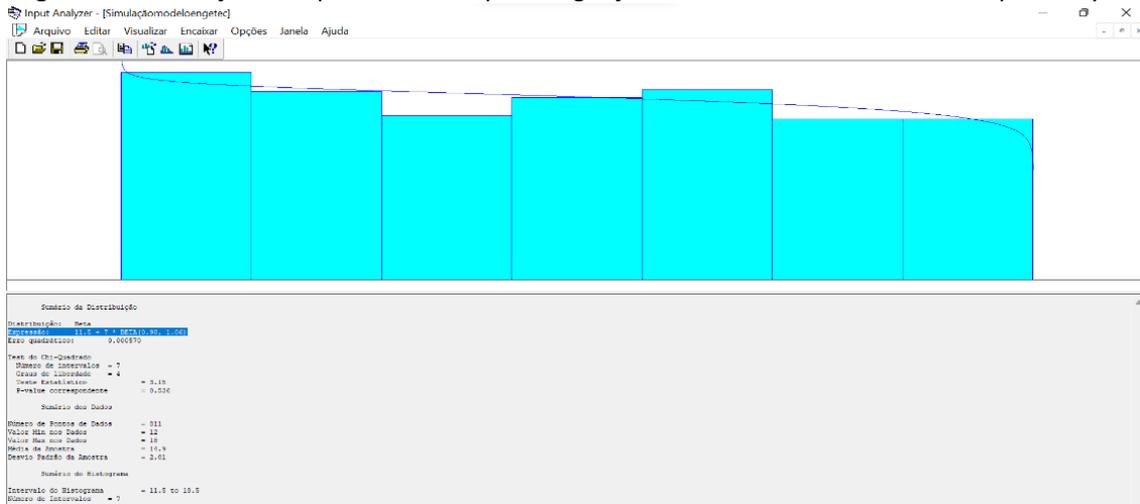
$$5.5 + 13 * \text{BETA}(0.957, 0.999) \quad (3)$$

A expressão acima, relacionada aos tempos de chegada dos estudantes, foi construída eletronicamente pelo *Input Analyzer* e baseada nos cálculos feitos no Excel é apresentada na figura abaixo:



Para construir a expressão que simula a inclusão do número do RA no digitador do painel eletrônico. Também foram calculadas a média e o desvio padrão, que podem ser observadas na imagem abaixo gerada pelo *Input Analyzer*:

**Figura 4 – Construção da expressão do tempo de digitação dos alunos no modelo base – *Input Analyzer***



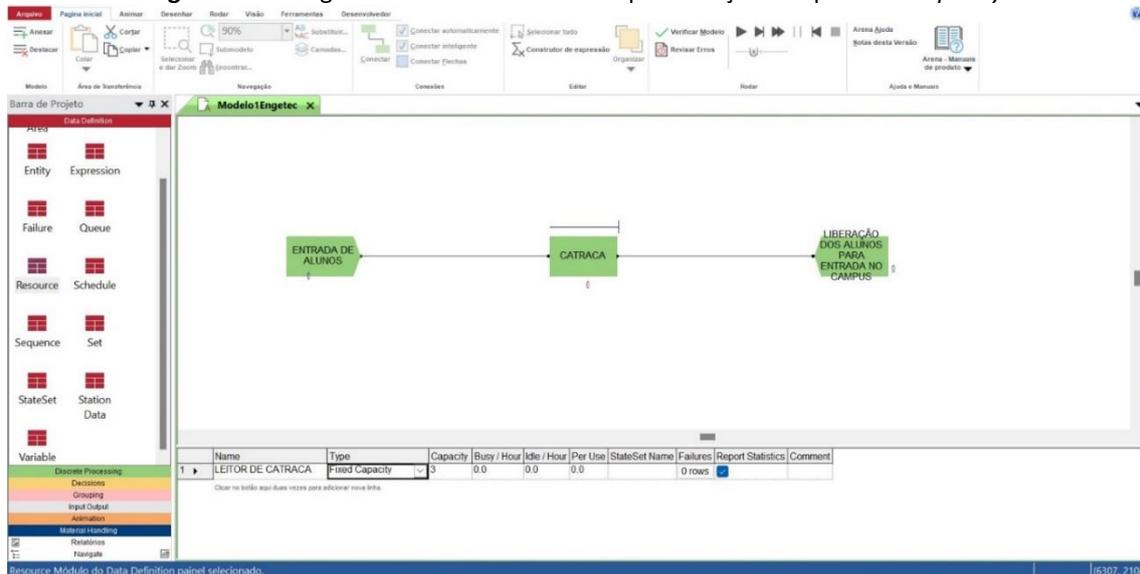
A partir desses valores, foi possível construir uma expressão que é pertencente ao modelo inicial conforme descrito na figura 5

$$11.5 + 7 * \text{BETA}(0.98, 1.06) \quad (4)$$

As expressões geradas pelo recurso *Input Analyzer* do Arena® permitem avaliar um modelo utilizando diferentes distribuições probabilidades sem a necessidade da construção de um novo modelo e nas duas expressões construídas a distribuição de probabilidade “BETA” foi a selecionada pelo software por ser considerada a mais adequada levando em conta os dados apresentados no Excel e sua transformação para análise.

Outro ponto crucial para que o modelo seja o mais fidedigno à realidade estudantil, é que na figura 5, adiante, pode-se observar um campo nomeado *Fixed Capacity*, que se refere a uma configuração de capacidade fixa para um recurso específico em seu modelo de simulação. Isso significa que você está definindo um número fixo de unidades ou unidades de um recurso que estão disponíveis ao longo da simulação. Neste modelo em específico, o recurso são os leitores de catracas, onde cada um deles é ligado a uma catraca. (Por este motivo, está o número 3 por ser o número de catracas disponíveis com seus respectivos painéis eletrônicos. O número desse recurso será alterado nas futuras simulações com mais (ou menos) catracas para avaliar se a adição de mais catracas representa uma economia no tempo de espera dos alunos e diminuição no tempo do sistema em si.

**Figura 5 – Fluxograma do modelo inicial e representação campo *Fixed Capacity***



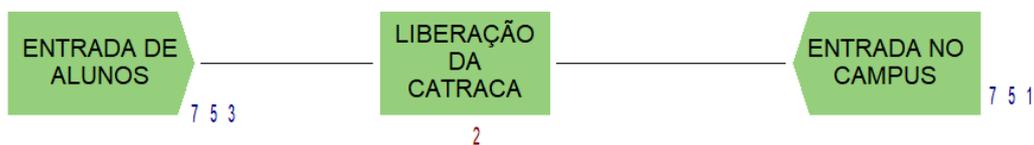
### 4.3. Parâmetros de Replicação

Em relação aos parâmetros de replicação solicitados pelo Arena na execução do modelo, será feita uma replicação para simular o processo de um estudante passar pela entrada e executar o processo de digitar os números de modo que o sistema possa atender aos 811 indivíduos da amostra.

Embora o número de catracas disponíveis na Fatec sejam três, para o modelo inicial o grupo considerou também o funcionamento do sistema com uma catraca a menos para melhor visualização de como o mesmo se comporta quando não está em sua capacidade total. Logo, a tabela comparativa será feita com 2, 3, 4 5 6 e 7 catracas.

Para que o sistema possa atender a todos os alunos do horário matutino, é necessário que o mesmo funcione pelo tempo de no mínimo 3 horas. Diminuir o tempo dos parâmetros do sistema para duas horas e meia foi uma hipótese apresentada e testada, entretanto, com o tempo de 9000 segundos, nem todas as entidades passariam pelo sistema, além de parte delas não saírem do mesmo, o que geraria um tempo maior de fila, como apresentado na figura 6:

Figura 6 - Sistema de fila após replicação do modelo inicial com duas horas e meia de duração



A figura acima mostra que os números abaixo dos módulos representam as quantidades de entidades que entraram e saíram de determinado sistema. No exemplo desse estudo, observa-se que, com duas horas e meia, 753 entidades entram no sistema e 751 saem do mesmo, o que é insatisfatório com esse estudo, já que nem todas as entidades passaram pelo sistema. Para contornar este resultado e resolver este problema em específico, a solução encontrada foi aumentar o tempo de duração da replicação em 10800 segundos, totalizando 3 horas. A partir desta nova replicação, os números mínimos de entidades para serem atendidas foram atingidos, com esse mesmo tempo aplicado nos modelos com mais números de catracas.

Por fim, como informado anteriormente, em relação ao tempo de replicação, a duração da replicação será feita em segundos, e para comparação com os outros modelos, a unidade base também será em segundos por ser a mesma unidade de tempo observada na construção dos modelos.

### 4.4. Comparativos entre Modelos

Para fins de comparativos e finalidade de melhor compreensão dos dados apresentados, a Tabela 1 teve os valores coletados diretamente do relatório de respostas do Excel® gerado pelo Arena® após a replicação de uma simulação. Evidencia-se também que, em relação ao número de catracas, o modelo foi executado com a mesma configuração de expressões apontadas anteriormente, cuja única mudança é a alteração do número de catracas com o campo *Fixed Capacity* do Arena.

O relatório de respostas com o modelo executado em diversos cenários apresentou os seguintes resultados na tabela abaixo, onde as métricas comparadas se baseiam em alguns dos exemplos de medidas explanados por Andrade (2009), acompanhado por termos entre parênteses que se encontram no relatório de respostas do Arena, que são:

- O tempo médio que cada cliente gasta na fila de espera (*Waiting Time Per Entity*)
- O tempo médio gasto pelo cliente no sistema, ou seja, a média dos tempos computados desde o instante de entrada até o momento de saída. (*Total Time per Entity*)
- Número de clientes no sistema em uma unidade de tempo. (*Number In e Number Out*)

- O percentual de tempo em que o posto de atendimento permanece ocioso ou ocupado. (*Instantaneous Utilization*)

Tabela 1 – Comparativos entre modelos com diferentes números de catracas

Métricas do Sistema (Em Segundos)	Tempo médio que o estudante espera por sua vez	Tempo médio que o estudante gasta dentro do sistema	Número de estudantes que entram no sistema	Número de estudantes que saíram do sistema	Eficiência de uso das catracas como recurso	Tempo médio de execução da simulação
2 Catracas	0,11	14,86	900	899	61%	14,86
3 Catracas	0	14,76	900	899	41%	14,76
4 Catracas	0	14,76	900	899	31%	14,76
5 Catracas	0	14,76	900	899	25%	14,76
6 Catracas	0	14,76	900	899	20%	14,76
7 Catracas	0	14,76	900	899	18%	14,76

O primeiro dado que a tabela de comparativos entre os modelos aponta é que quando as catracas estão fora de sua capacidade total, com duas catracas, há um tempo médio de espera de até 0,11 segundos por estudante para acessar o sistema. Esse dado é importante para que manutenções preventivas possam ser programadas ou planos de contingência sejam elaborados quando as catracas não operam em sua totalidade. Por outro lado, a porcentagem de eficiência do sistema é a maior dentre os modelos comparados, com 61%. Outro dado importante para esse estudo é que o tempo total de execução da simulação entre os tempos de entrada, isto é, de um estudante entrar pela entrada da Fatec Zona Leste, digitar o código com o RA em uma das catracas, e a saída do sistema de filas – que é o acesso ao campus da faculdade - para a entrada é um tempo médio de no máximo 14,86 segundos no modelo com duas catracas. O tempo de execução da simulação permanece o mesmo nos modelos de 3, 4, 5, 6 e 7 catracas, que é de 14,76 segundos. Ainda que haja um número maior de catracas, o valor não se altera, sendo que, o tempo é mesmo quando o número de catracas é igual ou maior que 3.

Em relação ao tempo de espera dos estudantes no sistema, a mudança é drástica chegando a 0; tempo esse que é observado nos modelos com 4, 5, 6 e 7 catracas. Este fato aponta que três catracas em funcionamento já são suficientes para que o sistema funcione sem espera por parte dos estudantes. Porém aponta-se o fato de que quanto mais catracas são adicionadas ao sistema, menor é a porcentagem de eficiência no uso de todas as catracas em si. Um exemplo é que a adição de uma catraca diminui a eficiência dos recursos, o que é possível de ver no campo da catraca 4. Quando o número de recursos aumenta - como é o exemplo com 5, 6 e 7 catracas – a taxa de eficiência diminui, chegando a 25, 20% e 18% nos respectivos exemplos.

Observando os dados dos parâmetros corrigidos, nota-se que os números de entrada e saída de entidades não se alteram independentemente do número de catracas adicionadas, sendo 900 para a entrada e 899 para a saída, respectivamente. O número das entidades, tanto as que entram como as que saem, são propositalmente maiores do que 811 apresentados no início do artigo para justificar o atendimento a todos os estudantes matriculados e garantir que todas as entidades sejam atendidas.

## 5. Conclusão

Como conclusão, pode-se apontar que o aumento de recursos em um determinado espaço não é um fator crucial para que um sistema de filas funcione de uma forma eficiente e eficaz. Por muitas vezes, empresas podem cometer gastos excessivos, e investir em mais equipamentos de tecnologia pode acarretar custos com manutenção e tecnologia que podem ser evitados caso a organização dos recursos atuais seja feita de maneira dinâmica e por meio de estudos. Além das manutenções

preventivas e reparos constantes, faz-se necessária a disseminação da informação de como essa tecnologia pode ser usada a favor da sociedade em diversas áreas.

O estudo também revelou que, de acordo com a tabela mencionada anteriormente, o funcionamento pleno das ferramentas de trabalho é essencial para reduzir o tempo de espera dos estudantes, a fim de permitir uma margem de tolerância sem impactar o sistema de atendimento que haja a necessidade de grandes investimentos.

Ainda sobre rapidez e eficiência, apesar do fato das catracas terem mais de 50% de eficiência em seu uso como recurso, também é válido pensar no fato não haver impedimento para que futuras pesquisas sejam feitas com tecnologias e abordagens distintas com foco em outros recursos para o controle e a identificação de pessoas. Exemplos desses mecanismos são: a biometria, o reconhecimento facial, análise da íris, identificação por movimentação de objetos e veículos e acompanhamento por câmeras, e estas ferramentas são conhecidas nos ramos da segurança patrimonial e condominial, transporte, indústria, saúde ou até mesmo no entretenimento, com o controle de entrada e saída de estádios esportivos, shows, eventos entre outros.

Segurança e a tecnologia não são vistas atualmente como um capricho ou um luxo. No século XXI, onde a informação precisa ser a mais detalhada e difundida possível, se faz necessária a busca pelo novo; novo esse que interfere direta ou indiretamente na segurança das pessoas, que, embora seja um dever do Estado, também é aplicável a empresas privadas ou organizações que respondem ao mesmo.

No entanto, é importante notar que desafios podem surgir devido a fatores econômicos, o layout existente e o tempo necessário para implementação dessas mudanças. Apesar desses desafios, este estudo demonstra a viabilidade da aplicação de técnicas de simulação em diferentes ambientes, tanto no contexto profissional quanto acadêmico.

## Referências

- ANDRADE, Eduardo Leopoldino de. **Introdução à pesquisa operacional: métodos e modelos para a análise de decisão**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- FEIJOO, AMLC. **Medidas separatrizes: A pesquisa e a estatística na psicologia e na educação** *In* [online]. Rio de Janeiro: Centro Edelstein de Pesquisas Sociais, 2010, pp. 28-30. ISBN: 978-85-7982-048-9. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>
- G1. **Filas são maior fator de estresse para brasileiros nos aeroportos, diz estudo**. G1, 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/turismo-e-viagem/noticia/2013/04/filas-sao-maior-fator-de-estresse-para-brasileiros-nos-aeroportos-diz-estudo.html>. Acesso em: 15 set. 2023.
- MORAIS, Roberto Ramos de. **Simulação em Gestão de Operações e Logística: Tomada de Decisões em Melhoria de Processos Tomo I: Conceitos Básicos**. Disponível em: <https://logisticaonline.files.wordpress.com/2022/02/simulacao-em-gestao-de-operacoes-e-logistica-1ve.pdf>. Acesso em: 15 set. 2023.
- MORAIS, Roberto Ramos de. **Simulação em Gestão de Operações e Logística: Tomada de Decisões em Melhoria de Processos Capítulo 3: Teoria das Filas**. Disponível em: <https://logisticaonline.files.wordpress.com/2022/02/simulacao-em-gestao-de-operacoes-e-logistica-3revb.pdf>. Acesso em: 15 set. 2023.
- PARAGON, **Software Arena**. Disponível em: <https://paragon.com.br/arena/>. Acesso em: 15 set. 2023.
- PRIBERAM. "FILA." **In: Dicionário Priberam da Língua Portuguesa [em linha]**, 2008-2023. Disponível em: <https://dicionario.priberam.org/fila>. Acesso em: 01 out. 2023.
- REVISTA LOGÍSTICA. **Dicionário de Logística: significado da palavra fila**. *In* Revista Logística, 2023. Disponível em: <https://revistalogistica.com.br/logistica/dicionario-da-logistica/?pag=12&a=F>. Acesso em 10 out. 2023.

- SANTOS, A. **Formas de Amostragem.** UNESP, 2023. Disponível em: <https://www.ibilce.unesp.br/Home/Departamentos/CiencCompEstatistica/Adriana/formas-de-amostragem.pdf>. Acesso em: 11 out. 2023.
- STONE, Alex. **Why waiting in line is a torture?** The New York Times, Nova Iorque, 18 ago. 2012. Disponível em: <https://www.nytimes.com/2012/08/19/opinion/sunday/why-waiting-in-line-is-torture.html>. Acesso em: 29 ago. 2023.
- TAVARES, D. M. L., BESSA, T. M., DE PAIVA, L. S., VILHENA, A. P. do N. M., & SOUSA, A. da S. (2021). **Revisão Sistemática De Publicações Brasileiras Associadas À Teoria Das Filas E Sistemas De Processos De Filas / Systematic Review Of Brazilian Publications Associated With Queue Theory And Queue Process Systems.** Brazilian Applied Science Review, 5(2), 1273–1285. DOI <https://doi.org/10.34115/basrv5n2-048>. Acesso em: 11 out.2023