



**UNIVALI**

**UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ**

**Ciência da Computação**

Matheus Hilha

Rafael Ferreira

**Simulação discreta de sistemas:**

Simulação discreta de um sistema de fila simples em um Lavacar

**Itajaí**

**2019**

## **1 INTRODUÇÃO**

A simulação discreta de eventos demonstra o comportamento de um sistema ou operação em cima de uma sequência de eventos discretos no tempo.

Cada um destes eventos ocorre e um determinado instante, marcando uma mudança de estado no sistema em si.

Neste trabalho será realizada uma simulação discreta em um sistema de fila simples, o sistema de fila simples segue a teoria das filas que é uma simulação de eventos discretos que realiza cálculos analíticos através de comparações entre resultados obtidos e abordagens.

As principais comparações são realizadas entre tempo de filas e utilização de servidor.

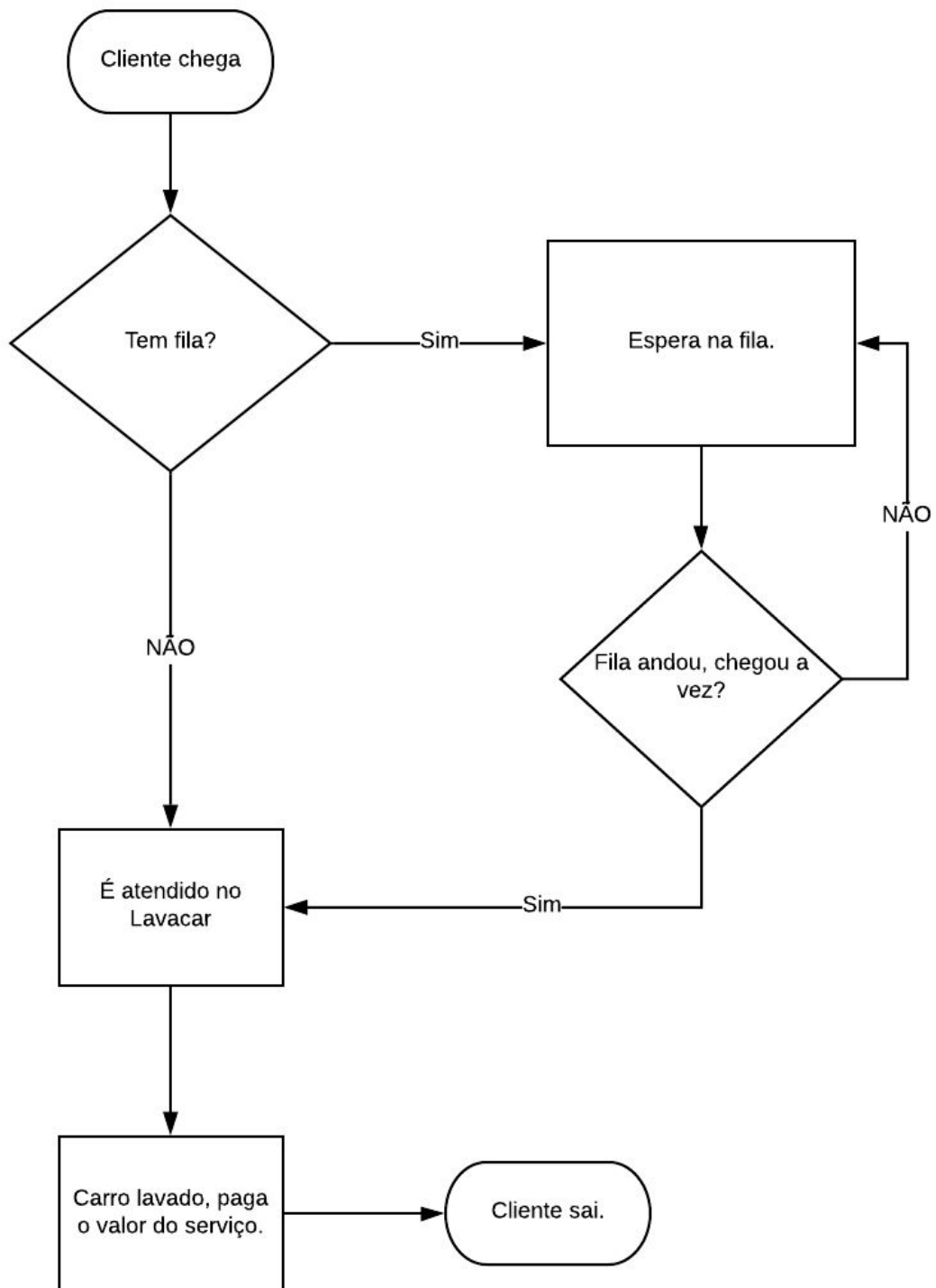
## **2 RELATÓRIO E DISCUSSÃO**

O computador utilizado para as simulações possui as seguintes configurações:

- Processador i5-4670 3.4GHz
- Memória RAM de 12 Gb
- Placa de vídeo Radeon R9 290x de 4Gb

O sistema aqui implementado trata de resolver um exemplo muito comum na teoria das filas, o Lavacar. Sendo este, onde os objetos vão chegando ao sistema por um único canal e permanecem em uma fila única até o momento de serem tratados. Assim que o objeto é tratado ele desocupa o sistema e abre espaço para que o próximo da fila venha, enquanto este é tratado os demais permanecem em um estado “Stand by” de espera.

O programa para a simulação foi implementado em Javascript, jQuery e HTML. A seguir, uma breve descrição de como o sistema de fila do lavacar funciona através de um fluxograma:



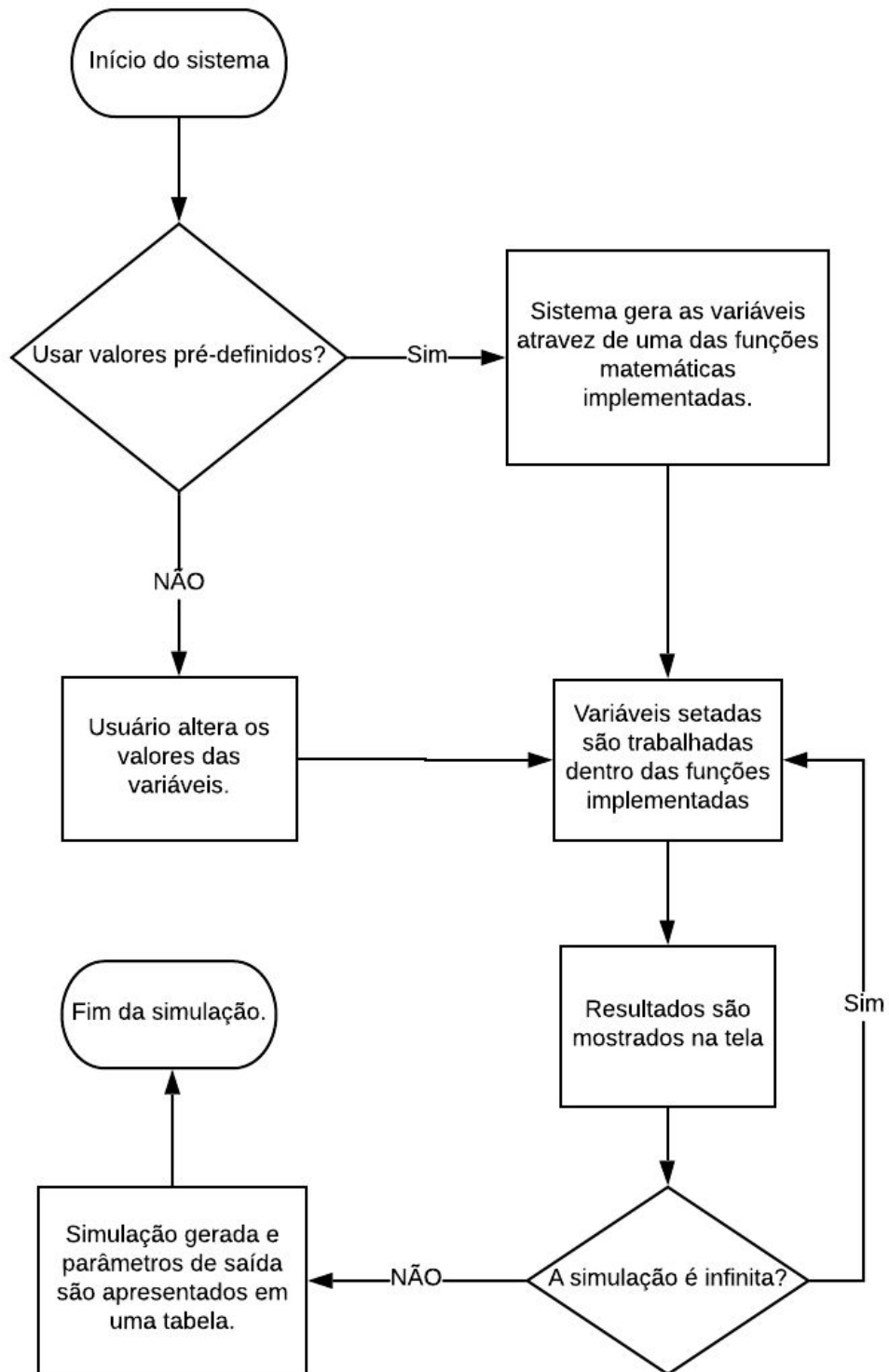
O cliente chega ao Lavacar, caso não haja fila ele será atendido imediatamente, caso haja fila ele irá esperar na mesma até chegar a sua vez. Após ter o atendimento realizado, o cliente paga o valor do serviço e desocupa o lugar para que o próxima venha e assim sucessivamente.

## 2.1 VARIÁVEIS E PARÂMETROS

O sistema possui diversas variáveis com diversas funções dentro do sistema, cada uma com a sua funcionalidade, sendo algumas das mais importantes:

- **WorkersAmout:** Armazena a quantidade de ‘funcionários’ que o lavacar possui;
- **Speed:** Utilizada como fator de aceleração para controle de tempo da simulação;
- **ArrivalTimes:** Realiza o somatório constante dos tempos entre chegadas, com a finalidade de sabermos o tempo atual da simulação;
- **ArrivedCars:** Registra a quantidade de entidades que entraram no sistema;
- **EndTimeInHours:** Usada para determinar o fim da simulação, ignorada quando o modo infinito está ativo;
- **MaxInQueue:** Registra a quantidade máxima de entidades que estiveram na fila;
- **MaxEntities:** Registra a quantidade máxima de entidades que estiveram simultaneamente no sistema.

A seguir um breve fluxograma do funcionamento das rotinas da simulação do Lavacar:



## 2.2 MANUAL DE USO

Ao estar na página da simulação, o usuário pode manipular diversas variáveis da simulação, assim como outras funções que lhe permitirão controlar o modo com o qual a simulação irá acontecer.

Alguns dos parâmetros que podem ser manipulados são:

- **Arrival distribution:** Neste parâmetro o usuário pode selecionar qual o modelo de distribuição matemática ele irá usar, sendo elas as distribuições exponencial, triangular, normal e uniforme.
- **Service distribution:** Também neste parâmetro o usuário pode selecionar qual o modelo de distribuição matemática ele irá usar, sendo elas as distribuições exponencial, triangular, normal e uniforme.
- **Botton limit:** Limite mínimo do parâmetro exponencial (Utilizado apenas no uso da distribuição exponencial, que está sendo usada como distribuição padrão no sistema).
- **Mean:** É a média da exponencial para a concentração dos valores sorteados nas distribuições (Utilizado apenas no uso da distribuição exponencial, que está sendo usada como distribuição padrão no sistema).
- **Variáveis globais:** Dentre as variáveis globais pode-se manipular a duração em horas de simulação (DURATION IN HOURS), quantidade de trabalhadores (WORKERS QUANTITY), limite de fila na simulação (QUEUE LIMIT), check-box para o modo verboso de representação com o decorrer da simulação no console do navegador (VERBOSE MODE), check-box para a opção de rodar a simulação infinitamente (RUN IFINITELY), range slider para o controle da velocidade da simulação (CHANGE SIMULATION SPEED).

Abaixo podemos ver imagens com estes parâmetros na interface do sistema:

## Simulation Parameters

### Arrival Configurations

ARRIVAL DISTRIBUTION	BOTTOM LIMIT	MEAN
Exponential ▼	5	15

### Service Configurations

SERVICE DISTRIBUTION	BOTTOM LIMIT	MEAN
Exponential ▼	5	15

### Global Variables

DURATION (HOURS)	WORKERS QUANTITY	QUEUE LIMIT (-1 TO INFINITE)
8	1	-1

### Other Variables

VERBOSE MODE (PRINTS ON CONSOLE) ☒ RUN INFINITELY ☐

### Speed

CHANGE SIMULATION SPEED (HIGHER = FASTER)



Com isto, temos dois botões para iniciar (Start) e parar (Stop) a simulação, como podemos ver na imagem abaixo:

Run	Stop
-----	------

Ao lado direito da interface obteremos as tabelas com os resultados gerados pela simulação, sendo essas tabelas podendo ser empilhadas uma em cima da outra conforme o usuário for clicando em rodar a simulação (É ordenado por simulação) , como podemos ver na imagem de exemplo a seguir:

## Simulation [1]

Detail	Result
Total Simulation time	495.616 mins = (8.260) hrs
ArrivedCars	31
Washed	30
Washing	0
In Queue	1
Max In Queue	2
Mean In Queue	1.419
Mean Time in System	30.097 mins
Max Entities in System	3

Worker ID	Ocupation
Worker[0]	339.876 mins = (68.576%)

Caso se deseje limpar o campo com os resultados e tabelas para uma melhor visualização, pode-se clicar no botão Clear Result localizado no canto direito superior da interface, como podemos ver na imagem a seguir:

## Simulation Results

Clear Results



### 2.2.3 FUNÇÕES DE DISTRIBUIÇÃO

No tópico descrito acima fora citado 2 parâmetros muito importantes, sendo eles o Arrival Configurations e o Service Configurations.

O parâmetro Arrival configurations é nada mais nada menos que a distribuição das chegadas, ou seja, o tempo entre chegada dos veículos da simulação.

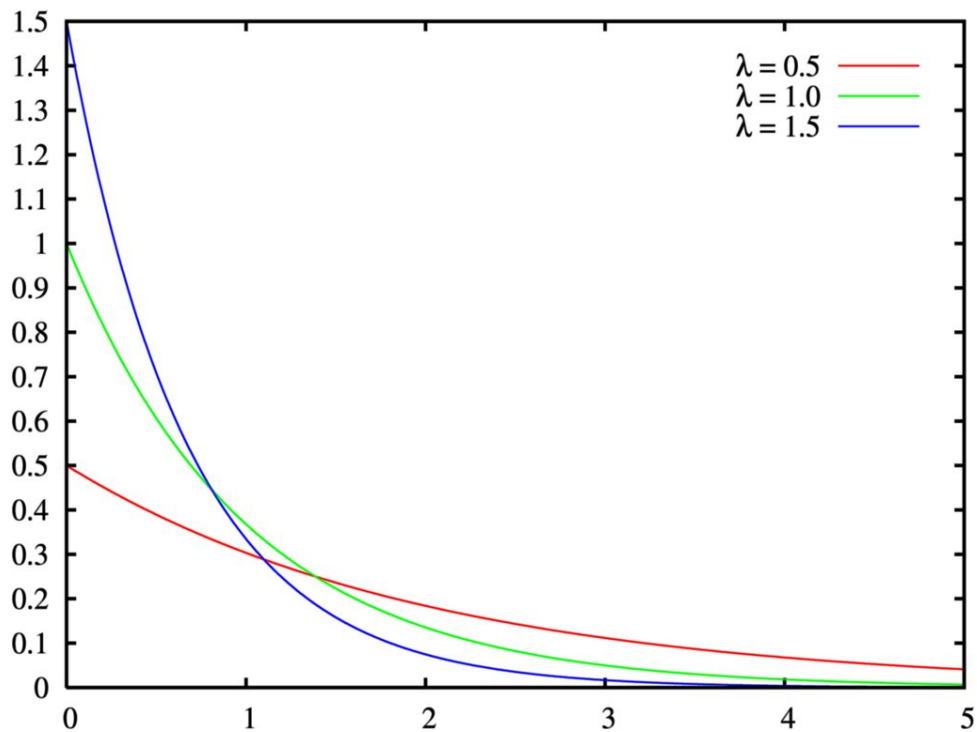
Já o parâmetro Service configurations é a distribuição dos tempos de serviço, que seria quanto tempo o carro em questão levaria para ser lavado.

Como escolha para cada um destes parâmetros nós temos 4 funções de distribuição a serem escolhidas, sendo elas: Exponencial, triangular, normal e uniforme.

- **Distribuição Exponencial**

A distribuição exponencial possui um detalhe bem específico, dentre todas ela é a quem tem a maior taxa de falha constante, ela é considerada muito simples no quesito matemático. Ela é muito usada para modelos de tempo de vida de produtos e materiais. Ela pode ser separada em algumas famílias e em cada uma delas o valor de lambda é diferente. Abaixo podemos ver uma representação matemática a distribuição exponencial, seguida de um exemplo gráfico da mesma.

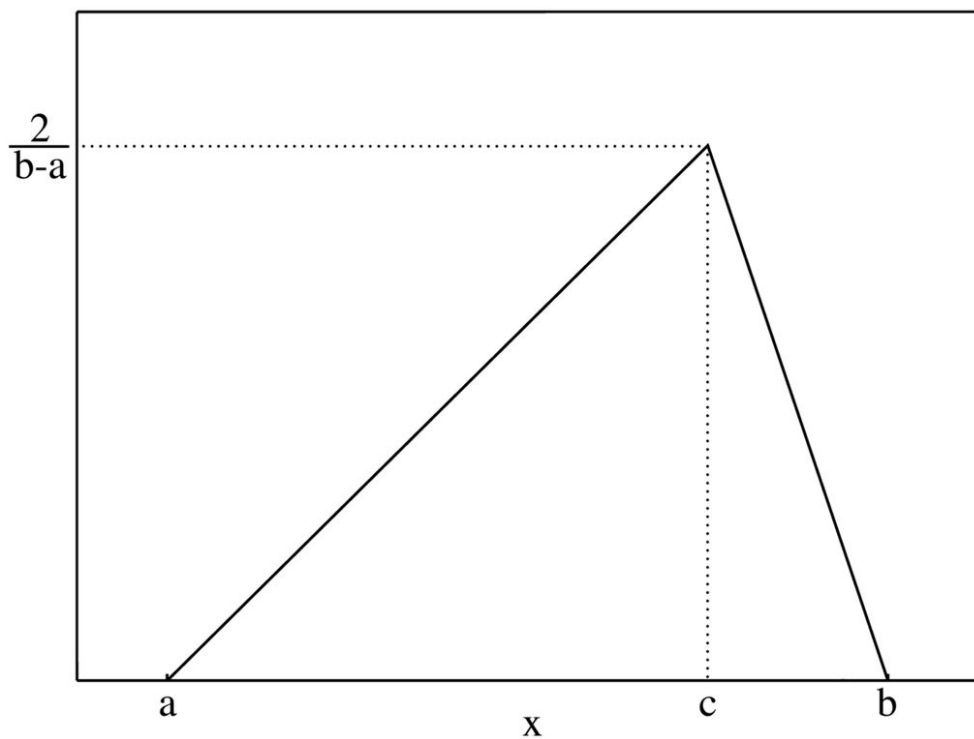
$$f(x; \lambda) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & , x \geq 0, \\ 0 & , x < 0. \end{cases} = \begin{cases} \frac{1}{\lambda} e^{\frac{-x}{\lambda}} & , x \geq 0, \lambda > 0 \\ 0 & , x < 0. \end{cases}$$



- **Distribuição triangular**

A distribuição triangular é uma distribuição contínua, na qual necessita de um valor mínimo, um valor máximo, e uma moda. Ela vem a ser uma distribuição muito simples, bastante útil quando se possui poucos dados, retornando uma boa aproximação das probabilidades de ocorrência. Abaixo podemos visualizar um exemplo matemática da sua função de probabilidade, seguida de um exemplo gráfico.

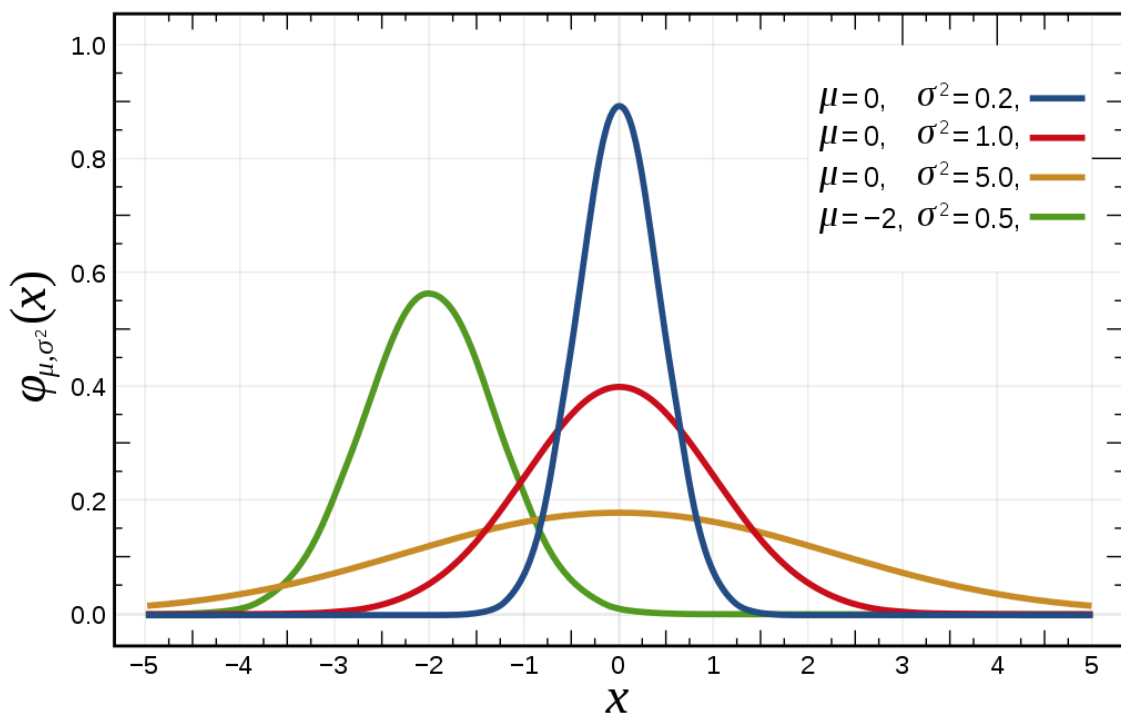
$$f(x|a, b, c) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)} & \text{for } a \leq x < c \\ \frac{2}{b-a} & \text{for } x = c \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-c)} & \text{for } c < x \leq b \\ 0 & \text{for any other case} \end{cases}$$



- **Distribuição normal**

A distribuição normal, ou conhecida como distribuição de Gauss é uma distribuição das mais utilizadas e mais importantes. Ela possui um teorema centro de limite no qual se obtém um ótimo resultado para aplicações práticas e teóricas, diversos exemplos e estudos utilizam este tipo de distribuição para representar um conjunto de dados. Abaixo podemos ver a sua representação matemática de probabilidade seguida de um exemplo gráfico.

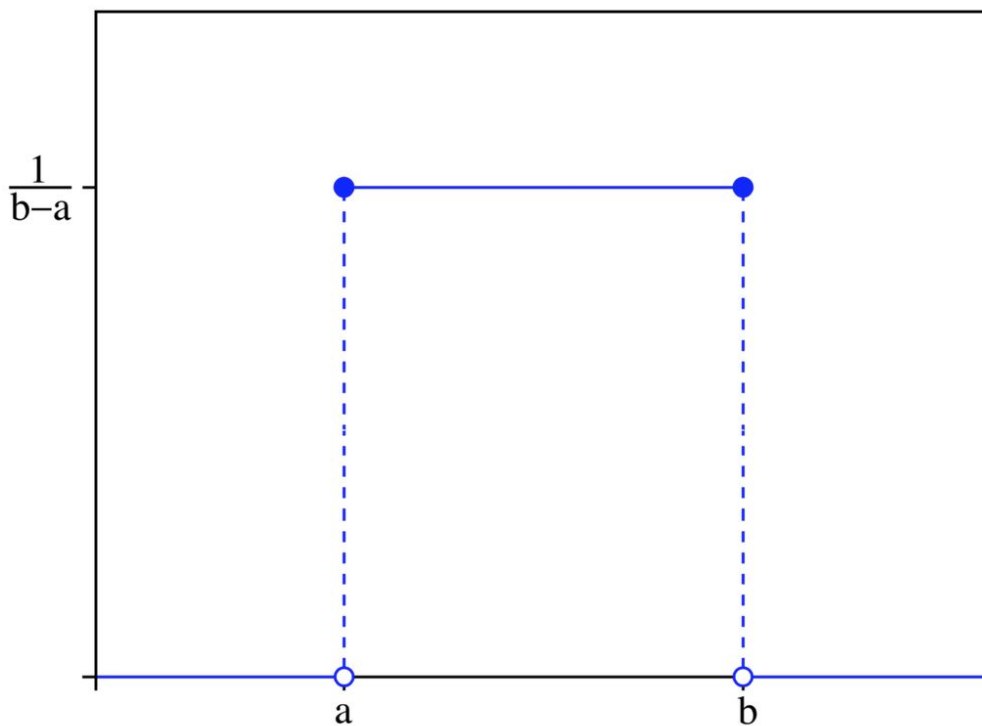
$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma^2} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{x-\mu}{\sigma} \right)^2 \right], \quad x \in (-\infty, \infty).$$



- **Distribuição uniforme**

A distribuição uniforme é a distribuição contínua mais simples, ela pode gerar qualquer ponto em um intervalo no espaço amostral, sendo proporcional ao tamanho do intervalo. É utilizada quando temos intervalos iguais de variável na mesma probabilidade. Esta distribuição em si não possui parâmetros, todavia, pode representar resultados com intervalos fechados. Abaixo podemos conferir um exemplo da sua representação matemática seguida de um exemplo gráfico.

$$f(x; a, b) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & , a \leq x \leq b, \\ 0 & , c. c. \end{cases}$$



### 2.3 COMPARAÇÕES

Para fins de comparação, as simulações geradas no sistema com a utilização das quatro funções de distribuições chegaram a ficar bem próximos aos resultados mostrados em sala de aula, com as funções se comportando da mesma maneira como foram mostradas. Porém, acima de tudo, é fundamental ressaltar que o cenário da simulação pode ter breves mudanças ou discrepâncias entre os modelos, podendo ter alguns valores mais distantes do que outros se comparados a tabela de simulação dada em sala de aula.

Os valores de tempos de chegada, tempo de serviço, ocupação do funcionário, tempo médio em sistema, etc, tiveram seus valores finais harmônicos aos parâmetros a eles aplicados ao início da simulação, em paridade aos mesmos dados nos slides, mostrando que essas técnicas podem sim, predispor cenários bem próximos à realidade estudada e simulada, no entanto a simulação realizada programaticamente se mostrou ser bem mais versátil do que a feita por tabelas.

### 3.0 CONCLUSÃO

A simulação discreta de sistemas é uma importante ferramenta de uso científico, proporcionando diversas possibilidades de aplicações e usos nos mais variados casos. Ela auxilia na obtenção de conclusões e tomada de decisões em cima de um determinado caso ou acontecimento, simulando o mesmo e mostrando os resultados mais próximos à realidade, resultados estes que terão um tratamento estatístico para uso futuro.

Neste trabalho foi realizado e implementado um sistema para a simulação de um Lavacar, procurando obter os melhores resultados em cima das probabilidades aplicadas na problemática, e ulteriormente comparado ao conteúdo dado em sala de aula. O funcionamento das distribuições de probabilidade ocorreram muito bem, retornando bons resultados na tabela resposta, e também condizentes com os parâmetros introduzidos na simulação.

### 4.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**“Probabilidades”**; *Portal Action*. Disponível em: <<http://www.portalaction.com.br/probabilidades>>. Acesso em 24 de Maio de 2019.

WALPOLE, Ronald E.; MYERS, Raymond H.; MYERS, Sharon L. e YE, Keying. **Probability & Statistics for Engineers & Scientists**. Pearson Education International. ISBN 0132047675. Página 196.

Minitab, LLC. **“Métodos e fórmulas para distribuições de probabilidade”**; *Suporte ao Minitab 18*. Disponível em: <<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/probability-distributions-and-random-data/how-to/probability-distributions/methods-and-formulas/>>

methods-and-formulas/#triangular-distribution>. Acesso em 24 de Maio de 2019.

**"Distribuição Normal"** *Só Matemática*. Virtuoso Tecnologia da Informação, 1998-2019. Disponível em: <<https://www.somatematica.com.br/estat/basica/normal.php>>. Acesso em 25 de Maio de 2019.

YAMAMOTO, Jorge K. **"Distribuição triangular: Aplicações"**; *Geo Krikagem*. Disponível em: <<https://geokrigagem.com.br/distribuicao-triangular/>>. Acesso em 25 de Maio de 2019.

**"Modelos contínuos de Distribuições de Probabilidades"**; *Professor Guru*. Disponível em: <<http://professorguru.com.br/estatistica/distribuicoes-de-probabilidade/distribuicao-uniforme.html>>. Acesso em 26 de Maio de 2019.

Freitas, Paulo. **"INE 5101 Simulação Discreta"**; *Introdução a Modelagem e Simulação de Sistemas*. Disponível em: <<https://www.inf.ufsc.br/~freitas.filho/cursos/simgrad/2005-2/Aulas/5101%20A01/Slides%20Aula%201%20-%20Introducao.pdf>>. Acesso em 23 de Maio de 2019.