



APLICAÇÃO DE PROCESSOS ESTOCÁSTICOS: UTILIZAÇÃO DE SIMULAÇÃO EM UMA CENTRAL REGIONAL DE EMERGÊNCIA

Christiane Wenck Nogueira Fernandes – christiane.fernandes@ufsc.br

Elyelton Cesar de Souza Lima – elyelton@grad.ufsc.br

Márcio Alexandre Lopes Júnior – marcio.lopesjunior@gmail.com

Paulo Henrique Bento – phbento@gmail.com

Silvia Lopes de Sena Taglialenha – s.taglialenha@ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina - Campus de Joinville - Centro Tecnológico de Joinville – Departamento de Engenharias da Mobilidade
Rua Dr. João Colin, 2700, Bairro Santo Antônio
89218035 – Joinville – SC

Resumo: *O presente artigo apresenta uma análise de uma central regional de emergência através de um software de simulação. E teve por objetivo apresentar a aplicação prática de Processos Estocásticos em problemas cotidianos em diversas empresas. Além de mostrar a importância dessa ferramenta, simulação, como uma das possíveis metodologias de avaliação do processo de ensino/aprendizagem dos alunos. Após estabelecer o objetivo deste estudo, é demonstrado uma abordagem quantitativa em centrais de atendimento, em seguida é apresentado uma revisão da literatura voltada para a teoria das filas. O número de atendentes em cada turno foi determinado através de um modelo de programação linear, que tem como objetivo determinar o número mínimo de atendentes necessários para atender uma demanda. Após realizar a simulação, foram testadas novas configurações visando otimizar o serviço de atendimento, alterando o número de agentes em cada turno de trabalho, eliminando as possíveis filas presentes no sistema.*

Palavras-chave: *Simulação, Central regional de emergência, Teoria das filas, Processos estocásticos, ensino/aprendizagem.*

1 INTRODUÇÃO

O poder público é responsável por atender as necessidades da população, fornecendo serviço de qualidade e que atenda as exigências de prestação de serviços. As entidades públicas encarregadas de oferecer qualquer serviço à população sofrem constante pressão pela qualidade do serviço e pelo controle dos gastos associados, sendo assim um bom gerenciamento é fundamental para alcançar os objetivos necessários para que as qualidades do sistema sejam reconhecidas.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





Dentro do serviço público utiliza-se muito o atendimento gratuito à população, que se caracteriza por ser um serviço complexo, por se tratar de uma atividade social mediadora que possui a interação de diferentes sujeitos em um contexto específico, envolvidos com diferentes necessidades. A partir daí, pode-se dizer que, mais do que qualquer outro setor, no setor público o foco no cliente é essencial e um dos parâmetros para medir a qualidade de serviços é a espera do cliente na fila (BRIGHENTI, 2006).

Ao estudar o comportamento de filas em um determinado sistema é possível verificar a existência de gargalos e sugerir mudanças que eliminem tais barreiras, melhorando a qualidade dos serviços.

A Simulação Computacional é uma das formas de análise desse tipo de problema, pois, através dessa técnica é possível tomar decisões sem que seja necessário interferir no sistema em vigor (PRADO, 2010).

Ainda de acordo com Prado (2010), define-se a simulação como a representação virtual por meio de uma linguagem computacional de um sistema que se pretende estudar.

O objetivo deste trabalho consiste em um estudo de simulação, como aplicação prática do conteúdo estudado na disciplina de Processos Estocásticos e Simulação, que visa a eliminação da fila de espera no atendimento ao público em uma central regional de emergência fictícia, por meio de uma análise de cenários no *software* Arena[®].

2 DESCRIÇÃO DO SISTEMA SIMULADO

A Central Regional de Emergência (CRE), criada para o desenvolvimento do trabalho, baseia-se em uma central da Polícia Militar que é responsável por atender as ligações feitas para o telefone 190 do município de Joinville e Araquari, que juntos totalizam quase 600 mil habitantes segundo estimativas do CENSO 2015. Por esse motivo é de grande responsabilidade que o serviço seja prestado da melhor forma possível.

A (CRE), proposta para o desenvolvimento deste trabalho, funciona em quatro turnos, de seis horas cada um, com doze agentes temporários que juntos formam uma equipe, como mostrado na Tabela 1. Todos os turnos trabalham em um modelo 4x2, onde os agentes trabalham quatro dias seguidos e folgam dois dias. Durante os dias de folga das equipes principais outros dois grupos ocupam as vagas existentes, fazendo com que o serviço seja desempenhado por seis equipes com um total de 72 agentes.

Tabela 1 - Divisão do sistema de trabalho.

Turno	Horário	Equipe
A	00:00 às 06:00	A ou E
B	06:00 às 12:00	B ou E
C	12:00 às 18:00	C ou F
D	18:00 às 24:00	D ou F

Fonte: Autores

Por trabalhar com uma média de ligações por turno, durante as análises não é necessário incluir as duas últimas equipes, E e F, tendo em vista que o gerente responsável pelo turno deve preencher a quantidade de vagas já necessárias nos turnos principais.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





No total são disponibilizados 12 computadores para fazer o atendimento às ligações recebidas. Além disso, cada funcionário trabalha 50 min e tem direito a 10 min de folga, seguindo as orientações do sindicato da categoria, o que significa que ao menos dois agentes devem estar trabalhando em cada turno.

3 METODOLOGIA

3.1. Abordagem quantitativa

A aplicação de métodos quantitativos em centrais de atendimento pode ser dividida em duas formas básicas:

- Análises estatísticas descritivas: onde se encontra um conjunto de técnicas responsáveis por resumir as informações de um conjunto de dados, permitindo que sejam tiradas conclusões a respeito das características de interesse. Destacando-se o uso de tabelas e gráficos como histograma.
- Análises estatísticas explicativas: utiliza-se, geralmente, regressão e análises temporais. Onde tentam identificar e capturar relações entre variáveis, usando um conjunto de informações e parâmetros para tentar explicar determinado fenômeno.

3.2 Modelagem da chegada e duração das chamadas

Uma abordagem simplista para determinar o número de operadores necessários em uma central de atendimento seria dividir o número de chamadas esperadas no intervalo de uma hora pelo tamanho médio das mesmas. Porém, as solicitações dos clientes não chegam numa ordem pré-estabelecida, um logo após o outro. As chamadas telefônicas chegam a intervalos de tempo aleatórios e de forma independente. Assim, a probabilidade de chegada em um determinado intervalo de tempo, pode ser aproximada por uma distribuição Poisson (Figura 01), onde λ é a média da taxa de chegada e x é o número de chegada das chamadas no intervalo considerado.

Figura 01 - Fórmula de uma distribuição Poisson.

$$P_p(\lambda, x) = \sum_{i=0}^x \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!}$$

Fonte: Hillier (2013)

3.3 Teoria das filas

Teoria das filas é o nome dado ao estudo matemático de filas de espera, sendo que estas podem ser formadas por pessoas ou objetos ou mesmo apresentar um sentido abstrato onde não se visualiza a fila física, mas ela existe, este é o caso da fila em uma central telefônica onde existe a prioridade no atendimento, mas as pessoas ou chamadas não aparecem obrigatoriamente em uma sequência visível (FERREIRA FILHO, 2014).

Segundo Taha (2008), uma fila irá ser formada sempre que a capacidade de atendimento for inferior à demanda pelo serviço, dessa forma o seu estudo inclui o levantamento de itens como o comprimento médio da fila, seu desempenho e tempo de espera.

Enquanto, Moreira (2010) argumenta que a formação de filas pode estar relacionada com a variabilidade tanto no intervalo entre chegadas como no tempo de atendimento, e não somente à capacidade de atendimento dos postos de trabalho.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção



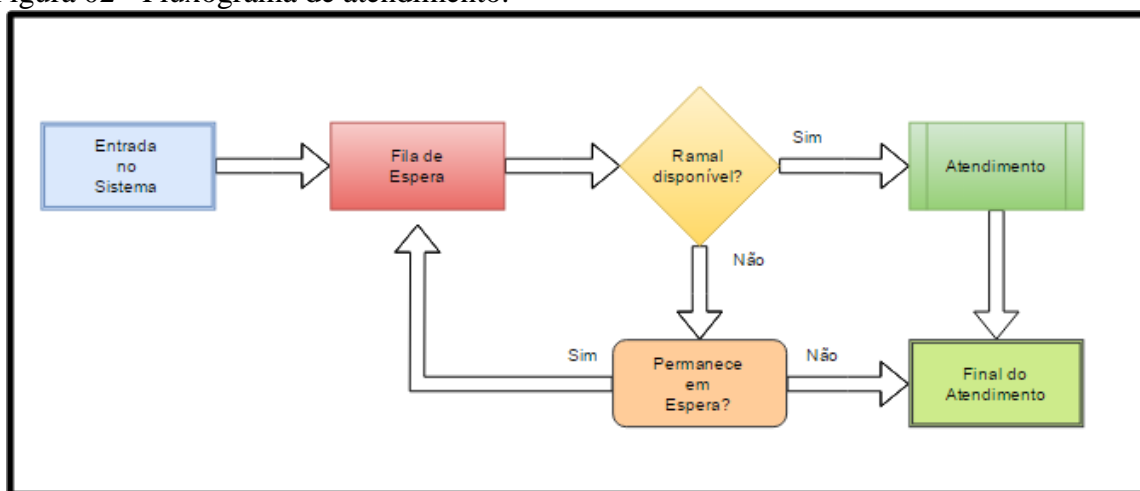


Para Hillier & Lieberman (2013), grandes ineficiências também ocorrem por causa de outros tipos de espera, além daquelas de pessoas que esperam em uma fila. Por exemplo, atrasos em transmissões de telecomunicações devido a linhas saturadas podem provocar problemas técnicos com os dados.

4 CONCEPÇÃO DO MODELO

O sistema de atendimento na central em estudo segue um fluxo de entrada que prioriza o primeiro usuário que entra no sistema, caracterizando um sistema *First in First out* (FIFO). A Figura 02 ilustra o fluxograma de atendimento, modelo que serviu de base para a criação do modelo de simulação construído no *software* Arena.

Figura 02 - Fluxograma de atendimento.



Fonte: Autores.

Após mapear do processo de atendimento, foi possível identificar as entradas do sistema, fluxos de informações e geração de filas, que são os objetivos de estudo deste trabalho. A validação do modelo deu-se através da apresentação do modelo a um agente, que confirmou a configuração e fluxos do sistema.

4.1 Implementação computacional

Depois de validar o modelo conceitual do sistema e levantar os dados necessários, parte-se para a elaboração do modelo de simulação. A implementação computacional do problema é o responsável por gerar as informações que serão analisadas ao final do processo.

Nesta etapa os dados obtidos foram inseridos no *software* Arena versão 14.70 *Student*. O modelo criado no *software* Arena (Figura 03), utilizado neste trabalho, inicia-se pela chegada das ligações, onde os dados referentes ao número de chegadas foram inseridos no módulo *Create* (Chegada de ligações), em seguida ocorre a decisão do usuário em permanecer no sistema, um módulo *Decide* (Permanece em espera?) foi inserido, dividindo as ligações recebidas pela proporção de ligações atendidas ou não. Se a ligação for atendida ela segue para o módulo *Process* (Atendimento) onde os dados referentes ao tempo de atendimento estão inseridos. Seguindo pelo módulo *Record* (Taxa de atendimento), onde são coletadas estatísticas referente ao atendimento e por fim, no módulo *Dispose* (Fim da chamada), finaliza-se o processo de atendimento. Se a ligação não for atendida, ela segue para o módulo *Record* (Taxa de abandono), onde as estatísticas referente ao abandono de ligações são

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



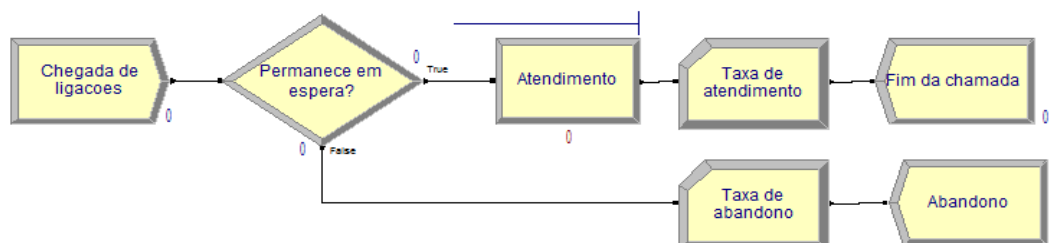
Promoção





coletadas e por fim, no módulo *Dispose* (Abandono), o processo de taxa de abandono é finalizado.

Figura 03 - Modelo de simulação



Fonte: Autores

Como a CRE funciona por turnos, foi necessário utilizar o módulo de dados *Schedule*, em conjunto com o módulo *Create* e o módulo de dados *Resource*. O módulo *Schedule* tem por função estabelecer regras que serão vigentes durante determinados períodos de tempo. Estas regras podem tanto ser aplicadas por recursos, objetivando o funcionamento por turnos, como por entidades, estabelecendo taxas de chegada diferentes para o modelo, dependendo do horário.

As informações solicitadas pelo módulo *Schedule* são duas: período de tempo e valor (de capacidade ou taxa de chegada) a ser utilizado. Ao ser usado com o *Create*, o módulo *Schedule* estabelece taxas de chegada diferentes de acordo com o horário do processo.

Na modelagem deste caso, foi criado um módulo *Schedule* (*Schedule* de chegadas) para o tipo *Arrival*, onde foi inserido o número de chegada de ligações por hora considerando um turno de seis horas, dividido pelos sete dias da semana. Já para o tipo *Capacity*, foi criado um outro módulo *Schedule* (*Schedule Terminal*), onde foi inserido a capacidade de terminais para um turno de seis horas, dividido pelos sete dias da semana.

Os dados utilizados no módulo *Process* foram obtidos através do *Input Analyzer* (Tabela 02), onde foi encontrada a melhor distribuição estatística para cada turno.

Tabela 02 - Resultado *Input Analyzer*.

Turno	Distribuição	Expressão
A	Normal	$NORM(1.57, 0.663)$
B	Weibull	$0.4 + WEIB(0.757, 2.32)$
C	Weibull	$0.4 + WEIB(0.863, 2.16)$
D	Erlang	$1 + ERLA(0.213, 3)$

Fonte: Autores.

Os valores referentes ao *Square Error* e *p-value* de todos os resultados encontraram-se dentro dos valores esperados, o que significa que a distribuição teórica adere ao resultado da amostra.

Com as informações inseridas no modelo computacional desenvolvido, foi possível analisar diferentes cenários e obter os resultados que serviram de base para as conclusões do trabalho.

Organização



Promoção





4.2 Cenários

Após a construção do modelo de simulação computacional, foram executadas simulações iniciais com os dados obtidos no trabalho final da disciplina de programação linear durante o semestre 2016/1 (Tabela 03). O trabalho realizado na disciplina de Programação Linear tinha como objetivo verificar o número mínimo de agentes necessários para atender a demanda de ligações na mesma semana de atendimento deste trabalho.

Tabela 03 - Número mínimo de atendentes necessários por turno.

Turnos	Nº de agentes por dia da semana						
	Segunda-Feira	Terça-Feira	Quarta-Feira	Quinta-Feira	Sexta-Feira	Sábado	Domingo
Turno A	2	2	2	2	2	2	3
Turno B	5	4	4	7	5	5	5
Turno C	9	11	12	10	10	8	5
Turno D	10	5	7	7	7	12	12

Fonte: Autores.

Com os dados da tabela 02 inseridos no modelo computacional foi possível obter um cenário inicial que serviu de base para as primeiras análises do sistema.

4.2.1 Cenários iniciais

Ao realizar a análise para cada turno foi possível observar que em três turnos, A, B e D, existem filas no sistema, sendo necessária uma mudança no número de agentes. O turno C aparece fila zero com os dados iniciais, o que significa que uma redução no número de atendentes pode ser feita.

4.2.2 Cenários alternativos

Como o objetivo do trabalho é eliminar as filas no sistema, foi necessário reavaliar o número de agentes do cenário inicial. Mesmo no turno C que já apresenta fila zero foi necessário verificar se não existia um valor inferior ao inserido, que já permitia um atendimento sem fila. Nos demais turnos foram acrescentados agentes até obter zero fila, esses valores foram inseridos respeitando as condições de cada turno. A tabela 04 apresenta os valores modificados que foram substituídos no modelo computacional.

Tabela 04 - Número de agentes necessários após alteração.

Turnos	Nº de agentes por dia da semana						
	Segunda-Feira	Terça-Feira	Quarta-Feira	Quinta-Feira	Sexta-Feira	Sábado	Domingo
Turno A	4	3	3	3	4	4	6
Turno B	6	6	6	8	5	4	5
Turno C	7	8	11	8	9	6	4
Turno D	7	7	8	8	8	10	7

Fonte: Autores.

Os resultados obtidos após a modificação estão apresentados nas figuras 04, 05, 06 e 07, todas as imagens foram retiradas dos resultados geradas pelo *software* Arena.

Organização



UDESC
 UNIVERSIDADE
 DO ESTADO DE
 SANTA CATARINA



Promoção





Figura 04 - Resultados turno A após modificação.

Queue				
Time				
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Atendimento.Queue	0.00	0,0000000000	0.00	0.00
Other				
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Atendimento.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Resource				
Usage				
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Terminal	0.1255	(Correlated)	0.00	1.0000
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Terminal	0.5232	(Correlated)	0.00	6.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Terminal	3.8571	(Insufficient)	3.0000	6.0000
Scheduled Utilization	Value			
Terminal	0.1356			
Total Number Seized	Value			
Terminal	855.00			

Fonte: Autores.

Organização

Promoção



Figura 05 - Resultados turno B após modificação.

Queue				
Time				
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Atendimento.Queue	0.00	0,000000000	0.00	0.00
Other				
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Atendimento.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Resource				
Usage				
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Terminal	0.1166	0,006792470	0.00	1.0000
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Terminal	0.6604	(Correlated)	0.00	6.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Terminal	5.7143	(Insufficient)	4.0000	8.0000
Scheduled Utilization	Value			
Terminal	0.1156			
Total Number Seized	Value			
Terminal	1570.00			

Fonte: Autores

Figura 06 - Resultados turno C após modificação.

Queue				
Time				
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Atendimento.Queue	0.00	0,000000000	0.00	0.00
Other				
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Atendimento.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Resource				
Usage				
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Terminal	0.1496	(Correlated)	0.00	1.0000
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Terminal	1.0883	(Correlated)	0.00	6.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Terminal	7.5714	(Insufficient)	4.0000	11.0000
Scheduled Utilization	Value			
Terminal	0.1437			
Total Number Seized	Value			
Terminal	2377.00			

Fonte: Autores

Organização

Promoção



Figura 12 - Resultados turno D após modificação.

Queue				
Time				
Waiting Time	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Atendimento.Queue	0.00	0.000000000	0.00	0.00
Other				
Number Waiting	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Atendimento.Queue	0.00	(Insufficient)	0.00	0.00
Resource				
Usage				
Instantaneous Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Terminal	0.1781	(Correlated)	0.00	1.0000
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Terminal	1.4176	(Correlated)	0.00	8.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Terminal	7.8571	(Insufficient)	7.0000	10.0000
Scheduled Utilization	Value			
Terminal	0.1804			
Total Number Seized	Value			
Terminal	2193.00			

Fonte: Autores.

5 RESULTADOS E CONCLUSÕES

Pode-se concluir, através dos resultados obtidos, que o número de ligações que cada turno recebe influencia diretamente no número necessário de atendentes. Cada turno apresenta uma característica que deve ser considerada ao realizar o processo de análise e simulação. O uso de teoria das filas possibilitou uma análise e dimensionamento de um sistema próximo do ideal, dado as condições do sistema.

O sistema apesar de cumprir as expectativas e objetivos só pode ser considerado para uma semana típica do ano, onde nenhum fator fora do comum, como feriados, criminalidade, férias escolares, etc, pode interferir nos dados obtidos. Para obter um resultado mais geral, a base de dados deve ser ampliada, analisando mensalmente as mudanças que ocorrem ao longo do ano.

O presente estudo, utilizando-se de simulação, serviu como uma ferramenta de avaliação da disciplina de Processos Estocásticos e Simulação, no qual foram aplicados os conceitos estudados em sala de aula em um caso real. Mostrando-se assim uma das possíveis ferramentas de avaliação do ensino/aprendizagem da disciplina estudada.

Como proposta para estudos futuros, fica a criação de um modelo de análise geral, que engloba um período de tempo maior, tornando possível definir um valor próximo do ideal

Organização



UDESC
 UNIVERSIDADE
 DO ESTADO DE
 SANTA CATARINA



Promoção





para cada mês do ano, ajudando o gerente a definir o número necessário de agente para cada época do ano.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRIGHENTI, J. R. Simulação e otimização de uma linha de manufatura em fase de projeto. 2006. 246 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Engenharia de Itajubá - UNIFEI, Itajubá, MG, 2006.

FERREIRA FILHO, V. J. M. Processos estocásticos e Teoria das filas. Rio de Janeiro. COPPE. 176p. Disponível em:
<http://www.iceb.ufop.br/deest/p3f1l_d3p4rt4m3nt03st/arquivos/0.661335001390983227.pdf>. Acesso em: 4 nov. 2016.

HILLIER, F.S.; LIEBERMAN, G.J. Introdução à pesquisa operacional. 3. Ed. Porto Alegre: AMGH, 2013. 1005 p.

MOREIRA, D. A. Pesquisa Operacional: Curso Introductório. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 356 p.

PRADO, D. S. Usando o Arena[®] em Simulação. 4ª Edição. Série Pesquisa Operacional - Volume 3. Belo Horizonte: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2010.

TAHA, H. A. Pesquisa Operacional: Uma Visão Geral. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008. 359 p.

APPLICATION OF STOCHASTIC PROCESSES: USE OF SIMULATION IN A REGIONAL EMERGENCY CENTRAL

Abstract: *The present article presents an analysis of a regional emergency center through a simulation software. And it aimed to present the practical application of Stochastic Processes in daily problems in several companies. Besides showing the importance of this tool, simulation, as one of the possible evaluation methodologies of the teaching / learning process of the students. After establishing the objective of this study, a quantitative approach is demonstrated in call centers, then a review of the literature on queuing theory is presented. The number of attendants in each shift was determined through a linear programming model, which aims to determine the minimum number of attendants needed to meet a demand. After performing the simulation, new configurations were tested to optimize the service, changing the number of agents in each work shift, eliminating possible queues present in the system.*

Key-words: *Simulation, Regional emergency central, Theory of queues, Stochastic processes, teaching / learning.*

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



UNISOCIESC
Educação e Tecnologia

Promoção



ABENGE
Associação Brasileira de Educação em Engenharia