

# Roteiro Aula Prática



**PESQUISA OPERACIONAL:  
SIMULAÇÃO**

# ROTEIRO DE AULA PRÁTICA

**NOME DA DISCIPLINA:** PESQUISA OPERACIONAL: SIMULAÇÃO

**Unidade:** U1\_ INTRODUÇÃO À SIMULAÇÃO EM PO

**Aula:** A3\_ O USO DO SOFTWARE ARENA EM SIMULAÇÃO

## OBJETIVOS

**Definição dos objetivos da aula prática:**

Construção de modelos de simulação com auxílio do software Arena.

## SOLUÇÃO DIGITAL:

### Software ARENA

Para essa prática será necessário utilizar o software de simulação ARENA.

Link para download do ARENA:

<https://paragon.com.br/download-arena/>.

OBS: Preencha os campos solicitados e clique em “BAIXAR VERSÃO TRIAL DO ARENA”

Link com as instruções de instalação do ARENA:

<https://help.paragon.com.br/portal/en/kb/articles/arena-instala%C3%A7%C3%A3o-arena-16-10>.

## PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

### Procedimento/Atividade nº 1

Criar modelo de simulação utilizando o ARENA.

### Atividade proposta:

Analisar o problema proposto, construir o modelo de simulação no software ARENA

### Procedimentos para a realização da atividade:

Problema para a atividade (simulação no software ARENA):

Considere a seguinte situação:

Navios chegam a um porto a intervalos segundo uma distribuição exponencial de média 8 horas e gastam para descarregar segundo uma função triangular com tempo mínimo de 3 horas, tempo mais provável de 5 horas e tempo máximo de 10 horas.

Com base nesses dados e informações, construa o modelo no ARENA e realize uma simulação para 24 horas.

#### **Avaliando os resultados:**

1. Construa o modelo de simulação da atividade proposta no software ARENA.;
2. Insira os dados fornecidos na atividade em cada bloco.
3. Faça a simulação para 24 horas e encontre o resultado.

#### **Checklist:**

- **Ler e analisar atentamente o problema;**
- **Criar o diagrama de blocos no ARENA (Blocos: Create, Process e Dispose);**
- **Inserir os dados em cada bloco (ou módulo) com os valores fornecidos na atividade;**
- **Rodar a simulação.**

#### **Procedimento/Atividade nº 2**

Criar modelo de simulação utilizando o ARENA.

#### **Atividade proposta:**

Analisar o problema proposto, construir o modelo de simulação no software ARENA

#### **Procedimentos para a realização da atividade:**

Problema para a atividade (simulação no software ARENA):

Considere a seguinte situação:

Uma empresa fabrica dois tipos de produtos (A e B) por processos independentes. Ambos os produtos passam por um mesmo posto de inspeção de qualidade cujo tempo de atuação é TRIA (0,5;1;1,5) horas e depois, caso sejam reprovados na inspeção, seguem para o departamento de reparo cujo tempo de atuação é TRIA (0,2;0,5;1) horas. Sabendo que o índice de chegada dos produtos do tipo A ao departamento de inspeção obedece  $\text{Expo}(1)$  hora e o índice de chegada dos produtos do tipo B ao departamento de inspeção obedece  $\text{Expo}(2)$  hora.

Considere que 70% do total de produtos são aprovados na inspeção. Os produtos reprovados vão para o reparo.

Simule 24 horas de produção e analise o processo.

## RESULTADOS

### Resultados do experimento:

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo as informações obtidas nos experimentos, **envie prints**: do modelo construído no ARENA; dos dados inseridos em cada módulo (ou bloco); do modelo ao final da simulação de 24horas (com os valores que ficou em cada bloco) das duas atividades (A e B)

O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

- **Não se esqueça de resolver o que é solicitado no “Avaliando o resultado” e documentar a atividade prática.**

Referências bibliográficas ABNT (quando houver).

### Resultados de Aprendizagem:

Como resultados desta atividade será possível analisar um problema de simulação aplicado à logística portuária, estruturar corretamente o modelo no software ARENA, parametrizando distribuições de chegada e tempo de serviço conforme os dados fornecidos, executar a simulação para o período estabelecido e interpretar os resultados obtidos, desenvolvendo habilidades práticas de modelagem computacional, tomada de decisão baseada em cenários e compreensão dos impactos operacionais de diferentes variáveis no processo.

# ROTEIRO DE AULA PRÁTICA

**NOME DA DISCIPLINA:** PESQUISA OPERACIONAL: SIMULAÇÃO

**Unidade:** U2\_ PROGRAMAÇÃO DINÂMICA E PROGRAMAÇÃO NÃO LINEAR

**Aula:** A1\_ PROGRAMAÇÃO DINÂMICA

## OBJETIVOS

**Definição dos objetivos da aula prática:**

Construção de modelos de simulação com auxílio do software Arena.

## SOLUÇÃO DIGITAL:

**Pacote Office**

Para essa prática será necessário utilizar o pacote office (Word ou Excel)

## PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

**Procedimento/Atividade nº 1**

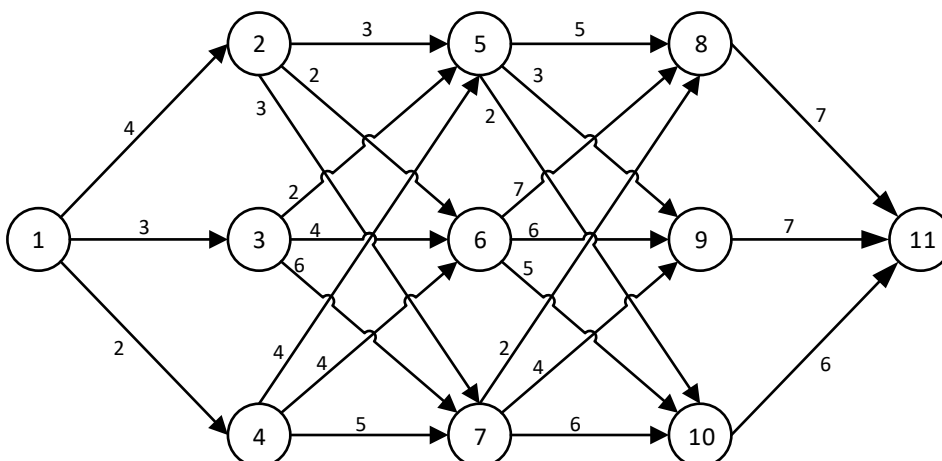
Resolver o problema proposto por meio da programação dinâmica.

**Atividade proposta:**

Analisar o problema proposto, resolver pela programação dinâmica pelo tipo Regressivo.

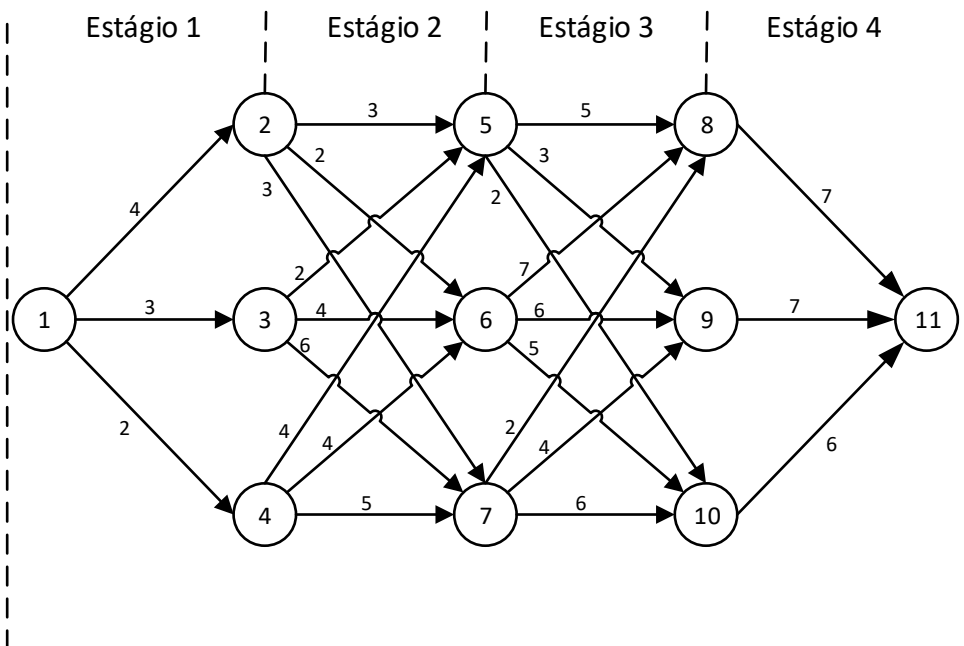
**Procedimentos para a realização da atividade:**

Determine o caminho mais curto do nó 1 ao nó 11 utilizando Programação Dinâmica.



Fonte: FÁVERO e BELFIORE, 2013, pág. 496

Para resolver o problema deve-se subdividir o problema em estágios que no exercício serão 4 estágios:



Resolver pelo tipo Regressivo, ou seja, iniciar pelo estágio 4.

#### **Avaliando os resultados:**

1. Subdividir o problema em estágios que no exercício serão 4 estágios
2. Para resolver pelo tipo Regressivo, deve-se iniciar pelo último estágio evoluindo a resolução até o estágio inicial, observado as distâncias dadas entre os nós
3. Como o problema é identificar o Caminho mais curto a decisão deve ser pela menor distância entre os nós.
4. Tabular a decisão ótima encontrada em cada estágio

#### **Checklist:**

- Ler e analisar atentamente o problema;
- Iniciar a solução pelo estágio 4, ontando a tabela de decisão.
- Montar a tabela de decisão do estágio 3;
- Montar a tabela de decisão do estágio 2;
- Montar a tabela de decisão do estágio 1;
- Verificar e indicar qual o menor caminho (que é a soma de todos os estágios com o menor caminho), ou seja, indicar os nós do menor caminho.

## **RESULTADOS**

### **Resultados do experimento:**

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo as informações obtidas na atividade, em que deve conter a resolução do problema, mostrando o problema subdividido em estágios e as tabelas de decisão de cada estágio, além de indicar quais “nós” contemplam o caminho mais curto.

O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

- Não se esqueça de resolver o que é solicitado no “Avaliando o resultado” e documentar a atividade prática.

Referências bibliográficas ABNT (quando houver).

#### **Resultados de Aprendizagem:**

Como resultados desta atividade espera-se que o estudante seja capaz de solucionar problemas de Pesquisa Operacional pela Programação Dinâmica.

# ROTEIRO DE AULA PRÁTICA

**NOME DA DISCIPLINA:** PESQUISA OPERACIONAL: SIMULAÇÃO

**Unidade:** U2\_ PROGRAMAÇÃO DINÂMICA E PROGRAMAÇÃO NÃO LINEAR

**Aula:** A2\_ INTRODUÇÃO À PROGRAMAÇÃO NÃO LINEAR

**Aula:** A3\_ TIPOS DE PROGRAMAÇÃO NÃO LINEAR

## OBJETIVOS

### Definição dos objetivos da aula prática:

Construção de modelos matemáticos de problemas de Programação Não-Linear;  
Utilizar planilha Excel para resolver problemas de Programação Não-Linear.

## SOLUÇÃO DIGITAL:

### Pacote Office

Para essa prática será necessário utilizar o pacote office (Word e Excel)

## PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

### Procedimento/Atividade nº 1

Criar modelos matemáticos para problemas de programação Não-Linear

### Atividade proposta:

Analisar os problemas propostos, construir os modelos matemáticos de programação Não-Linear

### Procedimentos para a realização da atividade:

#### Problema (A):

Modelagem de problemas de PNL

Exercício extraído de FÁVERO e BELFIORI. Pesquisa Operacional para cursos de engenharia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. Página 461 (exercício 3).

Uma empresa de telefonia está produzindo celulares de última geração. O custo de cada aparelho é de R\$ 30,00. Supondo que  $x$  unidades sejam produzidas, cada unidade poderá ser vendida por  $100 - x$  reais ( $0 \leq x \leq 100$ ).

Formule o problema de programação não-linear que busca maximizar o lucro da empresa.

#### Problema (B):

Modelagem de problemas de PNL

Exercício extraído de FÁVERO e BELFIORI. Pesquisa Operacional para cursos de engenharia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. Página 461 (exercício 4).

Uma confeitaria mineira abrirá três lojas em São Paulo e deseja determinar o preço exato das trufas que devem variar de R\$ 2,00 a R\$ 4,00. O departamento de marketing estima, para cada loja, a demanda de trufas em função do preço ( $x$ ), conforme mostram as equações da tabela. O custo de produzir as trufas é de R\$ 1,00 para todas as lojas. Busca-se, portanto, determinar o preço das trufas que maximize o lucro.

Modele o problema da confeitaria.

Demanda		
Loja 1	Loja 2	Loja 3
$= -9x^2 + 32x + 150$	$= -2x^2 - 4x + 80$	$= -6x^2 - 3x + 148$

#### Avaliando os resultados:

1. Indique o que representa a variável  $x$  em cada problema;
2. Construa a função objetivo de cada problema (A e B).;
3. Construa as restrições de cada problema (A e B).
4. Resolva e justifique os Problemas A e B.

#### Checklist:

- Ler e analisar atentamente o problema;
- Indicar o que representa a variável “ $x$ ” em cada problema;
- Construir o modelo matemático de cada problema, identificando a função objetivo (maximizar ou minimizar) e as restrições.

#### Procedimento/Atividade nº 2

Resolver problema de programação Não-Linear pelo Solver (Excel)

#### Atividade proposta:

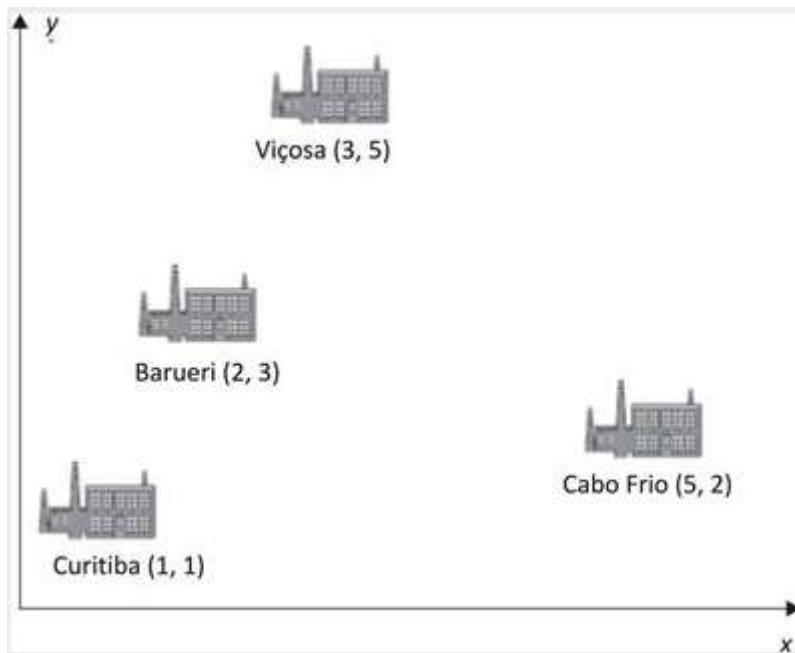
Analisar o problema proposto de programação Não-Linear e resolver pelo Solver (Excel)

#### Procedimentos para a realização da atividade:

A empresa Sabor & Degust do setor alimentício está planejando abrir uma nova fábrica que irá abastecer quatro centros de distribuição. Os centros de distribuição estão localizados em Curitiba, Barueri, Cabo Frio e Viçosa e as respectivas coordenadas ( $x,y$ ) no plano cartesiano estão

ilustradas na Figura 1. Deseja-se determinar o local ótimo no plano cartesiano para a instalação da nova fábrica, de modo que a soma das distâncias percorridas da fábrica em relação a cada um dos centros de distribuição seja minimizada. Por razões logísticas, a distância da fábrica para cada centro de distribuição não pode ser maior do que 10, com exceção de Cabo Frio que é no máximo 3. Modele o problema de localização da empresa Sabor & Degust.

Figura 1 – Coordenadas dos centros de distribuição no plano cartesiano.



Fonte: Fávero; Belfiore, 2012.

A função objetivo busca minimizar a soma das distâncias percorridas da fábrica em relação a cada um dos  $i$  centros de distribuição:

$$F_{obj} = \min Z = \sum_{i=1}^4 \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$$

$$\min Z = \sqrt{(1 - x_j)^2 + (1 - y_j)^2} + \sqrt{(2 - x_j)^2 + (3 - y_j)^2} + \sqrt{(5 - x_j)^2 + (2 - y_j)^2} + \sqrt{(3 - x_j)^2 + (5 - y_j)^2}$$

Restrições:

$$\sqrt{(1 - x_j)^2 + (1 - y_j)^2} \leq 10 \text{ (Curitiba)}$$

$$\sqrt{(2 - x_j)^2 + (3 - y_j)^2} \leq 10 \text{ (Barueri)}$$

$$\sqrt{(5 - x_j)^2 + (2 - y_j)^2} \leq 3 \text{ (Cabo Frio)}$$

$$\sqrt{(3 - x_j)^2 + (5 - y_j)^2} \leq 10 \text{ (Viçosa)}$$

Portanto, utilize o Solver para resolver este problema.

Monte o problema no excel, conforme a Figura 2:

Figura 2 - Representação em Excel do problema da empresa Sabor & Degust.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2							
3	Coordenadas dos CDs	$x_i$	$y_i$		Distância real		Distância máxima
4	Curitiba	1	1		1,41	<=	10
5	Barueri	2	3		3,61	<=	10
6	Cabo Frio	5	2		5,39	<=	3
7	Viçosa	3	5		5,83	<=	10
8							
9							
10	Solução	$x_j$	$y_j$	$z$			
11	Coordenadas da Fábrica	0,00	0,00	16,24			

Fonte: Fávero; Belfiore, 2012.

### Avaliando os resultados:

1. Monte o problema no excel conforme Figura 2;
2. Insira as equações nas células E4, E5, E6, E7 e D11;
3. Acione o solver e preencha os parâmetros (“Definir objetivo”; “Para”; “Alterando células variáveis”; Sujeito às Restrições”);
4. Selecione o método “GRG Não Linear”.

### Checklist:

- Ler e analisar atentamente o problema;
- Montar o problema no excel;
- Inserir as equações nas células E4, E5, E6, E7 e D11;
- Acionar e preencher os parâmetros no Solver (Excel);
- Resolver pelo método “GRG Não Linear” no Solver;

## RESULTADOS

### Resultados do experimento Procedimento/Atividade nº 1:

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo o modelo matemático dos Problemas (A e B), identificando a função objetivo e as restrições de cada problema.

O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

- Não se esqueça de resolver o que é solicitado no “Avaliando o resultado” e documentar a atividade prática.

Referências bibliográficas ABNT (quando houver).

### Resultados de Aprendizagem:

Como resultados desta o estudante estará apto a modelar problemas de Programação Não-Linear.

## RESULTADOS

### Resultados do experimento Procedimento/Atividade nº 2:

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo os prints: da planilha do excel preenchida de forma inicial; das equações utilizadas nas células E4, E5, E6, E7 e D11; dos parâmetros do Solver devidamente preenchidos; da planilha com o resultado final após a resolução pelo Solver;

O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

- **Não se esqueça de resolver o que é solicitado no “Avaliando o resultado” e documentar a atividade prática.**

Referências bibliográficas ABNT (quando houver).

### Resultados de Aprendizagem:

Como resultados desta o estudante estará apto a resolver problemas de Programação Não-Linear pelo Solver (Excel).

# ROTEIRO DE AULA PRÁTICA

**NOME DA DISCIPLINA:** PESQUISA OPERACIONAL: SIMULAÇÃO

**Unidade:** U3\_ MARKOV, FILAS E SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

**Aula:** A2\_ TEORIA DAS FILAS – SIMULAÇÃO

## OBJETIVOS

### Definição dos objetivos da aula prática:

Analisar problemas de filas e calcular as medidas de desempenho do sistema

## SOLUÇÃO DIGITAL:

### Pacote Office

Para essa prática será necessário utilizar o pacote office (Word ou Excel)

## PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

### Procedimento/Atividade nº 1

Resolução de exercício de teoria das filas

### Atividade proposta:

Analisar os problemas propostos e resolver.

### Procedimentos para a realização da atividade:

#### Problema (A):

O caixa de um restaurante fast-food, nos horários de pico, recebe, em média, dois clientes a cada minuto. A chegada dos clientes nesses horários obedece à distribuição de Poisson.

Qual é a probabilidade de que, em um dado minuto, o caixa receba:

- a) nenhum cliente?
- b) dois clientes?
- c) três clientes ou menos?

#### Problema (B):

Uma certa oficina mecânica possui um mecânico que é capaz de instalar novos silenciadores a uma média de 3/hora conforme uma distribuição exponencial. Clientes demandam esse serviço a uma taxa de 2/hora conforme uma distribuição de Poisson. Os clientes são atendidos de acordo com a regra FCFS (First come, First Served) ou FIFO (First in, First out – Primeiro que entra, primeiro que sai) e sua população pode ser considerada infinita.

Determinar as medidas de desempenho deste sistema:

- A taxa de ocupação do sistema (taxa de ocupação do mecânico)
- O número médio de clientes na oficina.
- O número médio de clientes na fila.
- O tempo médio gasto no sistema
- O tempo gasto pelo cliente na fila
- Qual a probabilidade de haver 3 carros na oficina.

#### **Avaliando os resultados:**

1. Resolva as perguntas do problema A utilizando a metodologia da teoria das filas.
2. Resolva as medidas de desempenho solicitadas no problema B utilizando a metodologia da teoria das filas

#### **Checklist:**

- **Ler e analisar atentamente os problemas A e B;**
- **Determinar as alternativas do problema A;**
- **Determinar o que se pede no Problema B;**

## **RESULTADOS**

### **Resultados do experimento:**

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo a resolução das atividades (A) e (B), identificando a resolução do que se pede em cada problema.

O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

- **Não se esqueça de resolver o que é solicitado no “Avaliando o resultado” e documentar a atividade prática.**

**Referências bibliográficas ABNT (quando houver).**

### **Resultados de Aprendizagem:**

Como resultados desta o estudante estará apto a calcular as medidas de desempenho de um sistema de fila.

# ROTEIRO DE AULA PRÁTICA

**NOME DA DISCIPLINA:** PESQUISA OPERACIONAL: SIMULAÇÃO

**Unidade:** U4\_ TEORIA DOS JOGOS E ANÁLISE DE DECISÃO

**Aula:** A1\_ TEORIA DOS JOGOS

## OBJETIVOS

**Definição dos objetivos da aula prática:**

Saber resolver problemas de pesquisa operacional que envolvam o Teoria dos jogos;

## SOLUÇÃO DIGITAL:

**Pacote Office**

Para essa prática será necessário utilizar o pacote office (Word ou Excel)

## PROCEDIMENTOS PRÁTICOS E APLICAÇÕES

**Procedimento/Atividade nº 1**

Resolução de exercício de Teoria dos Jogos

**Atividade proposta:**

Analisar os problemas propostos e resolver.

**Procedimentos para a realização da atividade:**

**Problema (A):**

Encontre o ponto de sela para um jogo com a seguinte tabela de prêmios

		Jogador B		
		Estratégias	1	2
Jogador A	1	3	-1	3
	2	-3	1	7
	3	7	3	5

Use o critério do **minimax** para encontrar a melhor estratégia para cada jogador.

- Esse jogo possui um ponto de sela?
- Esse é um jogo estável?

**Problema (B):**

Em breve, dois políticos começarão suas campanhas um contra o outro na disputa por determinado cargo político. Cada um deles tem de escolher a questão principal que enfatizará como tema da campanha. Cada um deles tem três questões vantajosas para escolher, mas a eficiência relativa de cada um depende do assunto escolhido pelo oponente. Em particular, o aumento estimado em termos de votos para o político 1 (expresso na forma de porcentagem dos votos totais) resultante de cada combinação de temas é como se segue:

Estratégias		Temas para o Político 2		
		1	2	3
Tema para o Político 1	1	7	-1	3
	2	1	0	2
	3	-5	-3	-1

Entretanto, por causa da carga de trabalho considerável da equipe para pesquisar e formular o tema escolhido, cada político tem de fazer sua escolha antes de saber da escolha do oponente. Que tema ele deve escolher?

Para cada uma das situações aqui descrita, formule esse problema para determinar qual tema deve ser escolhido a cada político de acordo com o critério especificado.

**Avaliando os resultados:**

1. Monte uma nova tabela para cada problema e utilize o critério Minimax
2. Resolva as perguntas de cada problema (A e B), identificando qual é a melhor estratégia em cada Problema.
3. Explicar como escolheu suas estratégias

**Checklist:**

- Ler e analisar atentamente o problema;
- Utilizar o critério minimax;

- Montar uma nova tabela com os menores valores de cada linha e os maiores valores de cada coluna;
- Escolher qual a melhor estratégia para o jogador A e a melhor estratégia para o Jogador B.
- Explicar como escolheu as estratégias;

## RESULTADOS

### Resultados do experimento:

Ao final dessa aula prática, você deverá enviar um arquivo em word contendo a resolução das atividades (A) e (B), pelo método Minimax, com uma nova tabela, com as respostas das perguntas de cada problema de forma justificada.

O arquivo não pode exceder o tamanho de 2Mb.

- Não se esqueça de resolver o que é solicitado no “Avaliando o resultado” e documentar a atividade prática.

Referências bibliográficas ABNT (quando houver).

### Resultados de Aprendizagem:

Como resultados desta o estudante estará apto a solucionar problemas de Teoria dos Jogos.