



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PMI 3122 – Estudo Dirigido 2017

### Conteúdo

- Estudo Dirigido 2017:
  - Objetivos
  - Conteúdo
  - Termos e Condições
  - Parâmetros por Grupo
  - Anexo: Detalhes da construção do modelo

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PMI 3122 – Estudo Dirigido 2017

### Objetivos do Estudo Dirigido 2017

- 1) Definir o que é um sistema de despacho na mineração;
- 2) Apresentar exemplos da utilização de sistemas de despacho na mineração;
- 3) Construir um cenário de simulação de um sistema de despacho conforme especificado para cada grupo e apresentar seus resultados, de acordo com exemplo disponibilizado.

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PMI 3122 – Estudo Dirigido 2017

### Conteúdo do Relatório do Estudo Dirigido 2017

1. **CAPA** ("Página de Rosto"): Título, Autores, Disciplina, Data, Resumo Executivo (1 página);
2. **INTRODUÇÃO**: descrição breve sobre o que é um sistema de despacho na mineração (~3 a 4 parágrafos);
3. **REVISÃO sobre Sistemas de despacho**: Apresentar um histórico sobre a utilização de sistemas de despacho na mineração, citando exemplos de softwares utilizados, exemplos de casos, etc. (1 – 2 páginas);
4. **CENÁRIO DE SIMULAÇÃO**: Exemplo de cenário de simulação de despacho: construir um cenário de simulação específico de cada grupo segundo exemplo disponibilizado. Incluir gráficos, tabelas e memorial de cálculo justificando os resultados apresentados.
5. **COMENTÁRIOS FINAIS**: conclusões e considerações (3 – 4 parágrafos);
6. **Referências**

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PMI 3122 – Estudo Dirigido 2017

### Termos e Condições do Estudo Dirigido 2017

1. Entre 5 e 10 páginas (máximo) incluindo capa e referências;
2. Usar formatos conforme as "Normas para Apresentação de Teses e Dissertação da EPUSP", disponível nas bibliotecas da EPUSP;
3. Enviar documento em formato PDF por email (**até 1 MB máximo**), para o endereço [gdetomi@usp.br](mailto:gdetomi@usp.br), com cópia para [carloshxaj@usp.br](mailto:carloshxaj@usp.br);
4. Enviar documento até o dia **30/Abril/2017**.

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PMI 3122 – Estudo Dirigido 2017

### Grupos 2017

- Calcular e **JUSTIFICAR** qual o número ideal de caminhões no circuito simulado, levando em conta os seguintes parâmetros:
- Geral:
  - Avaliar frotas de 1 a 15 caminhões com capacidade de 40 t
  - Simular 1 mês de operação e indicar a cálculo do no. de horas
  - Calcular "Lucro" como RECEITA – CUSTO
  - Receita = Produção (t) \* R\$ 25/t
  - Custo = # Caminhões \* R\$ 200.000/mês
- Específicos:
 

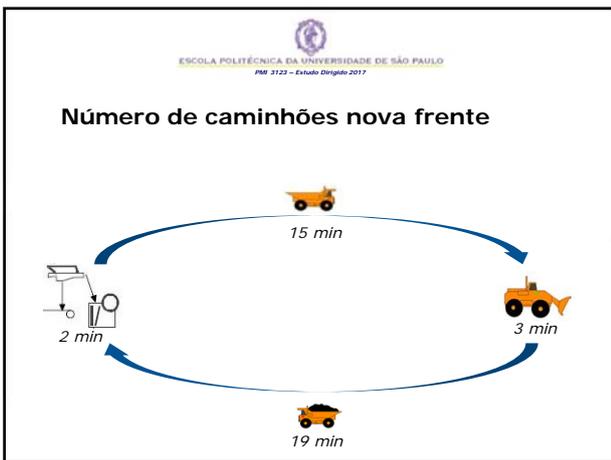
Parâmetro	G1	G2	G3	G4	G5	G6
Intervalo saída caminhões	a cada 9 min	a cada 9 min	a cada 10 min	a cada 10 min	a cada 11 min	a cada 11 min
Tempo de carregamento	4 min (SD 2.0 min)	4 min (SD 3.5 min)	5 min (SD 1.5 min)	5 min (SD 3.0 min)	6 min (SD 1.0 min)	6 min (SD 3.5 min)



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PMI 3123 – Estudo Dirigido 2017

### Sumário

- Exemplo de cálculo do no. de caminhões por frente:
  - Teórico
  - Prático
- Exemplo de simulação:
  - Parâmetros de modelagem
  - Distribuições para atributos principais
  - Resultados e Análises
- Anexo: Detalhes de construção de modelo de simulação



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PMI 3123 – Estudo Dirigido 2017

### Frota

- Tempo do ciclo de 39 minutos
- Tempo de carregamento de 3 minutos
- Qual a máxima produção para este tempo de ciclo e de carregamento?
- Resposta: Será dada pelo número ótimo de caminhões
- Número ótimo =  $\text{Tempo de Ciclo} / \text{Tempo de Carregamento}$

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PMI 3123 – Estudo Dirigido 2017

### Frota

- Tempo ciclo caminhão: 39 min
- Tempo carga: 3 min

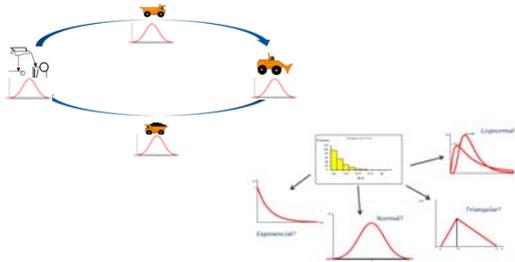
Número de caminhões: 13

Na Prática: Fila !!!

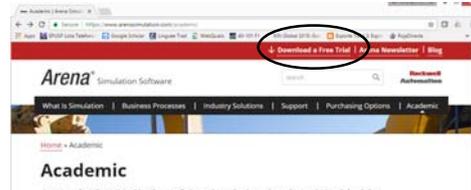
	Chegada carregadeira (min)		
	1ª vez	2ª vez	3ª vez
cam 1	0	39	78
cam 2	3	42	81
cam 3	6	45	84
cam 4	9	48	87
cam 5	12	51	90
cam 6	15	54	93
cam 7	18	57	96
cam 8	21	60	99
cam 9	24	63	102
cam 10	27	66	105
cam 11	30	69	108
cam 12	33	72	111
cam 13	36	75	114



### Dados: Determinísticos ou Estocásticos?



<http://www.arenasimulation.com/academic>



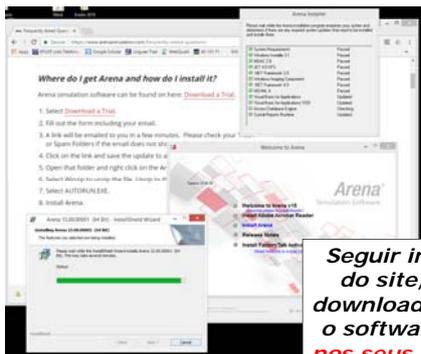
### Academic

Arena is the #1 Choice of Academic Institutions

Hundreds of universities and colleges worldwide use Arena Simulation Software. Institutions worldwide that use Arena Simulation Software are more than any other discrete-event simulation software tool on the market.

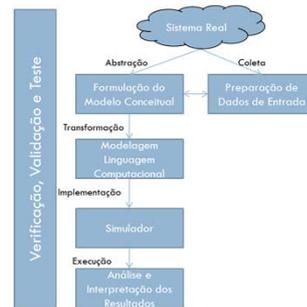
The Educational version of Arena provides value by introducing students to the power of simulation to individual students and laboratory licensing, there is also an educational research simulation research needs.

**Seguir instruções do site, fazer o download e instalar o software ARENA nos seus notebooks**



**Seguir instruções do site, fazer o download e instalar o software ARENA nos seus notebooks**

### Fluxograma



### Novos Conceitos

- Processo

Uma atividade ligada a lógica (Carregamento, Descarregamento,...)

- Lógica

Conjunto de blocos (Process, Route, Station...)

- Estação

Local onde as atividades são realizadas (Britagem, Estacionamento,...)

### Novos Conceitos

- Entidade X Recurso

Entidade = Caminha através da lógica (Caminhão)

Recurso = É requisitado pela entidade ao entrar no Processo (A carregadeira é requisitada pelo caminhão ao entrar no processo de carregamento)

- Variável X Atributo

Variável = Valor global do modelo (Produção da mina)

Atributo = Variável de uma entidade (Cor ou velocidade do caminhão)

- Animação

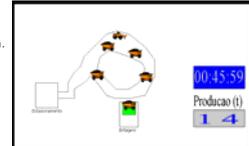
Representação Estocástica da Lógica

### Objetivo do Exercício

- Uma frente de lavra
  - 1 Carregadeira
  - X Caminhões
  - 1 Britagem
- Qual o número X de caminhões para maximizar a produção?

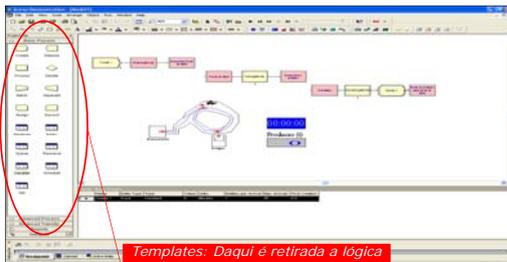
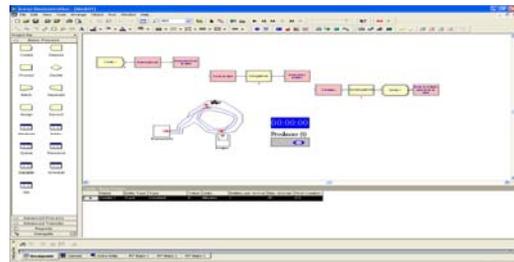
### Tempos do Exercício

- Tempo de saída sucessivas dos caminhões do estacionamento: 8 min.
- Rota entre o estacionamento e a frente de lavra: 14 min.
- Tempo de carregamento: **Distribuição Normal com "mean" 4 min e "std dev" 3 min.**
- Rota entre a frente de lavra e o britador: 19 min.
- Tempo de descarregamento: **Distribuição Normal com "mean" 4 min e "std dev" 2 min.**
- Rota entre o britador e a frente de lavra: 15 min.

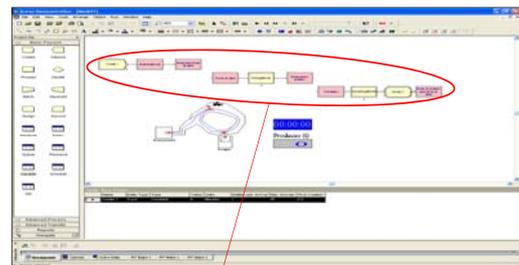


### Executar Simulação no Arena

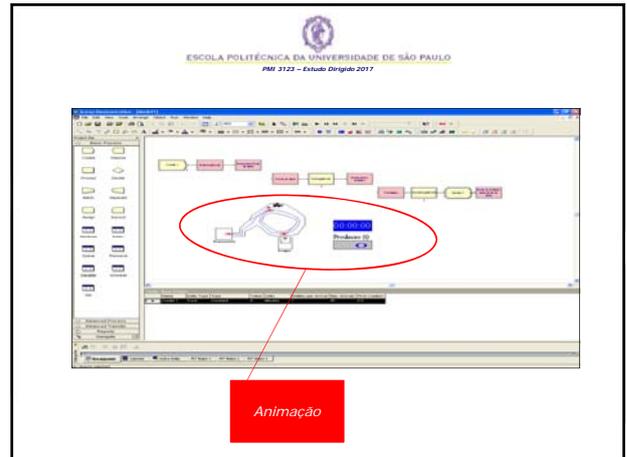
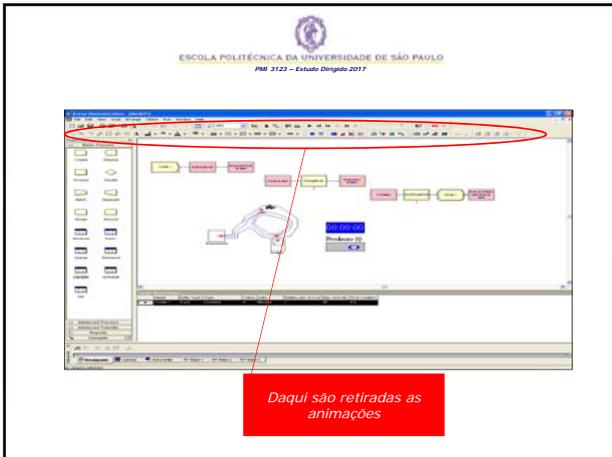
### Software Utilizado: Arena 15



Templates: Daqui é retirada a lógica (basic/advanced process and transport)  
Apenas clicar e arrastar



Lógica



ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PM 3123 – Estudo Dirigido 2017

### Como Começar?

- Primeiro: Que áreas queremos incluir no modelo?

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PM 3123 – Estudo Dirigido 2017

### Como Começar?

- Primeiro: Que áreas queremos incluir no modelo? (Estacionamento, Frente de Lavra e Britagem)

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PM 3123 – Estudo Dirigido 2017

### Elementos Importantes

Create: Nele são criadas as "entidades". Neste caso, os caminhões (truck)

Número de caminhões a serem criados

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PM 3123 – Estudo Dirigido 2017

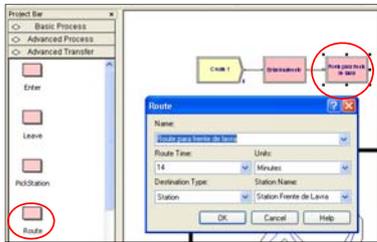
### Elementos Importantes

Station: Nele são definidas as "estações". No nosso caso:

\*Estacionamento  
\*Frente de Lavra  
\*Britagem

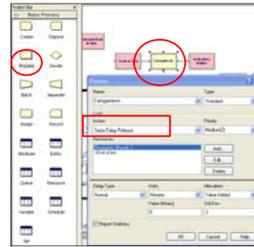
### Elementos Importantes

Route: Nele é definido o tempo "rota" entre as "estações".



### Elementos Importantes

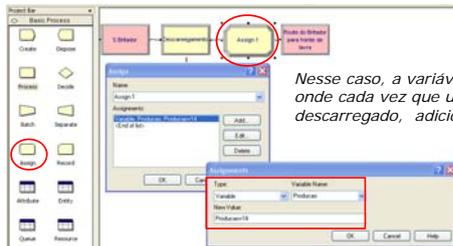
Process: Aqui são realizados os processos, como "carregamento"



- Seize: Requisita o recurso
- Delay: Tempo para realizar
- Release: Libera o recurso

### Elementos Importantes

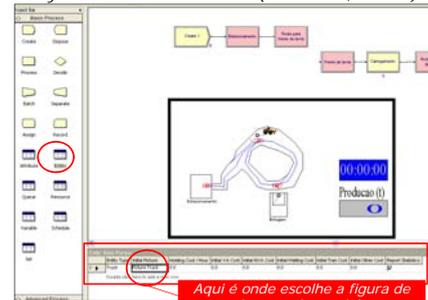
Assign: Aqui é realizado a atribuição de valor a uma variável.



Nesse caso, a variável é 'Produção', onde cada vez que um "truck" é descarregado, adiciona-se 14 t.

### Elementos Importantes

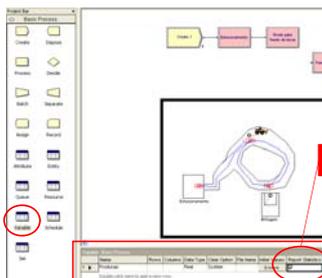
Entity: os atributos da entidade (neste caso, "truck")



Aqui é onde escolhe a figura de animação do caminhão

### Elementos Importantes

Variable: definir as variáveis (neste caso, "Produção")



Selecione para obter o resultado no relatório de saída



Create

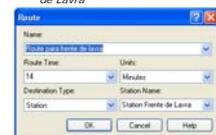
Aqui os caminhões são criados

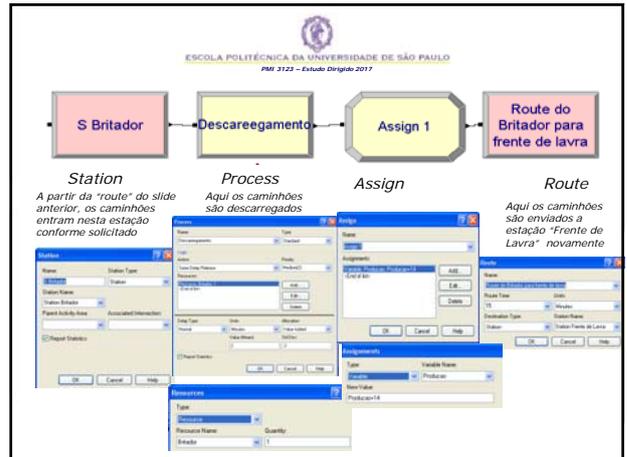
Station

Aqui os caminhões são designados a estarem na estação

Route

Aqui os caminhões são enviados a estação "Frente de Lavra"

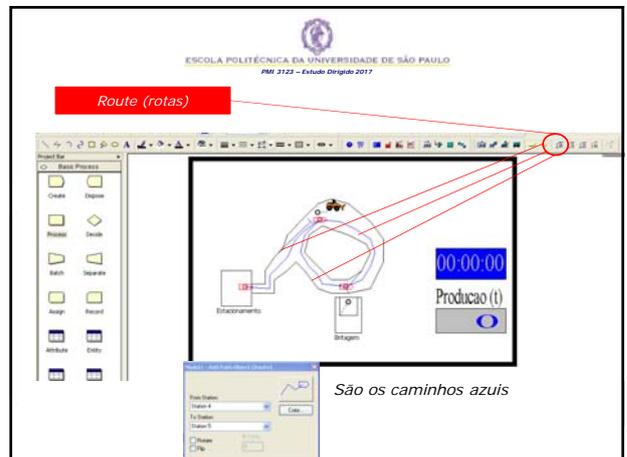
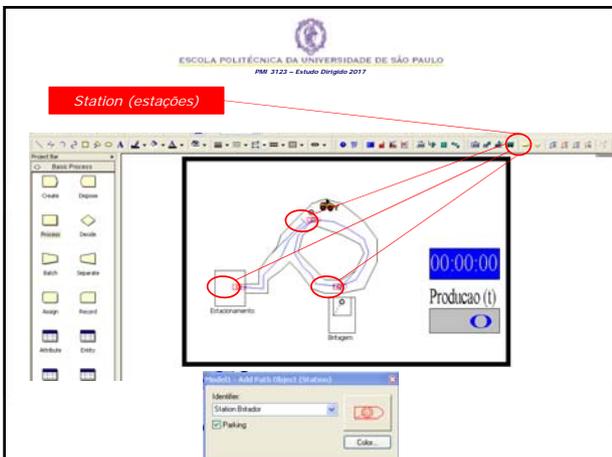


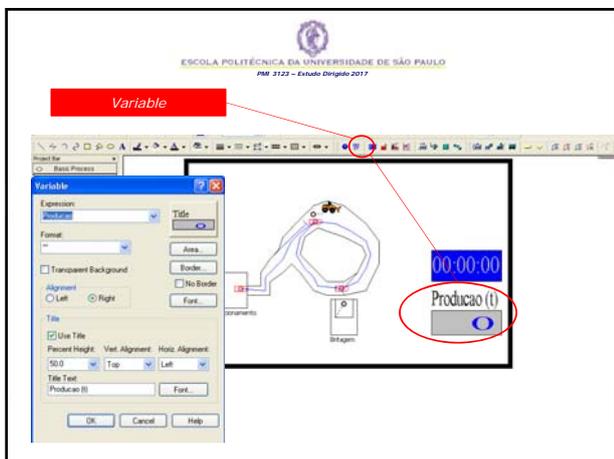
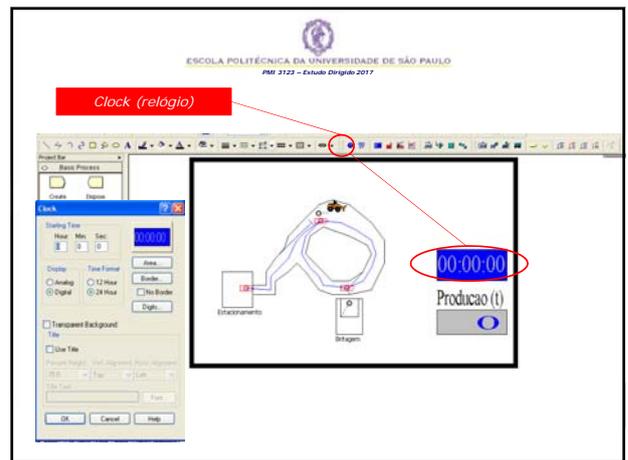
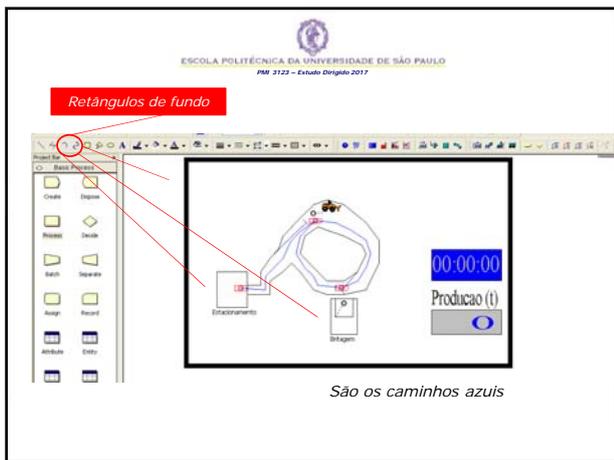
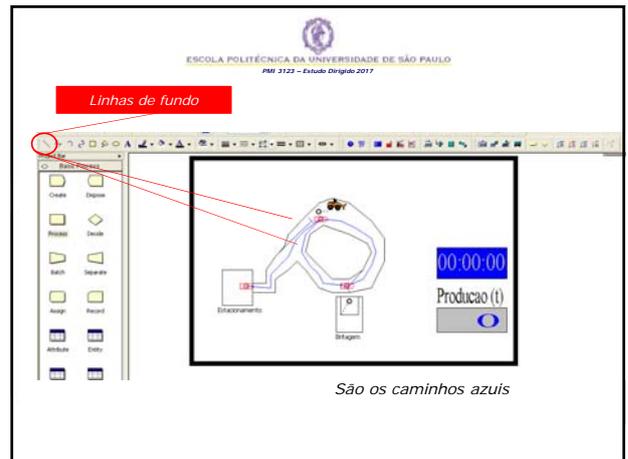
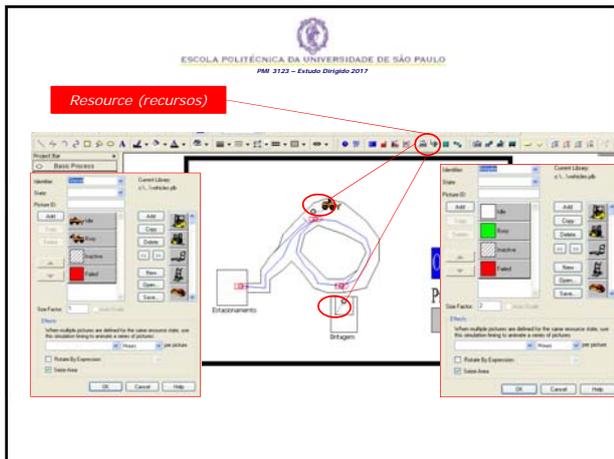


ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PM 3123 – Estudo Dirigido 2017

### Animação

- O modelo está pronto, com ele já é possível obter os resultados.
- Para visualização vamos criar uma animação no Arena





ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PM 3123 – Estudo Dirigido 2017

### Resultados

**Produção (t)**

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PM 3123 – Estudo Dirigido 2017

### Resultados

**Utilização dos recursos**

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PM 3123 – Estudo Dirigido 2017

### Resultados

**Tempo nas filas**

**Número de caminhões nas filas**

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PM 3123 – Estudo Dirigido 2017

### Cenário para Análise

- Rodar o programa variando o número de caminhões, de 1 a 15
- Objetivo: maior lucro (maximizar produção)

Custo mensal por caminhão	\$ 200,000.00
Lucro da tonelada vendida	\$ 25.00

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
PM 3123 – Estudo Dirigido 2017

### Exemplo de Análise

- Número de caminhões que fornece maior lucro: 8