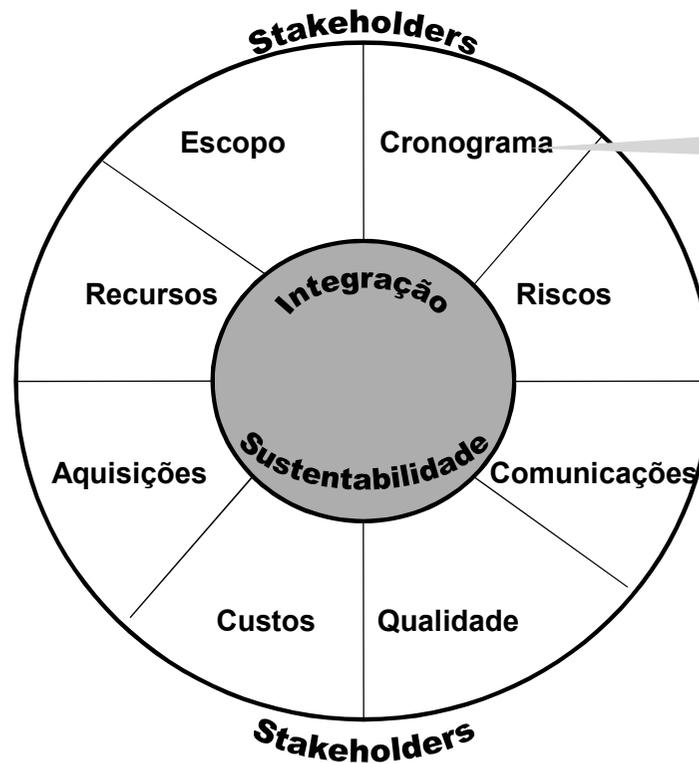


# Capítulo 6

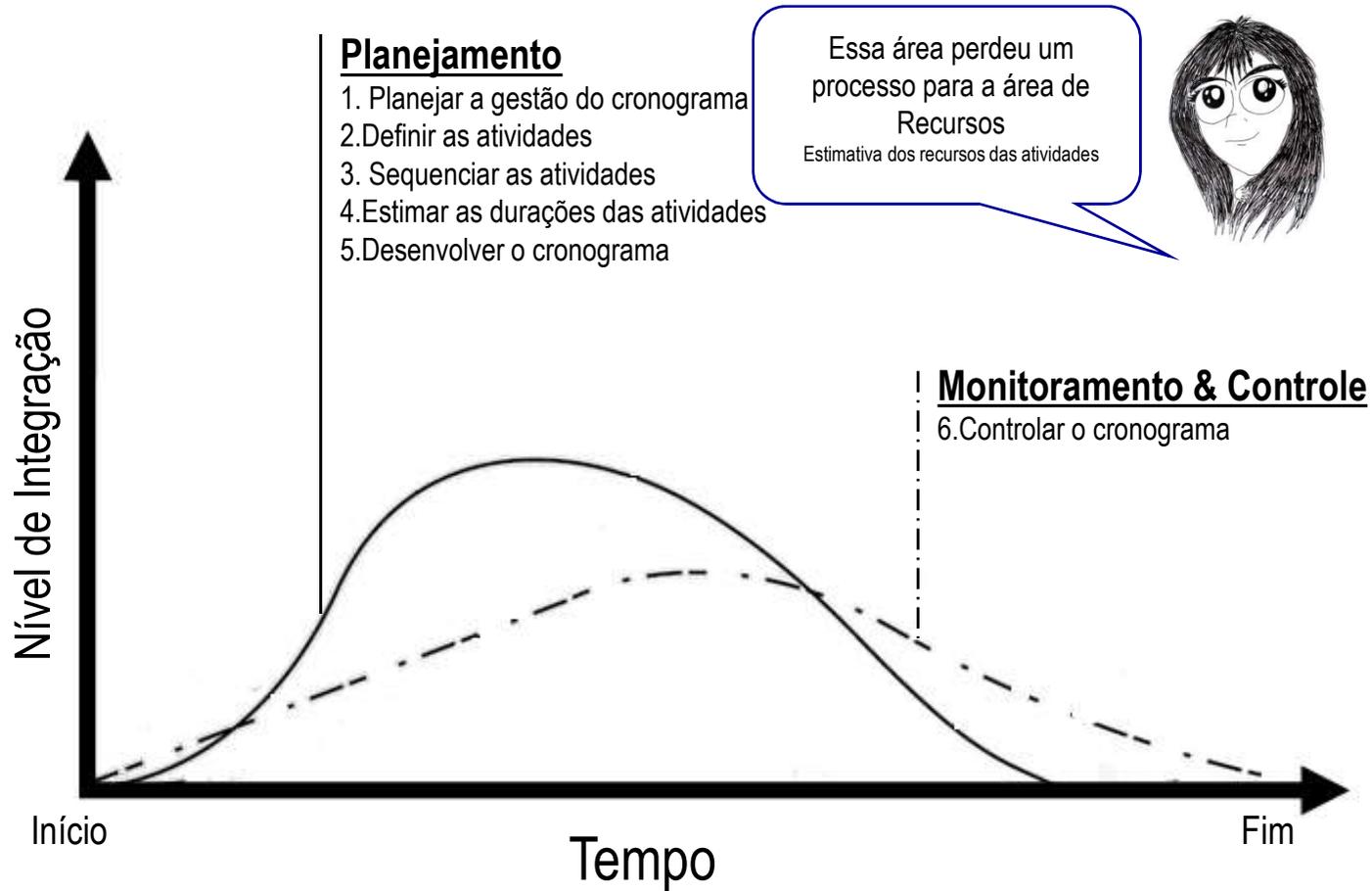
## Gestão do Cronograma



Estamos aqui!

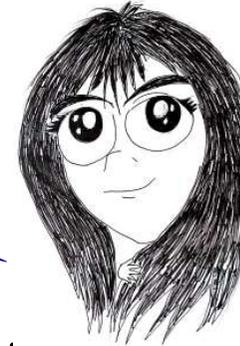


# Gestão do Cronograma



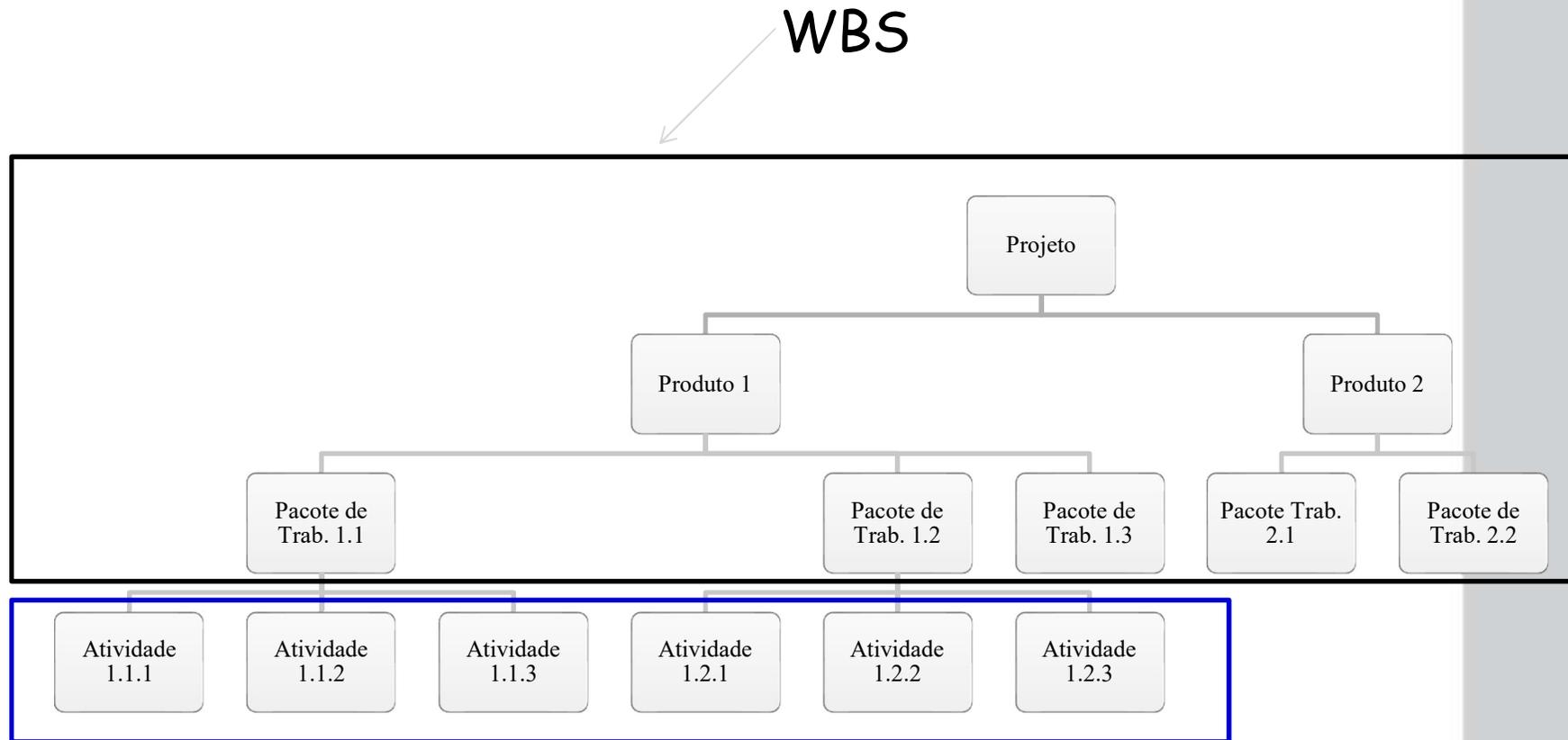
# Atividade

Existem várias opções de decomposição de um projeto em atividades. Não há uma receita única



- # Unidade de trabalho indivisível, com recursos, métodos de execução e tempos conhecidos.
- # Permite uma base para a estimativas, e para a elaboração de cronogramas, execução, monitoramento e controle do trabalho do projeto.

# Definição da Atividade



Lista de  
Atividades

Mary Monteiro de Carvalho

- # Qual a relação entre as atividades do projeto?
- # Há dependência entre as atividades?
- # Qual é o tipo de dependência?
- # Análise crítica dos relacionamentos lógicos entre as atividades.

## # Estudo das precedências

- ✓ Precedências mandatórias
- ✓ Precedências arbitradas
- ✓ Precedências externas
- ✓ Marcos do projeto

# Tipos de precedências

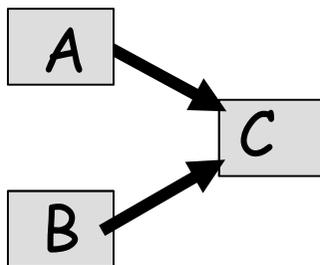
*término/início é o tipo mais usado*

- Término/início (finish to start): o início do trabalho da sucessora depende do término da predecessora
- Término/término (finish to finish): o término do trabalho da sucessora depende do término da predecessora
- Início/início (start to start): o início do trabalho da sucessora depende do início da predecessora
- Início/término (start to finish): o término do trabalho da sucessora depende do início da predecessora

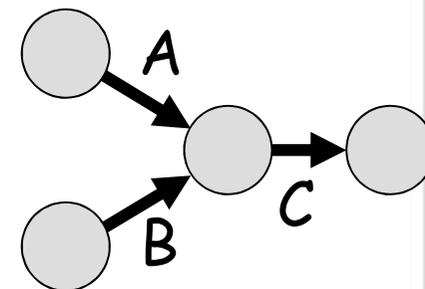
# A Rede do Projeto

## # Representação Gráfica do Projeto:

- Rede de Atividades/ Método do diagrama de precedência (PDM- *Preceding Diagramming Method*)
- Rede de Eventos/ Método do diagrama de Setas/Arcos (ADM *Arrow Diagramming Method*)



Rede de Atividades

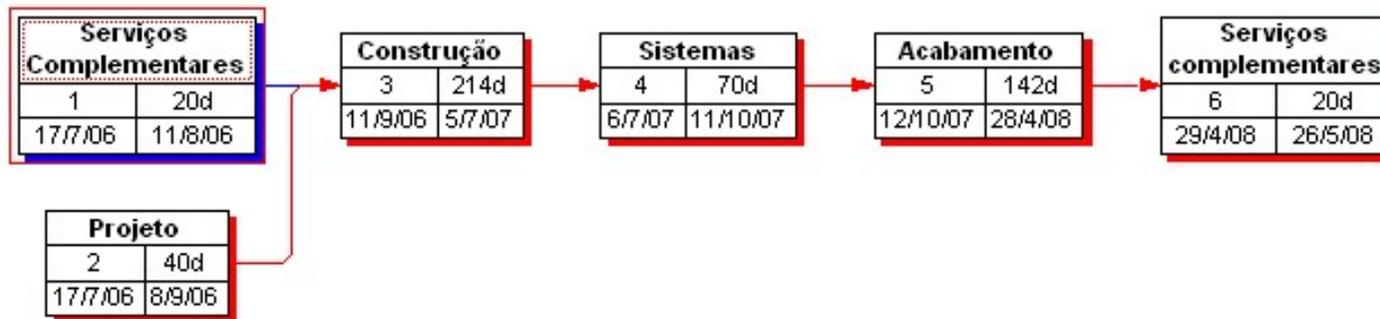


Rede de Eventos

# Rede de Atividades

## # Método do diagrama de precedência (PDM - *Preceding Diagramming Method*)

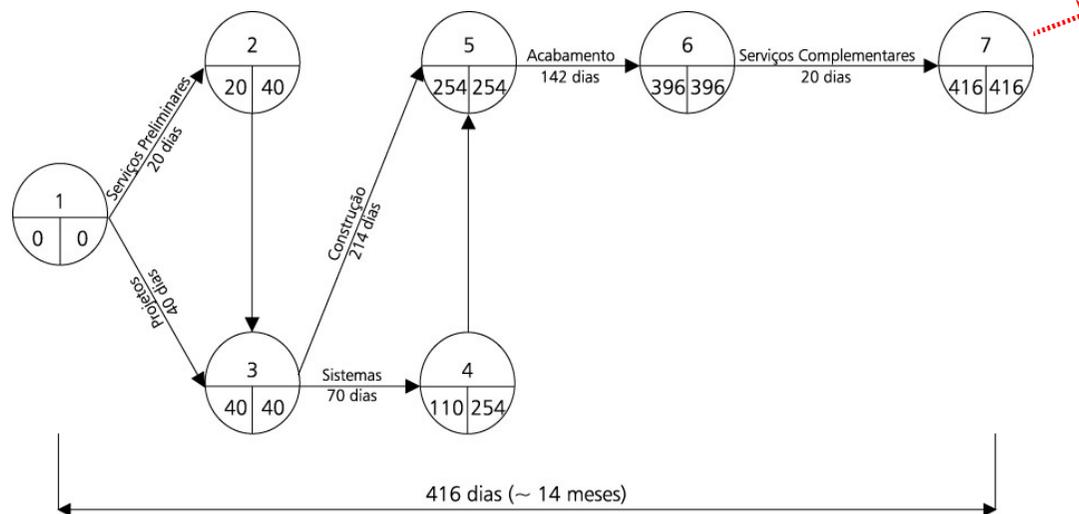
- Atividades são representadas nos nós (AON - *activity-on-node*)
- as setas estabelecem as relações de precedência.
- Método francês



## Método do diagrama de Setas/Arcos

(ADM - Arrow Diagramming Method)

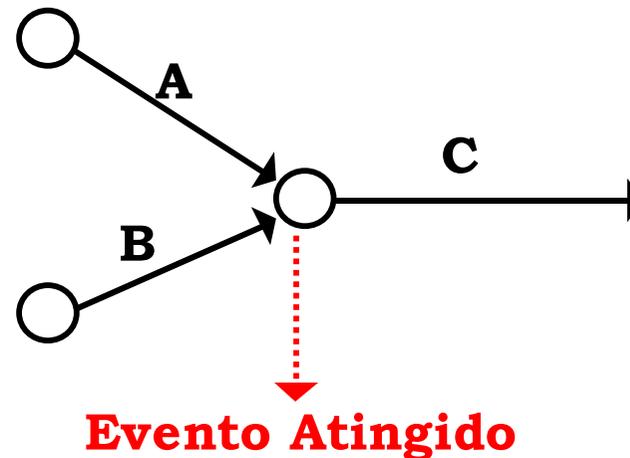
- Atividade representadas por setas ou arcos (AOA - activity-on-arrow)
- as relações de precedência são definidas nos eventos, sendo apenas do tipo término/início
- Método Americano



**Evento**

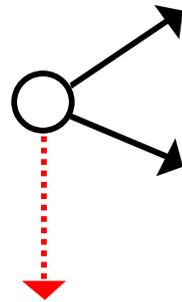
**Ponto de controle, que representa um determinado instante na execução do projeto. Não consome tempo nem recurso.**

# Regras - Grafos

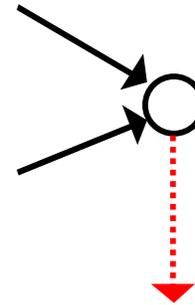


1) Um evento é considerado atingido quando todas as atividades que convergem para ele forem concluídas. Uma atividade só poderá ser iniciada quando seu evento inicial for atingido.

# Regras - Grafos



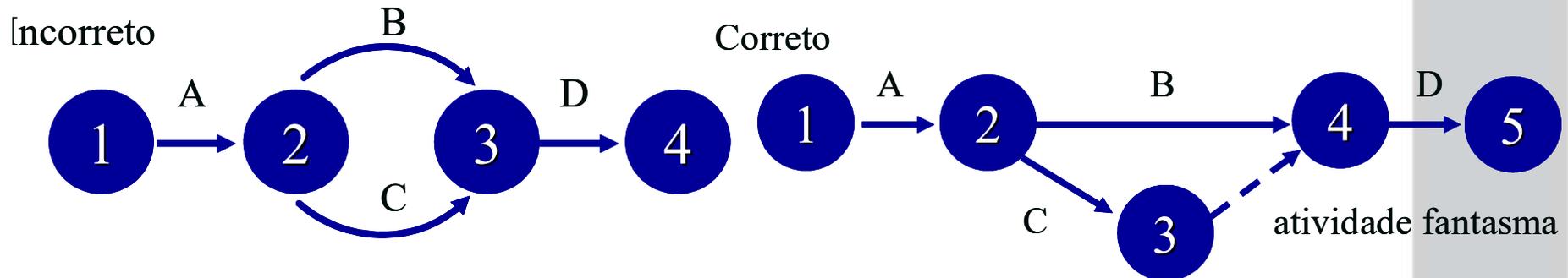
**Evento Origem**



**Evento Objetivo**

## 2) Evento Origem e Objetivo

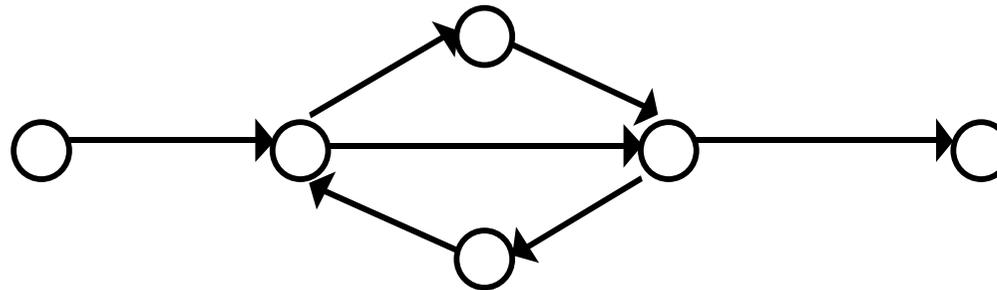
# Regras - Grafos



3) Entre 2 eventos sucessivos deve existir somente uma atividade.

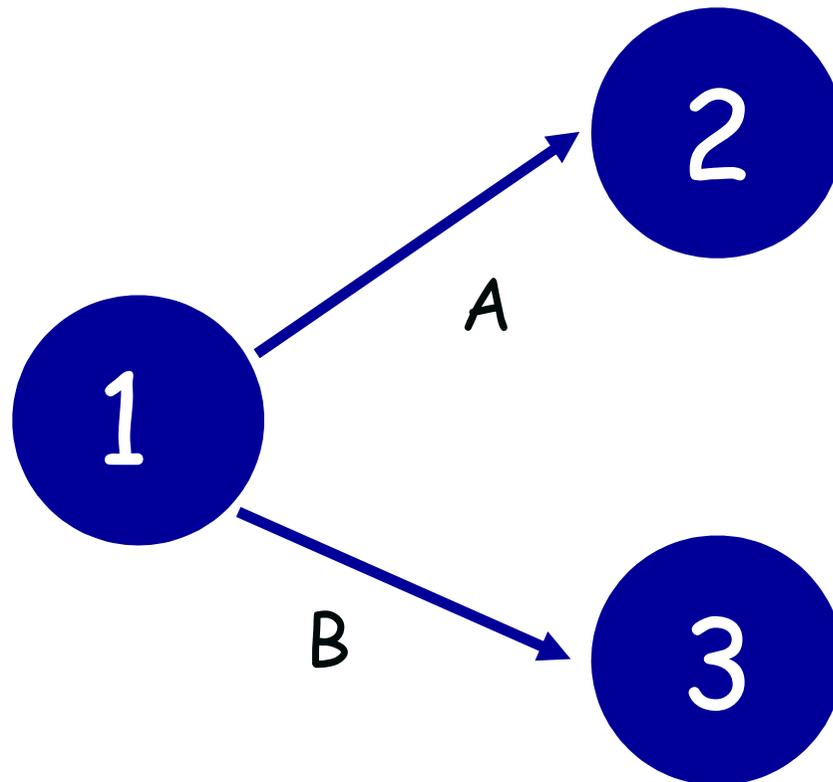
4) Atividade Fictícia ou Fantasma não consome tempo nem recurso.

# Regras - Grafos



**5) Não deve existir ciclo fechado.**

# Construção do Grafo

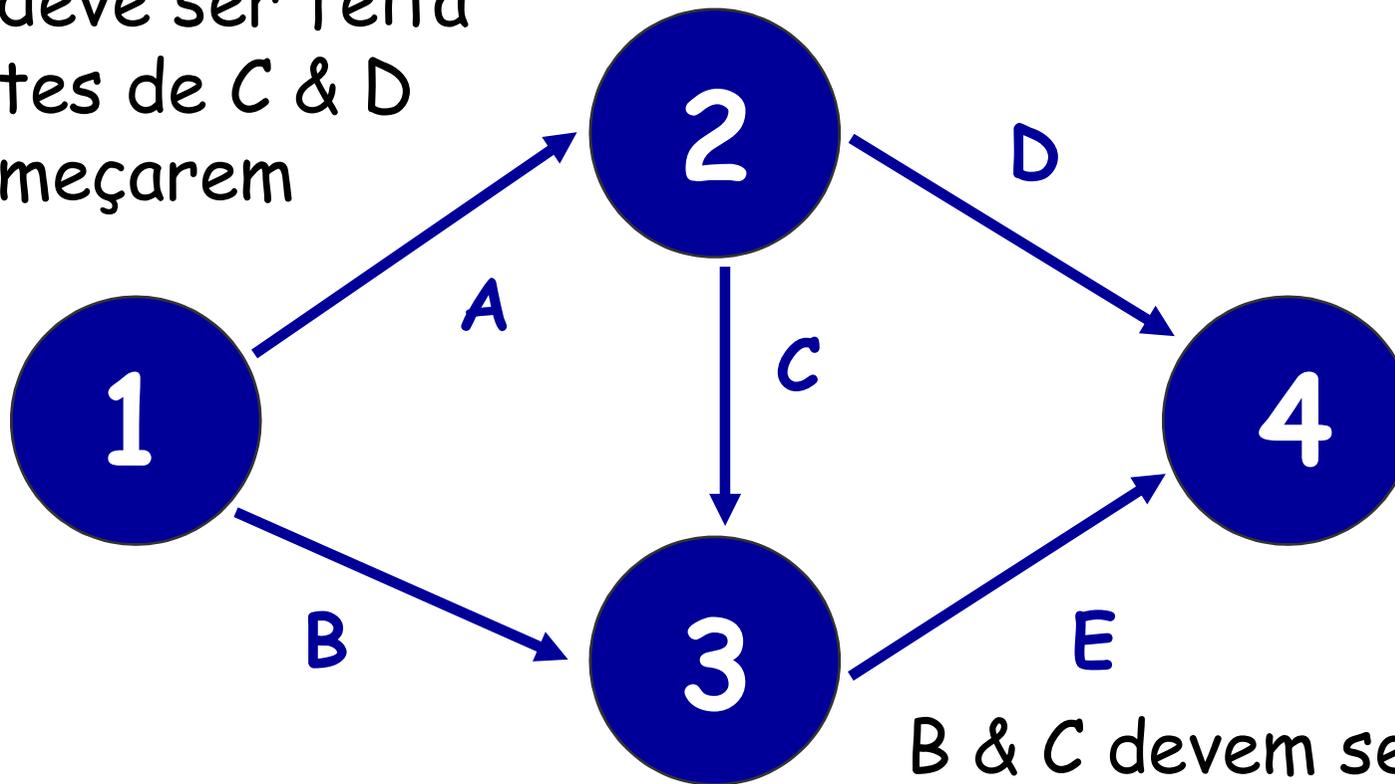


Parte-se da origem com as atividades que não tem precedência

A & B podem ocorrer simultaneamente e não tem precedência

# Construção do Grafo

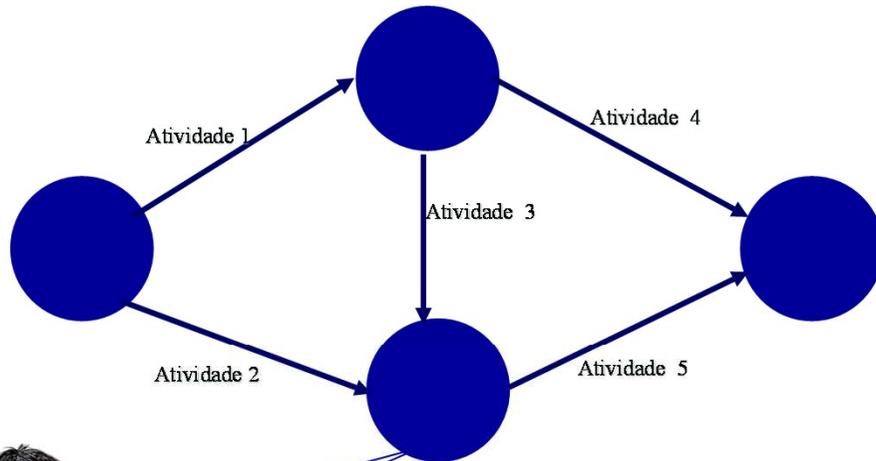
A deve ser feita  
antes de C & D  
começarem



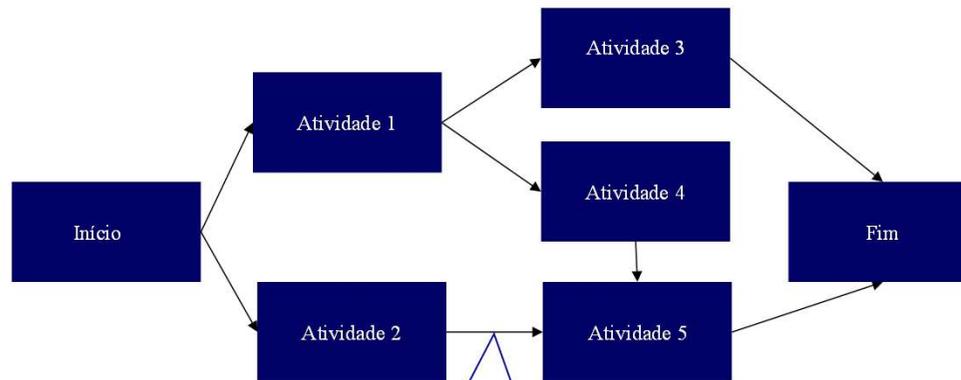
B & C devem ser  
feitas antes de E  
começar

Marly Monteiro de Carvalho

# Comparação



**Evento**



**Precedência**

Marly Monteiro de Carvalho

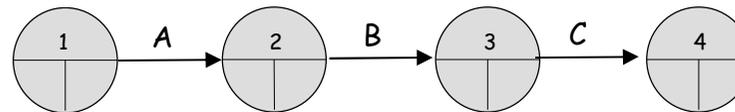


Faça a rede de eventos

# Exercício

Atividade	Precedência
A	----
B	A
C	B
D	C
E	C
F	D
G	C
H	E
I	E,F
J	G,H
K	J
L	J
M	K,L
N	I

(Hillier; Lieberman;1988)



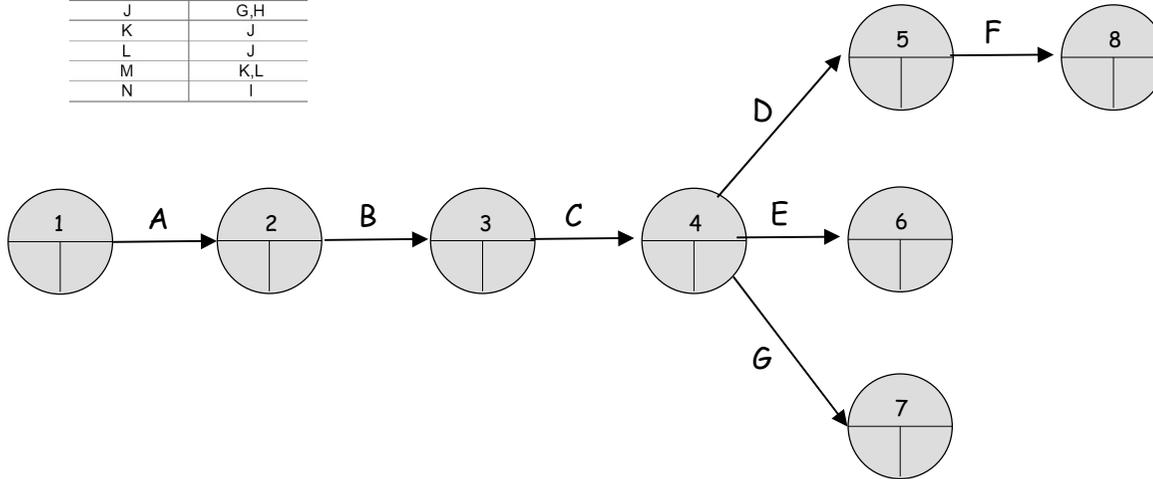
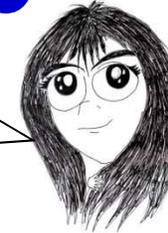
Agora temos 3 atividades que dependem de C



# Exercício Resolvido

Atividade	Precedência
A	-----
B	A
C	B
D	C
E	C
F	D
G	C
H	E
I	E,F
J	G,H
K	J
L	J
M	K,L
N	I

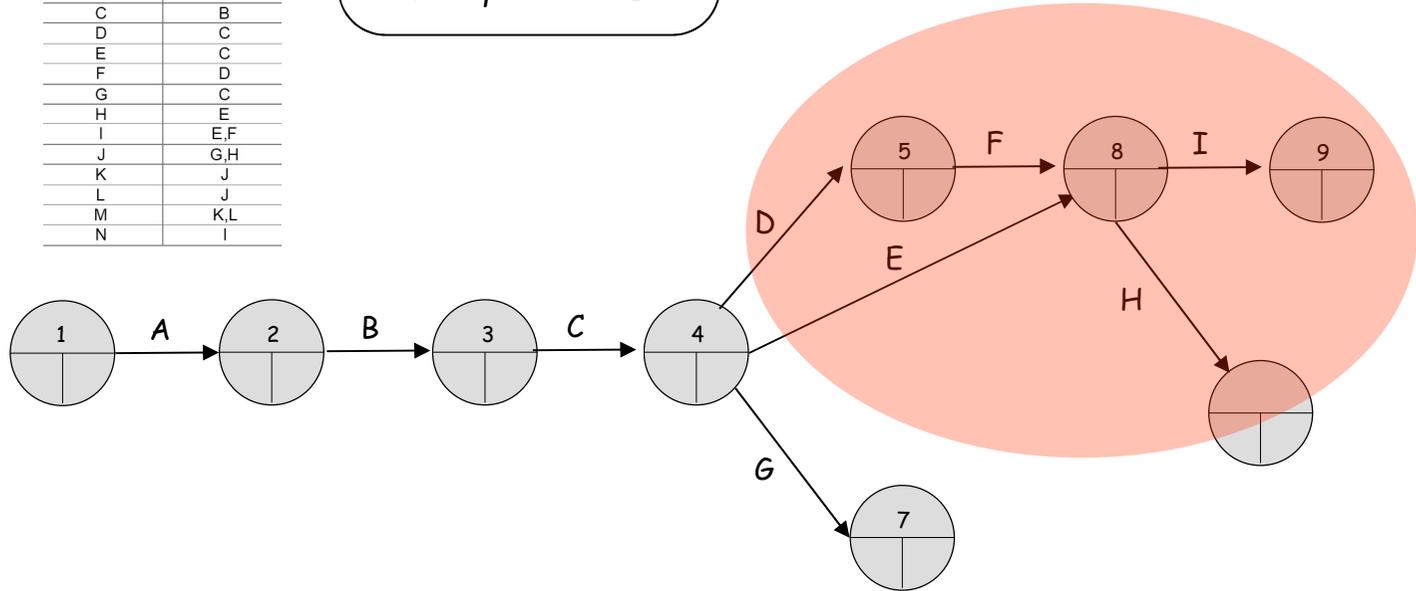
Agora temos 3 atividades que dependem de C: D, E e G



Atividade	Precedência
A	-----
B	A
C	B
D	C
E	C
F	D
G	C
H	E
I	E,F
J	G,H
K	J
L	J
M	K,L
N	I

Agora temos 2 atividades que dependem de E:  
I depende de E e F  
H depende de E

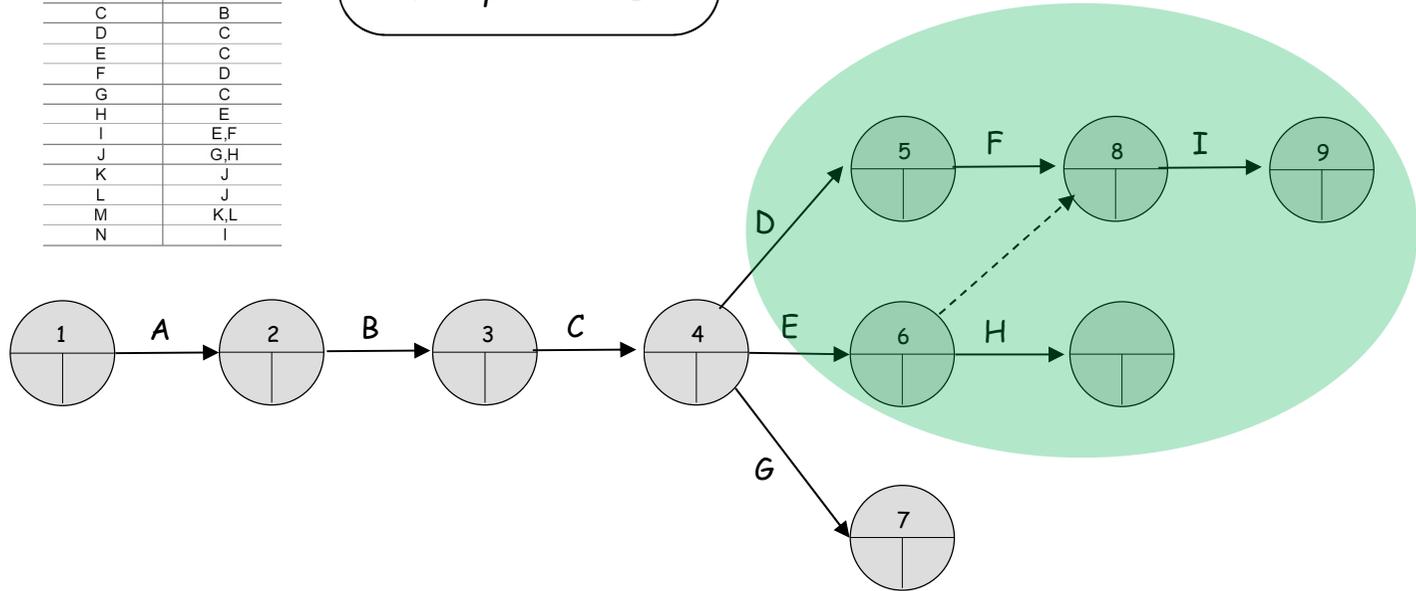
Está certo assim?



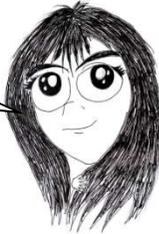
Atividade	Precedência
A	-----
B	A
C	B
D	C
E	C
F	D
G	C
H	E
I	E,F
J	G,H
K	J
L	J
M	K,L
N	I

Agora temos 2 atividades que dependem de E:  
I depende de E e F  
H depende de E

Agora está certo!

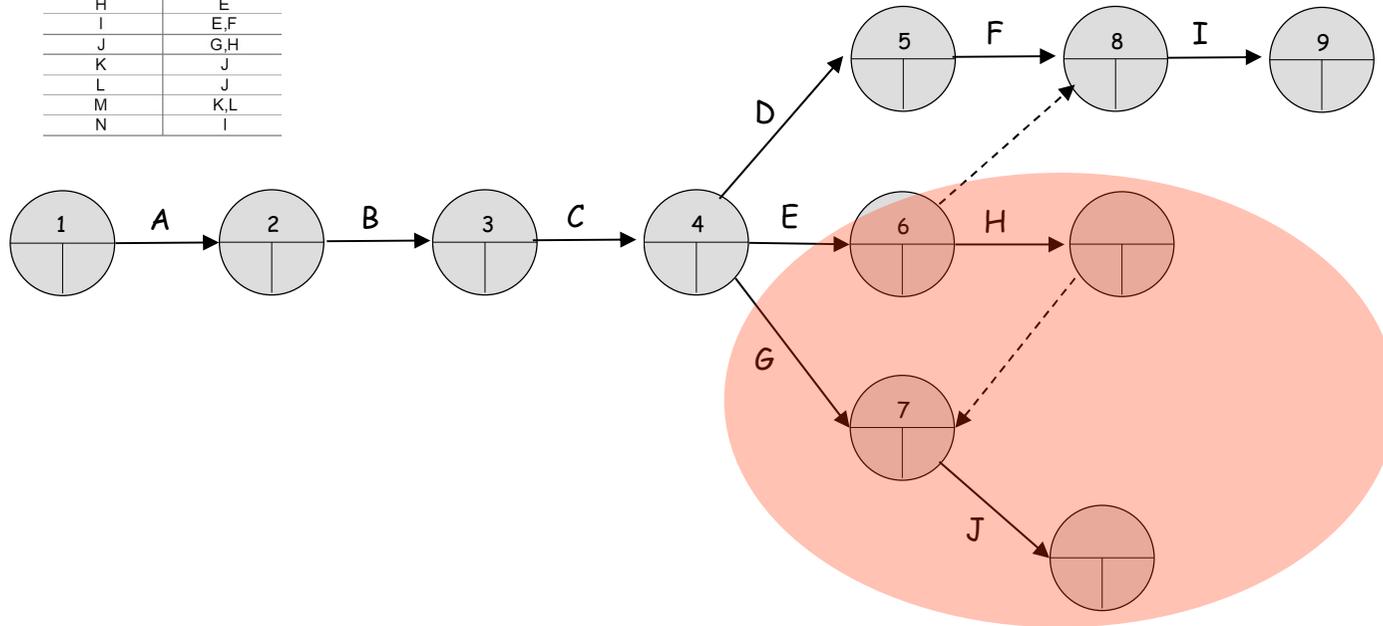


Agora temos a atividade J que depende de H e G

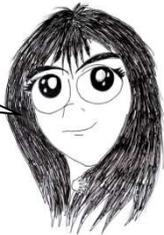


Está certo assim?

Atividade	Precedência
A	-----
B	A
C	B
D	C
E	C
F	D
G	C
H	E
I	E,F
J	G,H
K	J
L	J
M	K,L
N	I

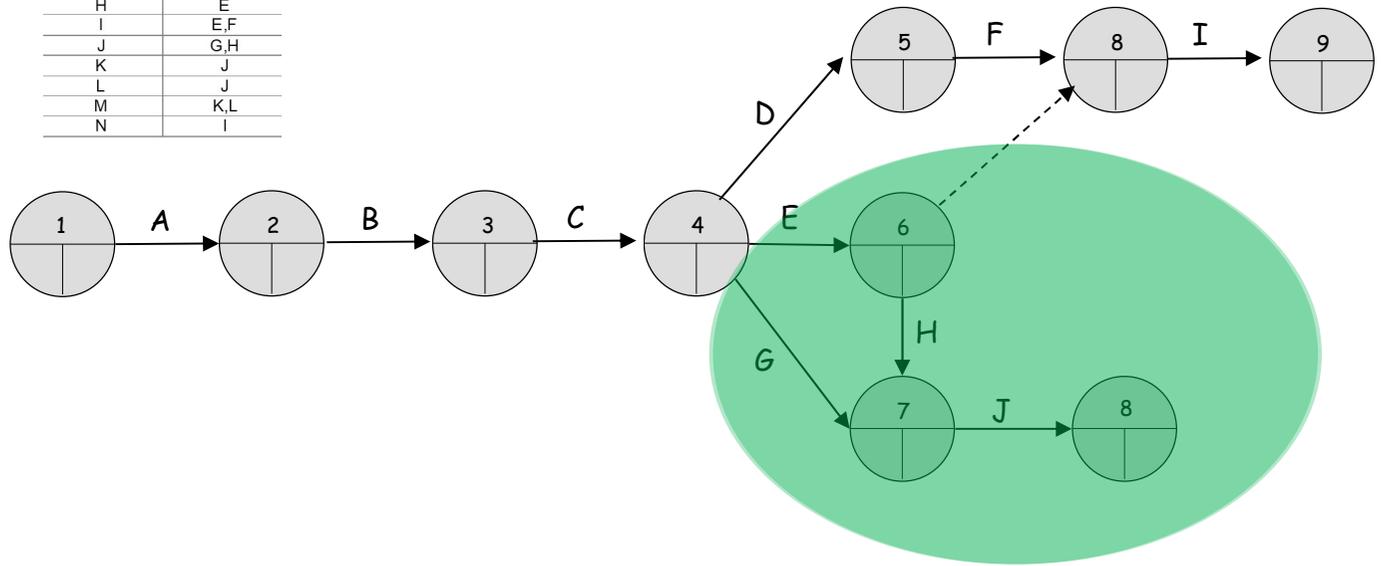


Agora temos a atividades J que depende de G e H

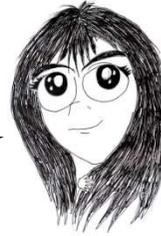


Agora está certo!

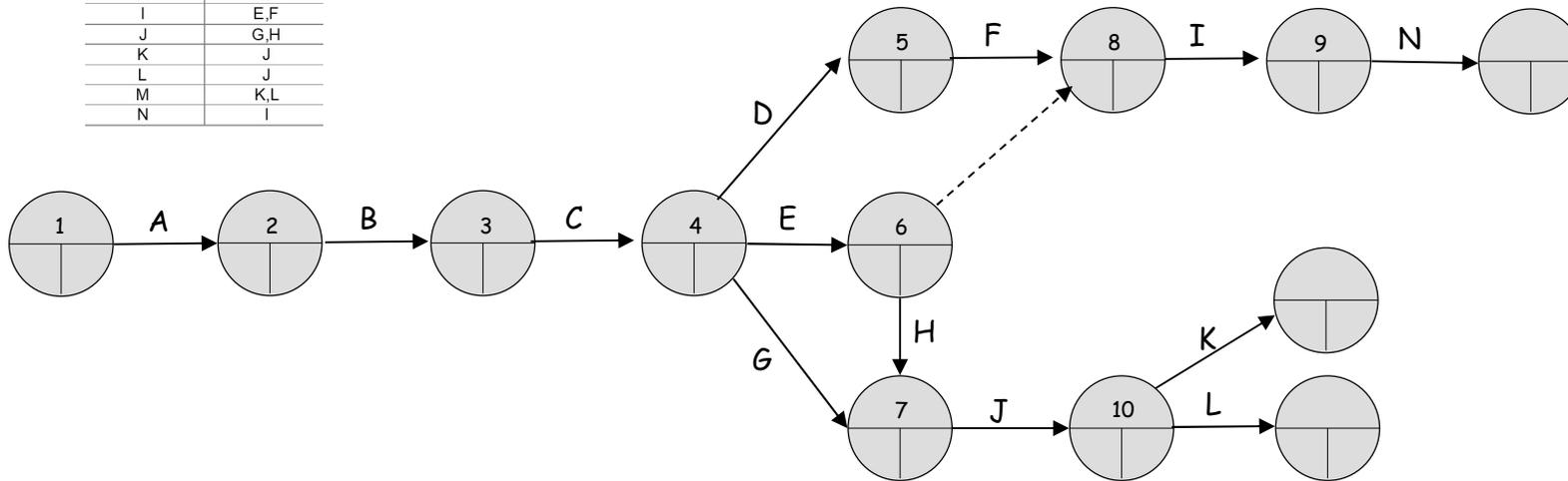
Atividade	Precedência
A	----
B	A
C	B
D	C
E	C
F	D
G	C
H	E
I	E,F
J	G,H
K	J
L	J
M	K,L
N	I



Agora temos as atividades K, L e N que dependem de apenas 1 atividade



Atividade	Precedência
A	-----
B	A
C	B
D	C
E	C
F	D
G	C
H	E
I	E,F
J	G,H
K	J
L	J
M	K,L
N	I

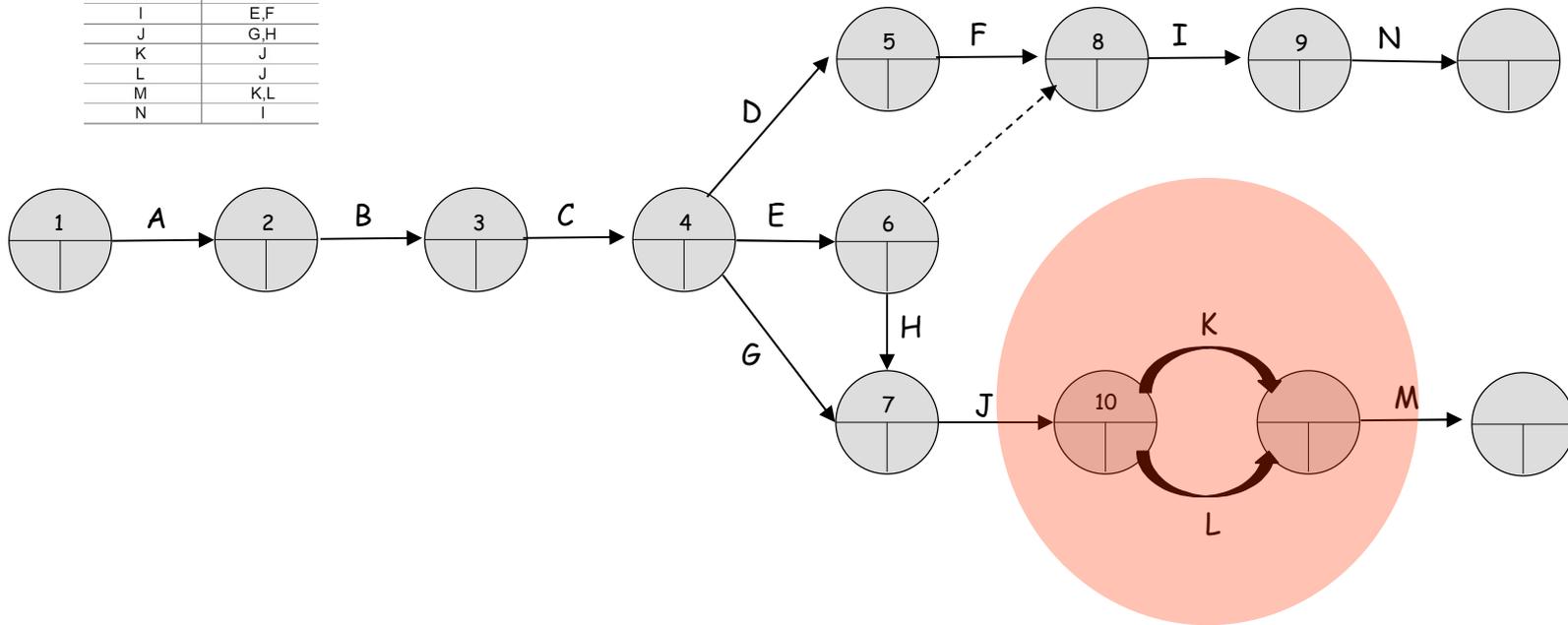


Agora temos a atividade M que depende de K e L

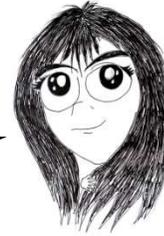


Está certo assim?

Atividade	Precedência
A	-----
B	A
C	B
D	C
E	C
F	D
G	C
H	E
I	E,F
J	G,H
K	J
L	J
M	K,L
N	I

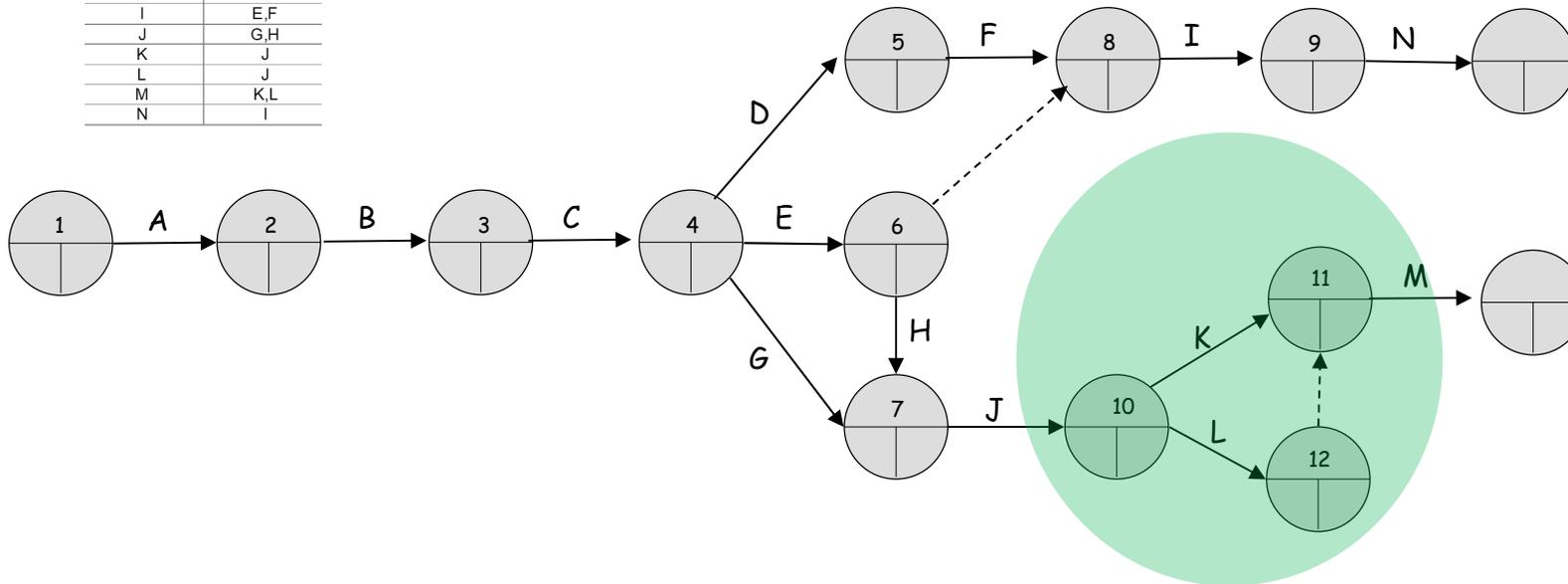


Agora temos as atividades K, L e N que dependem de apenas 1 atividade



Agora está certo!

Atividade	Precedência
A	-----
B	A
C	B
D	C
E	C
F	D
G	C
H	E
I	E,F
J	G,H
K	J
L	J
M	K,L
N	I

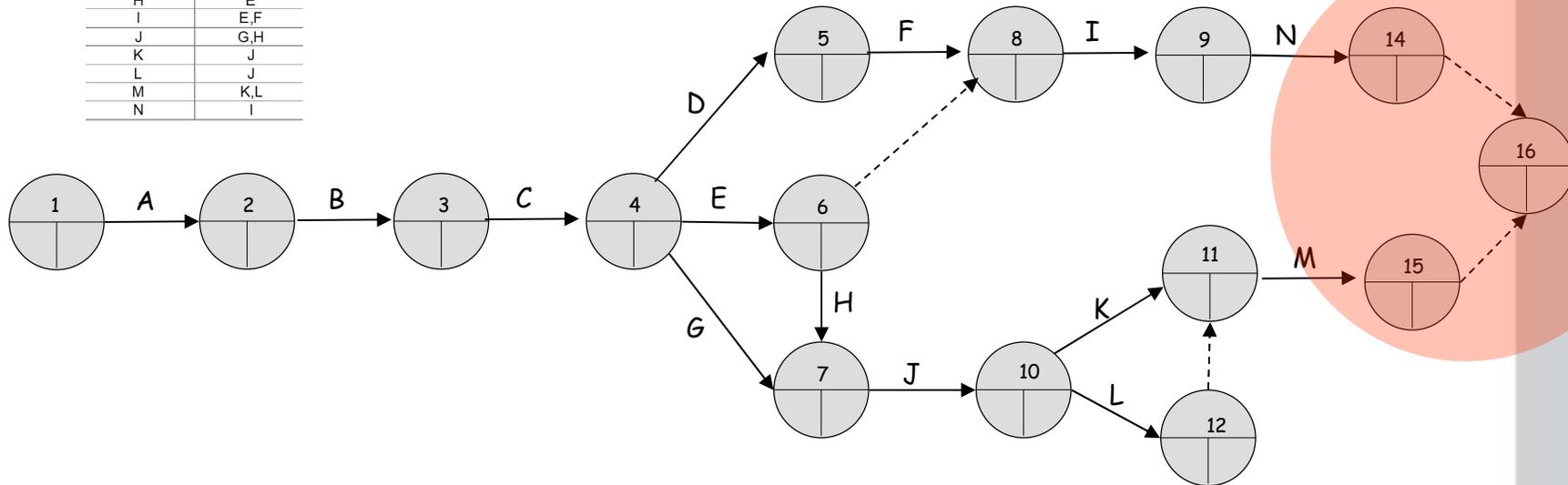


Agora o projeto acabou, precisamos incluir o evento final - objetivo



Está certo assim?

Atividade	Precedência
A	-----
B	A
C	B
D	C
E	C
F	D
G	C
H	E
I	E,F
J	G,H
K	J
L	J
M	K,L
N	I

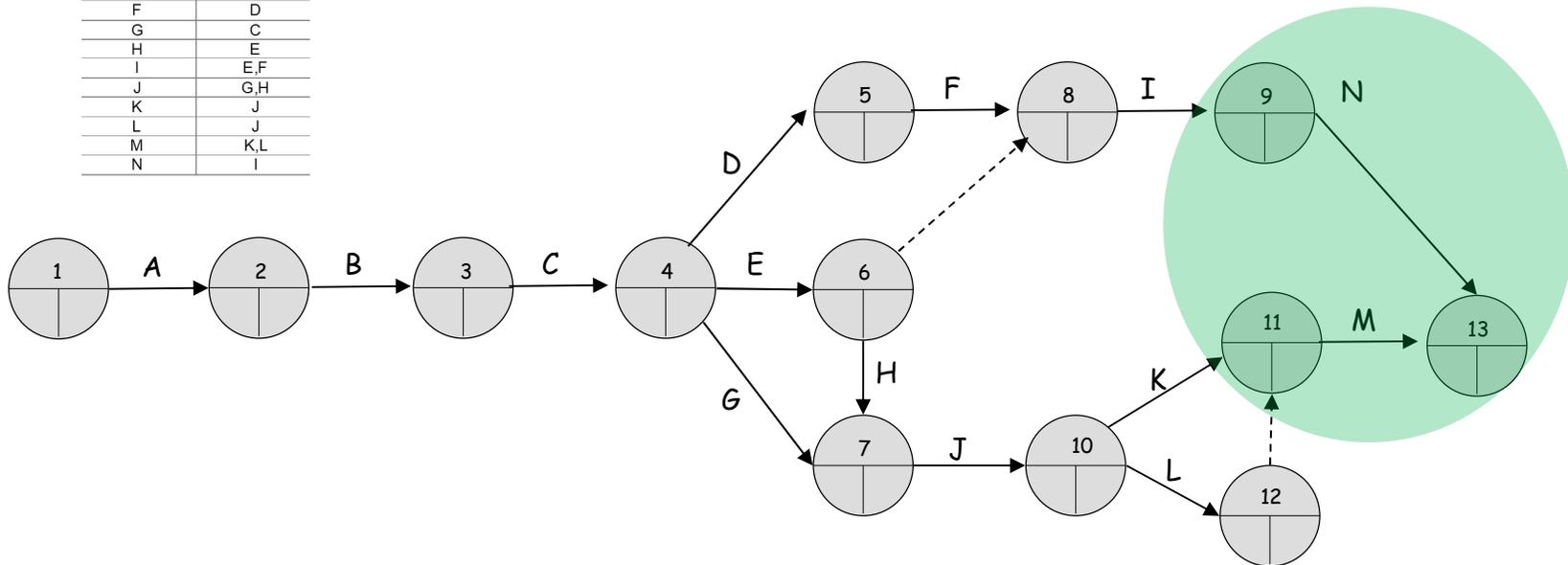


Agora o projeto acabou, precisamos incluir o evento final - objetivo



Agora está certo

Atividade	Precedência
A	-----
B	A
C	B
D	C
E	C
F	D
G	C
H	E
I	E,F
J	G,H
K	J
L	J
M	K,L
N	I

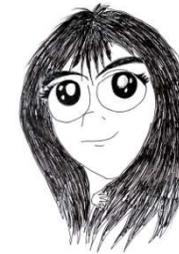


# Programação de Projetos

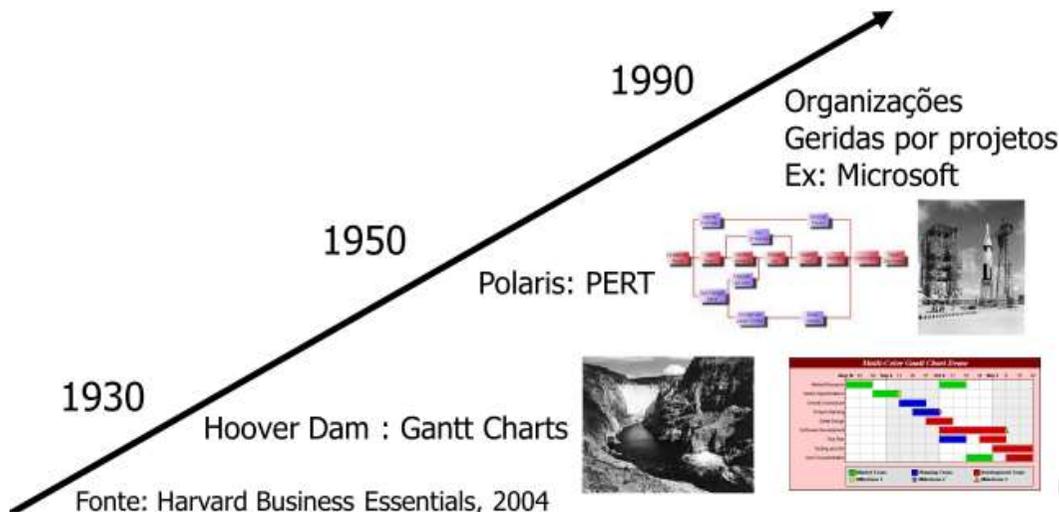


- # Gráfico de *Gantt*
- # Diagrama de marcos
- # *Critical Path Method* (CPM)
- # *Program Evaluation & Review Technique* (PERT)
- # *Graphical Evaluation & Review Technique* (GERT)

- # Estimar os Recursos das Atividades
- # Estimar as Durações das Atividades
- # Desenvolver o Cronograma
  - # GANTT, PERT, CPM ou GERT

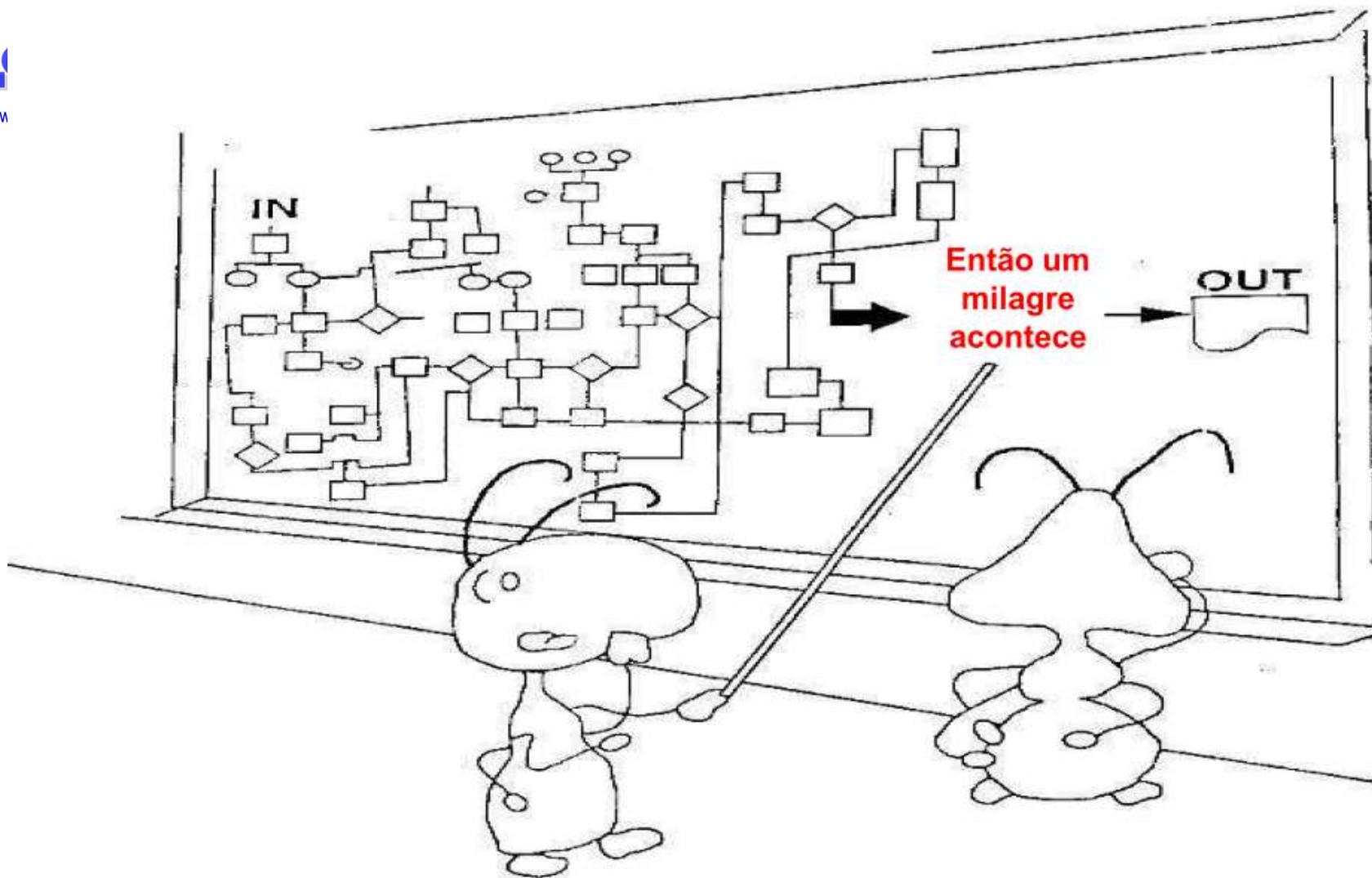


Discutiremos na próxima aula





w



**Bom trabalho ... Mas eu acho que precisamos de um pouquinho mais detalhamento neste ponto aqui**

# Gráfico de *Gantt*

- # Alocação das atividade no cronograma
- # Considera durações estimadas e precedências

1930



Represa Hoover

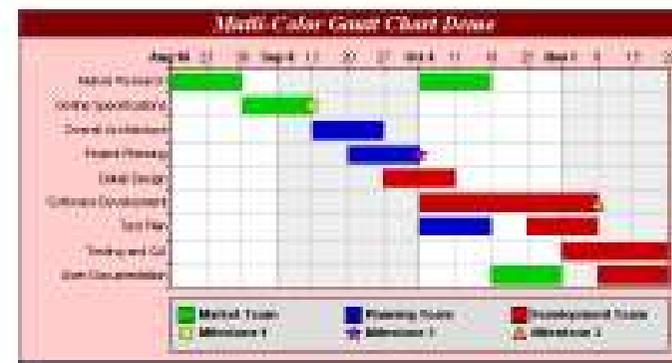
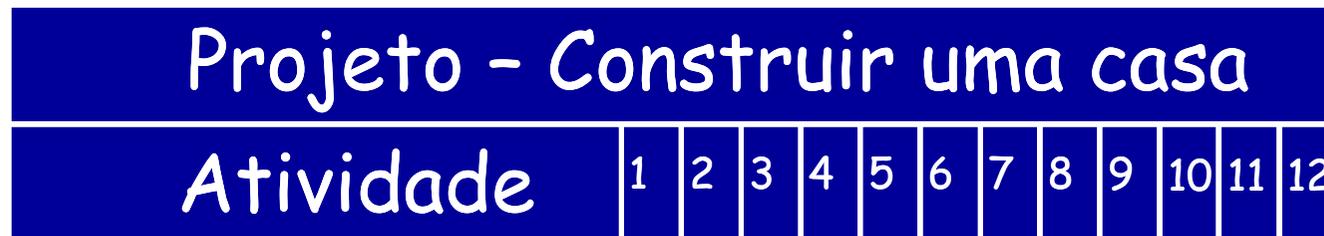


Gráfico de Gantt

# Gráfico de *Gantt* Data Cedo

Código	Atividade	Prec	Duração
A	Construção	---	6
B	Compra de materiais	---	3
C	Telhado	A	2
D	Paisagismo	A	3
E	Acabamento	B,C	4



A Construção



B Compras



C Telhado



D Paisagismo

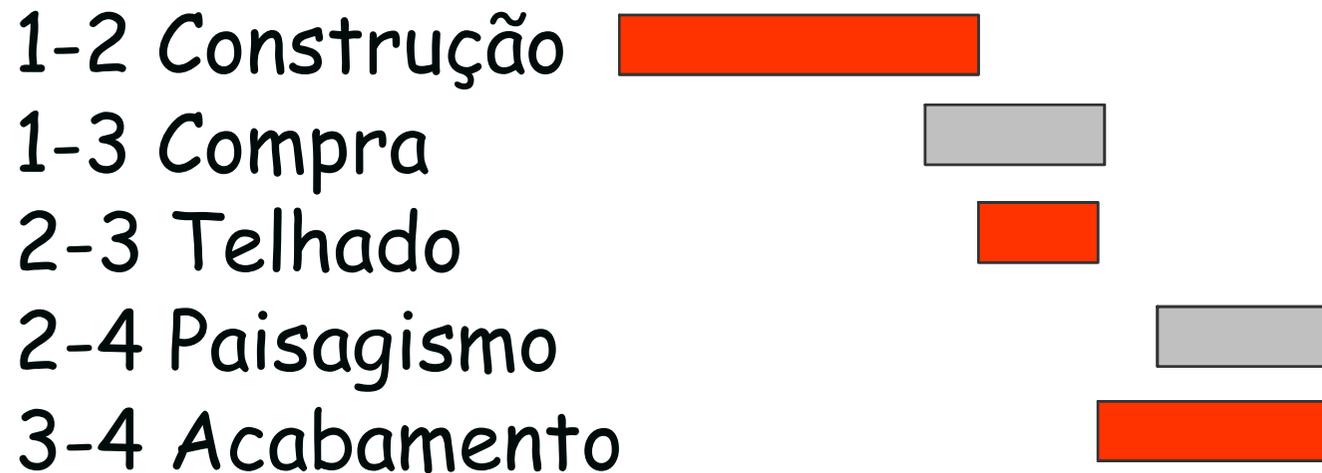


E Acabamento



# Gráfico de *Gantt* Data Tarde

Código	Atividade	Prec	Duração
A	Construção	---	6
B	Compra de materiais	---	3
C	Telhado	A	2
D	Paisagismo	A	3
E	Acabamento	B,C	4



# Diagrama de Marcos

Data  
Atual

Evento	Jan	Fev	Mar ▼	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago
Subcontratos Assinados			▲▼					
Especificações Finalizadas				▲				
Projeto Revisto					▲			
Subsistema Testado						▲		
Primeira unidade entregue							▲	
Plano de Produção Completado								▲

Existem muitas outras formas de se apresentar informações do projeto num diagrama de marcos.

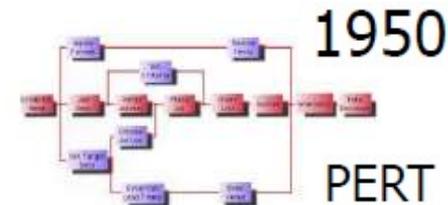


# PERT e CPM

- # Técnicas de programação em rede
- # Desenvolvidas nos anos 50
  - CPM pela DuPont
  - PERT militar USA
- # Considera relações de precedência
- # Diferenciam-se quanto as estimativas de tempo das atividades



Polaris



Marly Monteiro de Carvalho

# Passos Comuns ao PERT & CPM

- 1 Definir o projeto e todas as atividades significativas
- 2 Desenvolver os relacionamentos entre as atividades.  
(Decidir precedências)
- 3 Fazer a representação em rede conectando todas as atividades
- 4 Atribuir estimativas de tempos e custos para cada atividade
- 5 Calcular o caminho mais longo da rede (sem folgas) – caminho crítico.

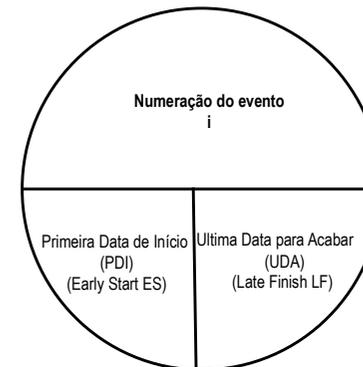
# Programação – CPM

## Programação para Frente (Data Cedo)

# Na Programação para Frente (Forward Pass) parte-se do evento origem e determina-se a  $PDI_i$  - Primeira Data de Início do evento  $i$ , a qual representa o caminho de maior duração entre a origem do projeto e o evento  $i$ .

$$\# PDI_i = \max C(\text{origem}, i)$$

Primeira Data de Início (PDI) Early Start (ES)	Código ID	Primeira Data para Acabar (PDA) Early Finish (EF)
Nome da Atividade		
Última Data de Início (UDI) Late Start (LS)	duração	Última Data para Acabar (UDA) Late Finish (LF)



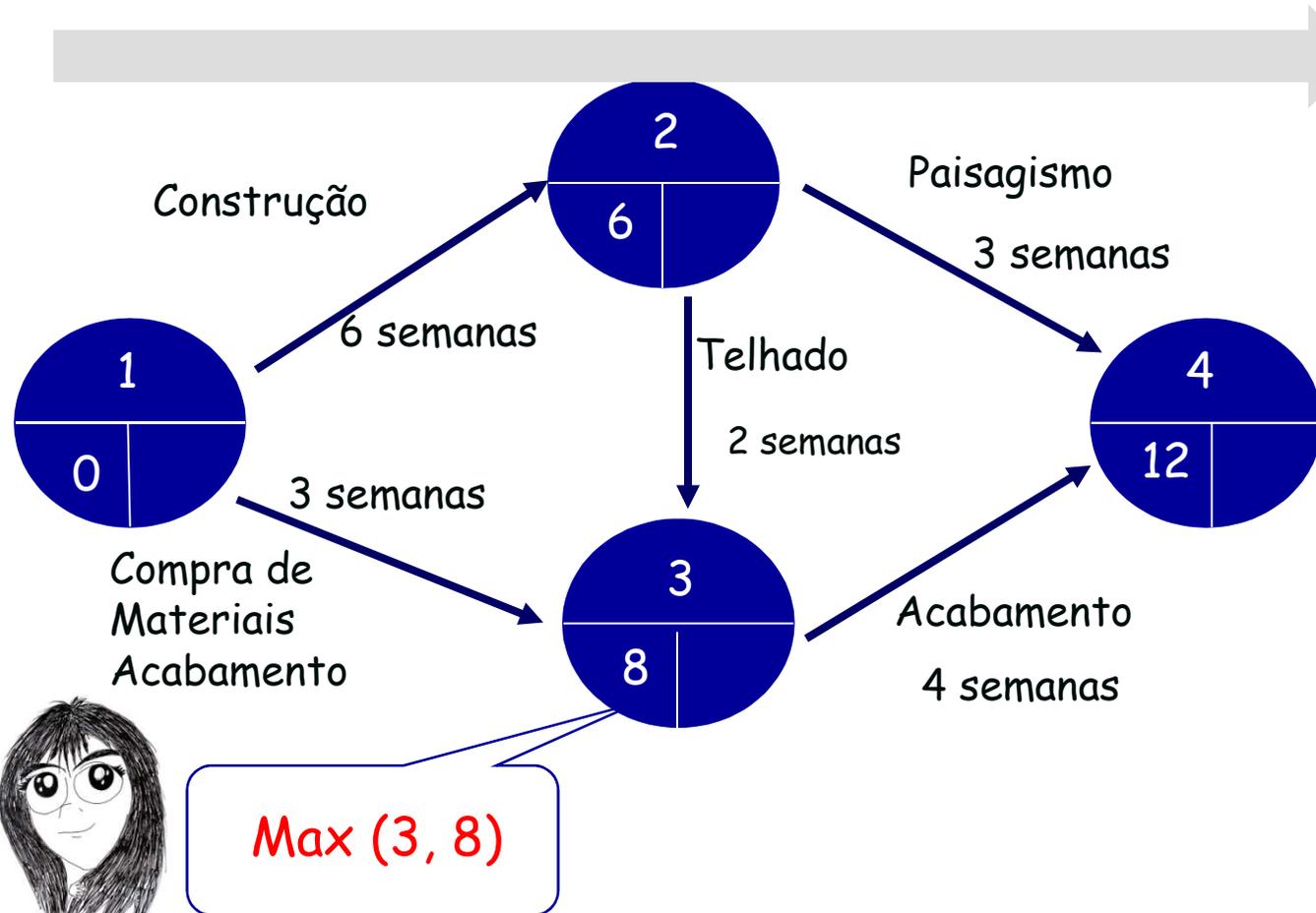
PDI: Primera Data de Início

PDA: Primera Data para Acabar

UDI: Ultima Data de Início

UDA: Ultima Data para Acabar

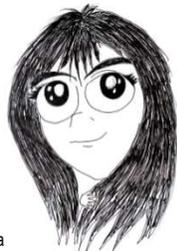
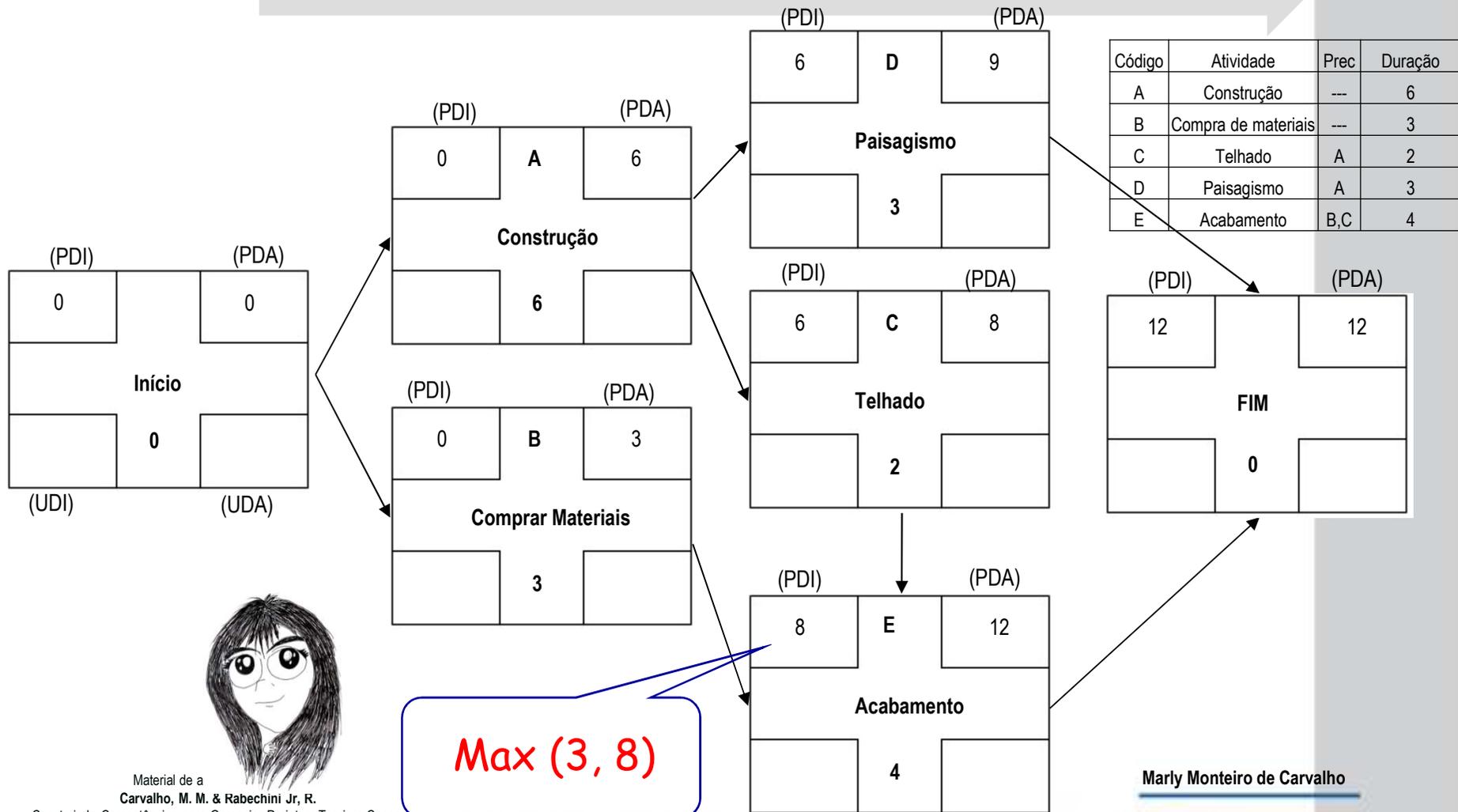
# Programação para Frente (Forward Pass)



# Rede de Atividades

Primeira Data de Início (PDI) Early Start (ES)	Código ID	Primeira Data para Acabar (PDA) Early Finish (EF)
Nome da Atividade		
Ultima Data de Início (UDI) Late Start (LS)	duração	Ultima Data para Acabar (UDA) Late Finish (LF)

# Programação para Frente (*Forward Pass*)





www.pro.poli.usp.br/igp

# Programação – CPM



PRO

## Programação para Trás (Data Tarde)

- # Na Programação para Trás (*Backward*) parte-se do caminho inverso, ou seja, do evento objetivo do projeto. Para determinar a  $UDA_i$  - Última Data para Acabar um evento  $i$ , assume-se que a  $PDI_{\text{objetivo}} = UDA_{\text{objetivo}}$  e subtraí-se o caminho de maior duração entre o evento  $i$  e o evento objetivo.
- #  $UDA_i = UDA_{\text{objetivo}} - \max C(i, \text{objetivo})$

Material de apoio do livro-texto:  
Carvalho, M. M. & Rabechini Jr, R.

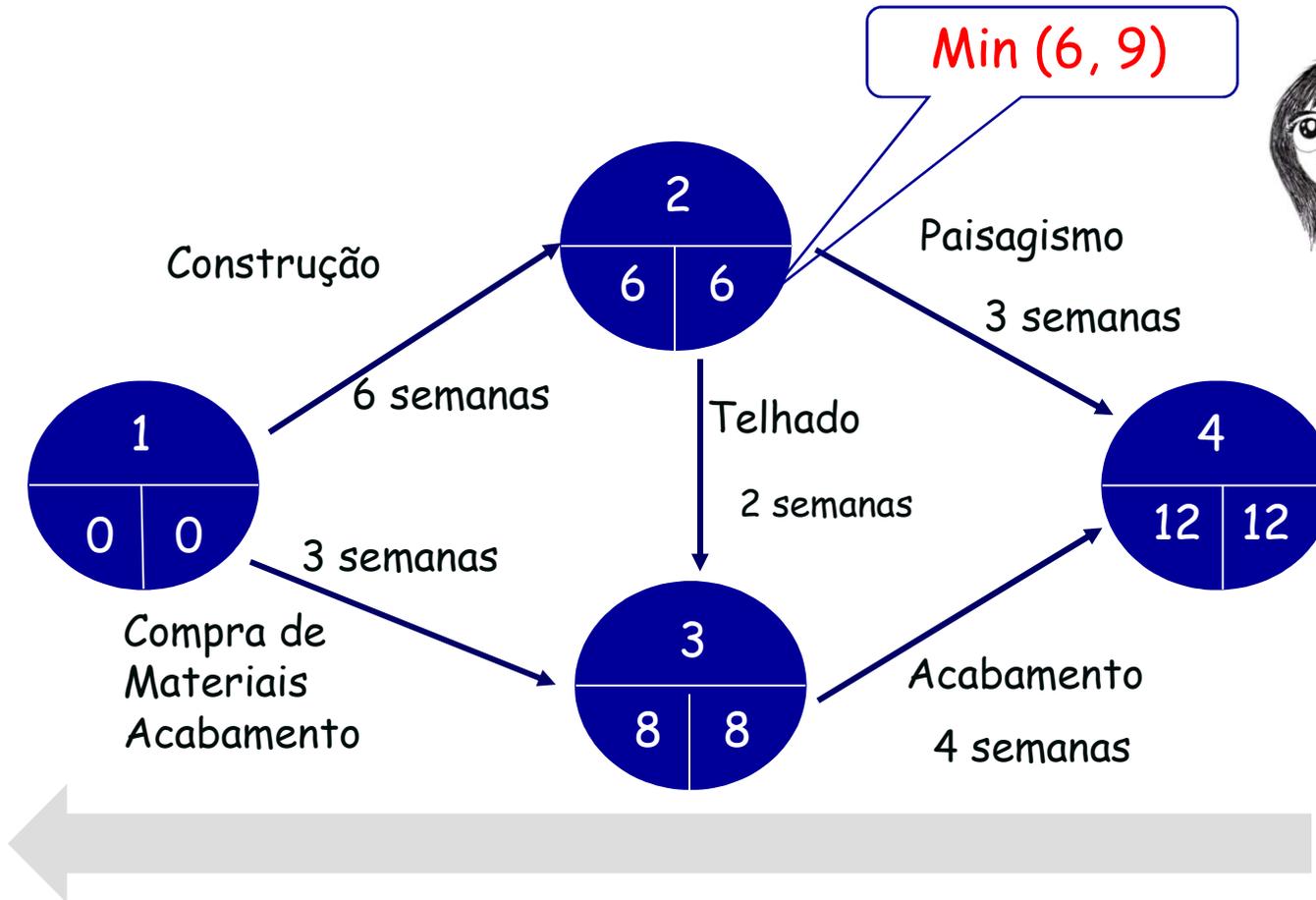
Construindo Competências para Gerenciar Projetos: Teoria e Casos.  
Editora Atlas, 3ª ed, 2011

Marly Monteiro de Carvalho

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Produção

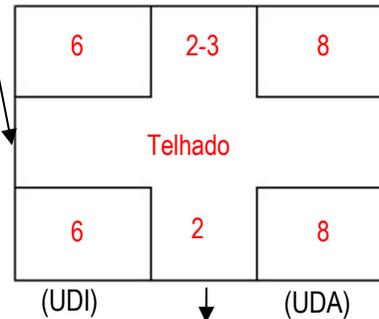
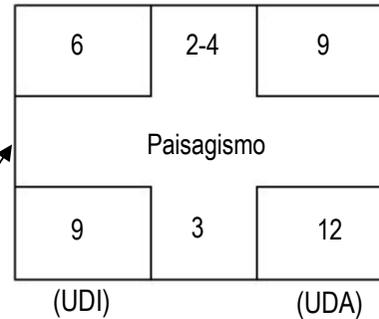
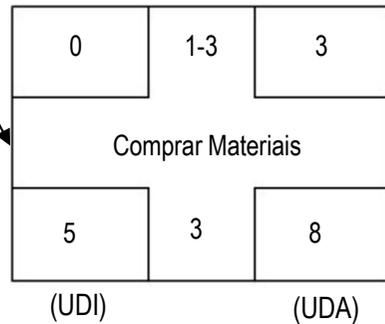
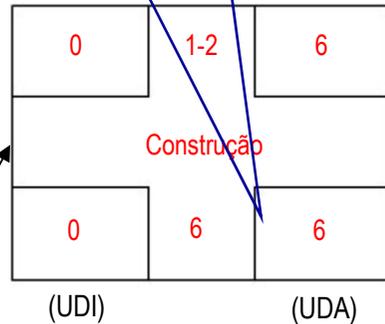
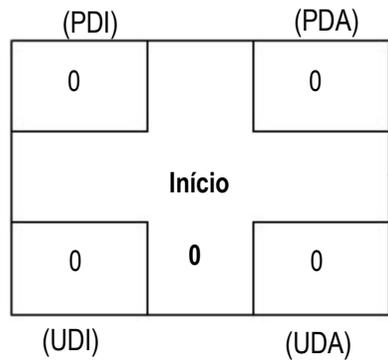
# Programação para Trás (Backward Pass)



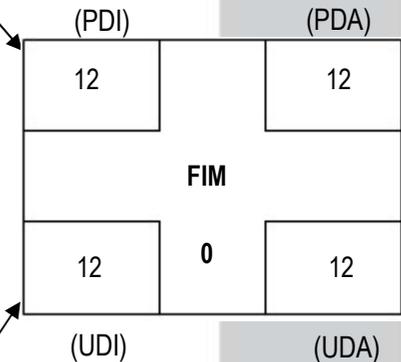
# Programação para Trás (Backward Pass)



Min (6, 9)



Código	Atividade	Prec	Duração
A	Construção	---	6
B	Compra de materiais	---	3
C	Telhado	A	2
D	Paisagismo	A	3
E	Acabamento	B,C	4





[www.pro.poli.usp.br/lgp](http://www.pro.poli.usp.br/lgp)

# Caminho Crítico



- # As atividades que pertencem ao caminho crítico não possuem folgas.
- # É o menor tempo possível para completar o projeto. Qualquer atraso de uma atividade no caminho crítico impacta diretamente a data de conclusão do projeto planejado (não há flutuações no caminho crítico). Um projeto pode ter vários paralelos, caminhos críticos, perto. Um caminho paralelo adicional através da rede com o total de períodos mais curtos do que o caminho crítico é chamado um caminho sub-crítico ou não crítico.
- # Caminho crítico é a sequência de atividades que somadas fornecem o tempo total mais longo.

Material de apoio do livro-texto:  
Carvalho, M. M. & Rabechini Jr, R.

Construindo Competências para Gerenciar Projetos: Teoria e Casos.  
Editora Atlas, 3ª ed, 2011

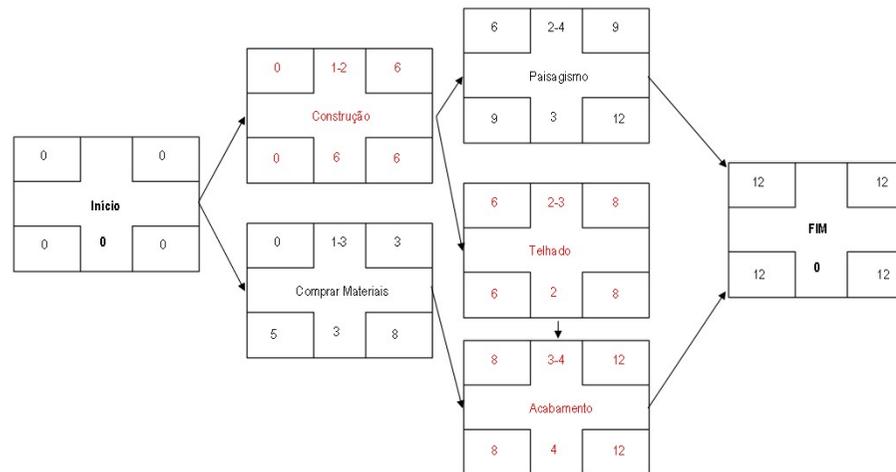
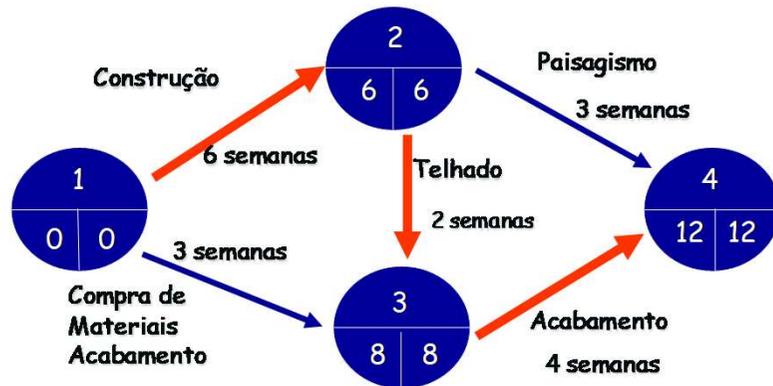
Marly Monteiro de Carvalho

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

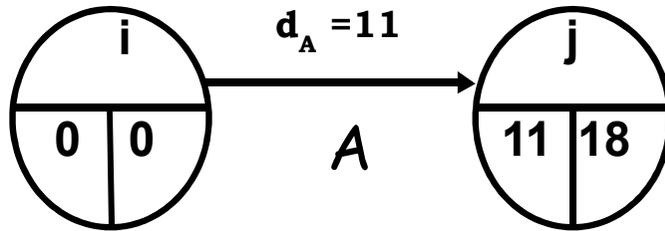
Departamento de Engenharia de Produção

# Caminho Crítico

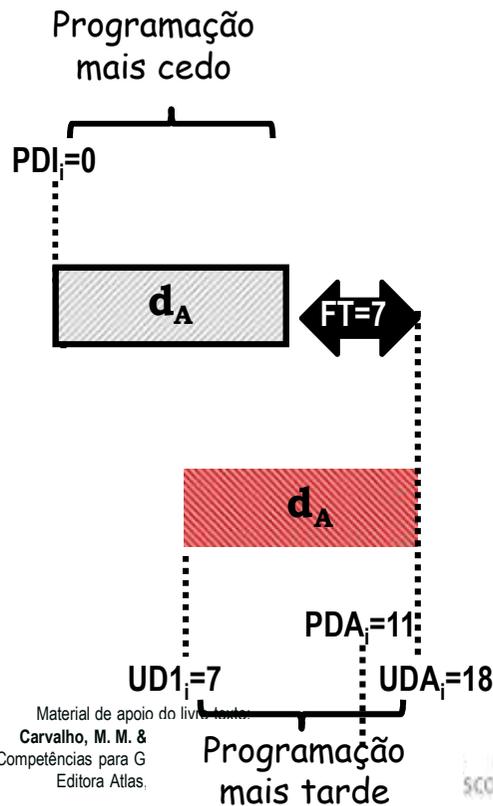
caminho critico : 12 semanas



# Folgas



0	i-j	11
	A	
7	11	18



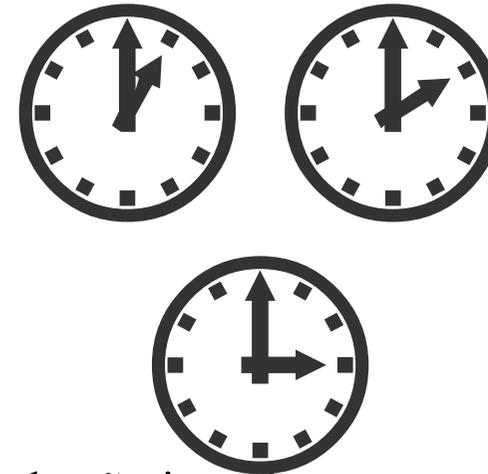
**FT: Folga Total**  
 $FT_A = UDA_j - (PDI_i + d_{ij})$   
 $FT_A = 18 - (0 + 11) = 7$

**FL - Folga Livre**  
 $FL_A = PDI_j - (PDI_i + d_{ij})$   
 $FL_A = 11 - (0 + 11) = 0$

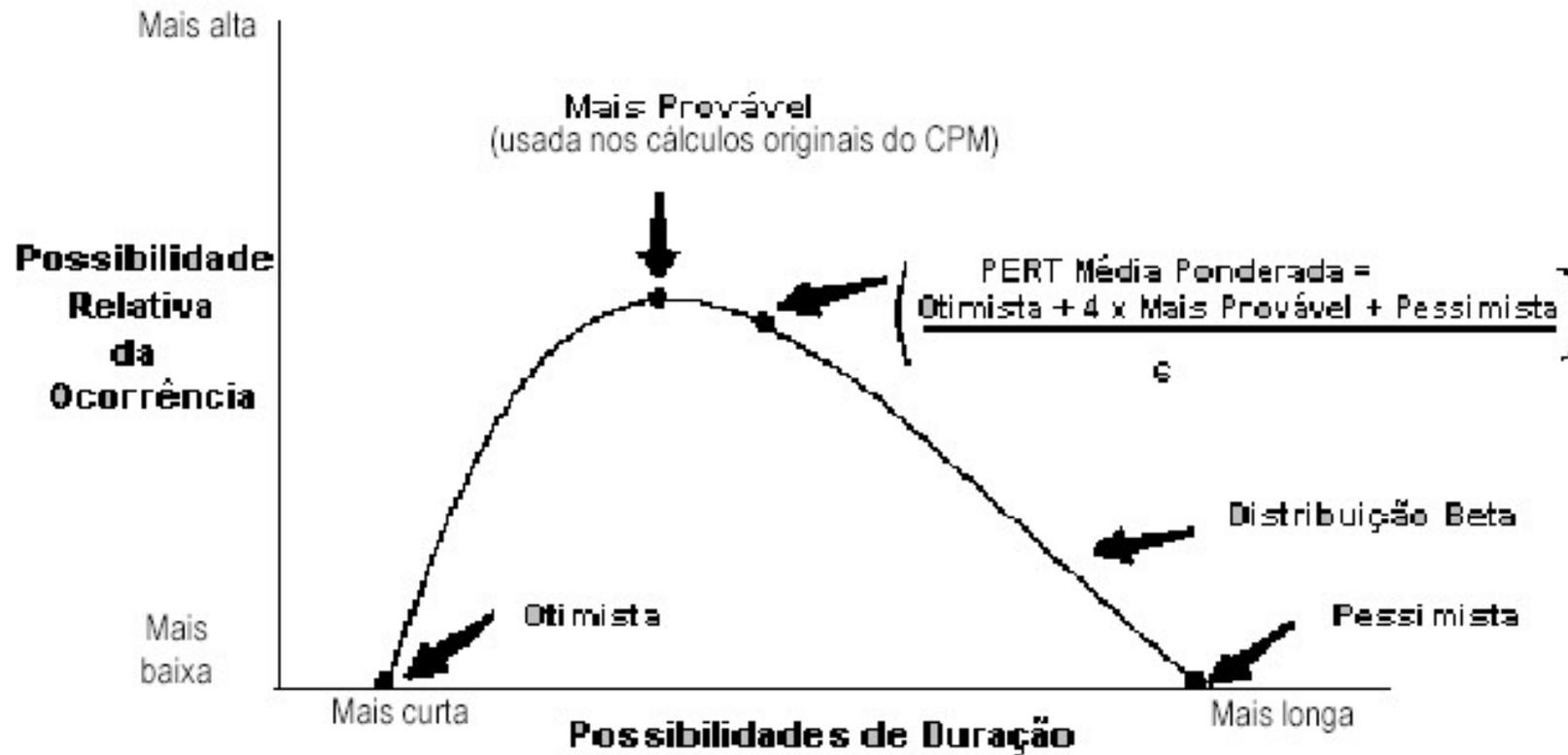
Material de apoio do livro de Carvalho, M. M. & Construindo Competências para G Editora Atlas.

# PERT - Tempos

- # 3 estimativas
  - Otimista ( $a$ )
  - Mais-provável ( $m$ )
  - Pessimista ( $b$ )
- # Segue a distribuição beta
- # Tempo Esperado :  $d_{ij} = (O+4M+P)/6$
- # Variância:  $\sigma_{ij}^2 = [(P-O)/6]^2$
- # Obs: Admite-se que a execução de uma atividade não interfere no tempo de execução de outras, ou seja, são independentes.



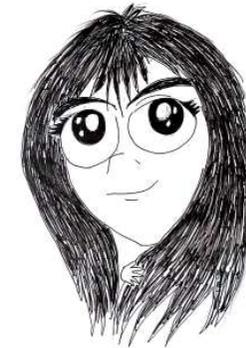
# PERT - Tempos



# Estimativas de tempo

- # Estimativa de tempo do projeto ( $T$ )
  - Soma dos tempos das atividades do caminho crítico,  $t$
- # Variância do Projeto ( $V$ )
  - Soma das variâncias das atividades do caminho crítico,  $v$

*Como a duração do projeto resulta da soma das durações das atividades, portanto a soma de variáveis aleatórias ( $d_{ij}$ ), admite-se distribuição normal, (Teorema do Limite Central).*



Marly Monteiro de Carvalho

$$Z = \frac{X - T}{\sqrt{V}} = \frac{50 - 40}{5} = 2.0$$

$$z = \frac{PDA_{\text{objetivo}} - \sum d_{\text{caminharítico}}}{\sqrt{\sum \sigma_{\text{caminharítico}}^2}}$$

Tabela da Curva Normal

Distribuição Normal

Em que:  
DPA<sub>objetivo</sub>: Data Programada Acabar o Projeto

Normal Padrão

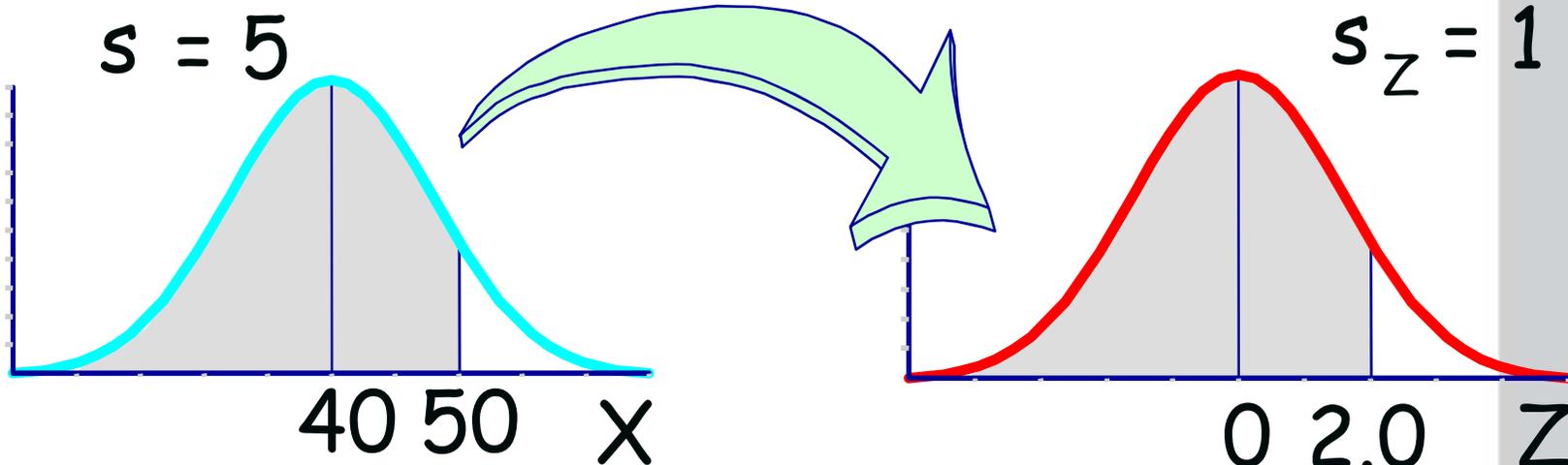
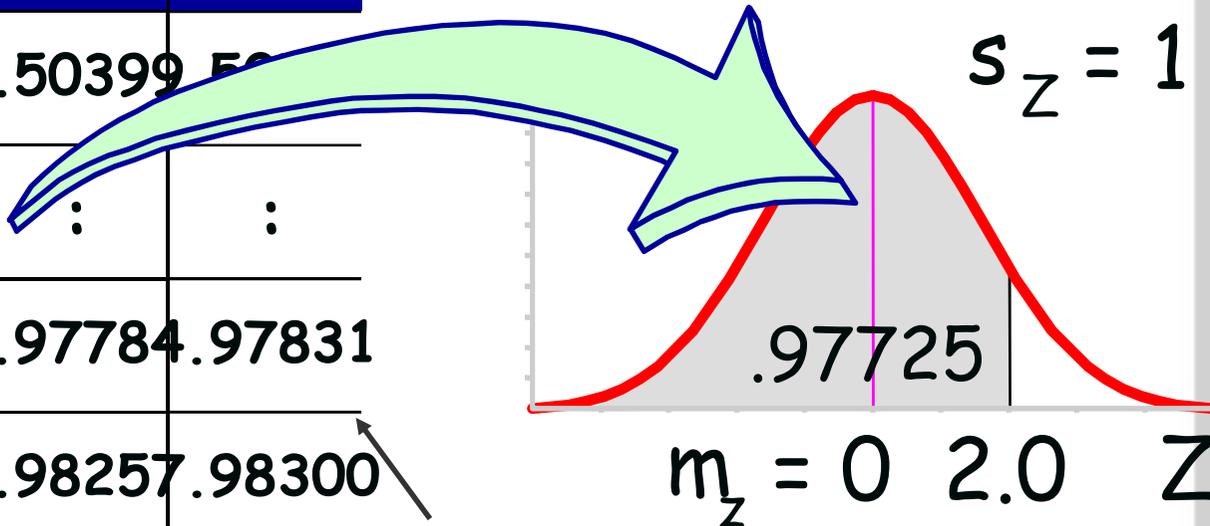


Tabela Normal Padrão

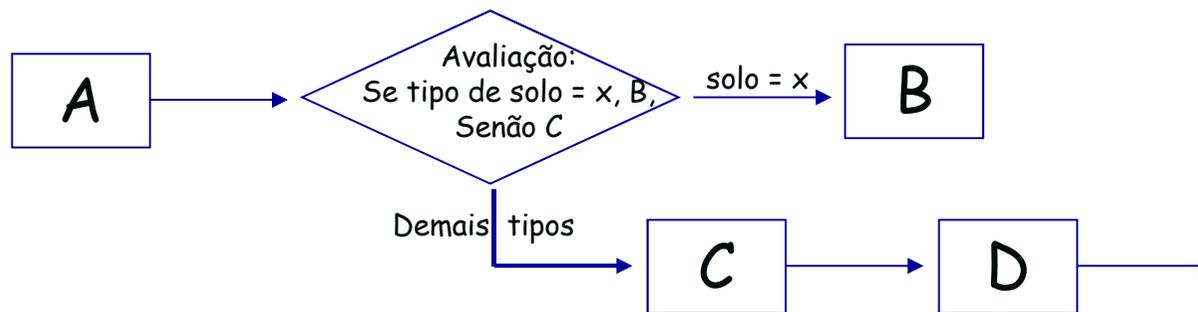
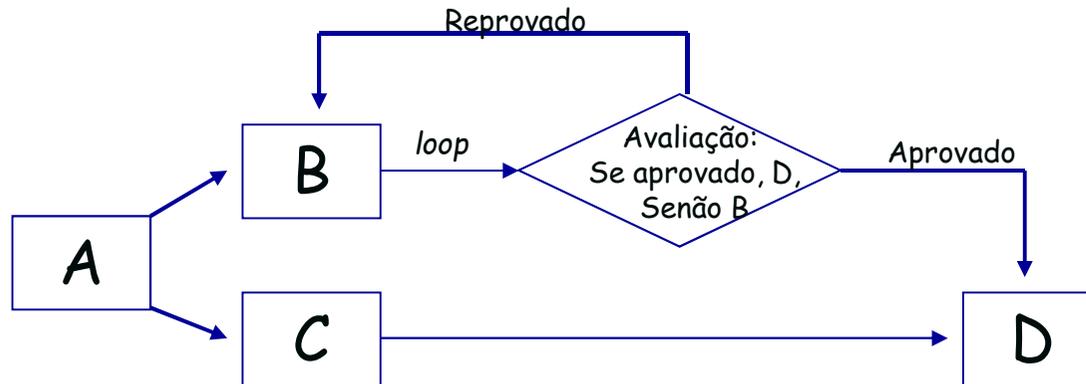
Z	.00	.01	.02
0.0	.50000	.50399	.50798
:	:	:	:
2.0	<b>.97725</b>	.97784	.97831
2.1	.98214	.98257	.98300



Probabilidades

# GERT

- ❑ Método do diagrama condicional (*CDM - Conditional Diagramming Method*):
  - *Graphical Evaluation and Review Technique (GERT)*
  - *Modelos de sistemas dinâmicos (System Dynamics)*
    - *"Loops": teste que deve ser repetido mais de uma vez*
    - *Desvios condicionados: atualização de um desenho que é necessária apenas se a inspeção detectar erros*
- ❑ *Diferente do PDM e ADM, estas técnicas permitem "loops" ou ramos condicionais.*
- ❑ *Memorando NASA 1966*



# Controle do Cronograma

- ⇒ Controle das mudanças no cronograma do projeto.
- ⇒ Processo pró-ativo que tem por finalidade:
  - ⇒ Influenciar os fatores que criam mudanças no cronograma;
  - ⇒ Controlar os impactos dessas mudanças.
- ⇒ Está relacionado ao processo de controle integrado de mudanças:





[www.pro.poli.usp.br/lgp](http://www.pro.poli.usp.br/lgp)



# Estudo de Caso

Material de apoio do livro-texto:

**Carvalho, M. M. & Rabechini Jr, R.**

Construindo Competências para Gerenciar Projetos: Teoria e Casos.  
Editora Atlas, 3ª ed, 2011

Marly Monteiro de Carvalho

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Departamento de Engenharia de Produção