PCC 3231 - Tecnologia e Gestão da Produção de Obras Civis: Princípios e Fundamentos

Aula 12 – Planejamento da execução

WBS
Cronograma

Prof. Dr. Flávio Leal Maranhão
Prof. Dr. Francisco Ferreira Cardoso
Prof. Dr. Hermes Fajersztajn
Prof. Dr. Luiz Reynaldo A. Cardoso

2019

Objetivos da aula

Compreender e aplicar conhecimentos básicos de WBS e Cronograma de execução de obras

Roteiro da aula

1. **WBS** - apresentação – 20 min
   Exercício: início do WBS do galpão – 20 min

2. **Cronograma: conceitos básicos**
   Apresentação - 30 min.

3. **Exercício** - cronograma das fundações do galpão – 40 min.

4. **Rede PERT/CPM:** conceitos básicos – 20 min

Leituras e estudos

OBRIGATÓRIAS

- MATTOS, A. D. Planejamento e controle de obras. Caps. 5 a 8 (Biblioteca).
- Videoaulas – Cronograma exemplo no MSProject

COMPLEMENTARES

- LIMMER, C V. Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras. LTC, 1997. Cap.5, itens 5.1, 5.2; Cap. 6, até 6.1.3 (Biblioteca).
- MATTOS, A. D. Planejamento e controle de obras. Caps. 9 a 11 (Biblioteca).
- MSProject 2010. Treinamento (disponibilizado com o Programa): Configurando um projeto e cronograma.

WBS/EAP

WBS – Work Breakdown Structure

O que é:

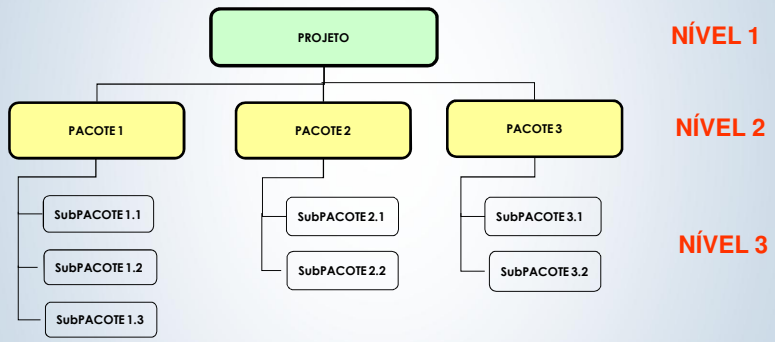
- Divisão e estruturação do projeto em pacotes de trabalho
- Pacote de trabalho: unidade de trabalho **entregável, e**
  - **definida** (Torre, canal de desvio, estacionamento, fundação, estrutura, p. ex.)
  - **gerenciável**: possa ser planejada, contratada, medida, controlada, e atribuída a um responsável
  - Pode ser de diferentes **níveis** de detalhamento (p. ex. estrutura, pavimento)

WBS – Work Breakdown Structure

Para que serve:

- Definição do **escopo** do projeto
  - Será **executado** o que está no WBS
- Fornece de forma fácil e rápida uma **visão global** do projeto
  - Feito em forma de **diagrama de blocos**
- Define como o projeto será executado, contratado e entregue – definição dos **pacotes de fornecimento e entregas**
  - Pode ser feito em diferentes **níveis** de detalhamento
- **Serve de base** para cronograma, orçamento e contabilidade do projeto: centro de custos, planilhas de medição, controle de contratos

WBS do Projeto



WBS – Work Breakdown Structure

Do WBS decorre uma **EAP – Estrutura Analítica do Projeto**

1. Projeto

1.1. Pacote 1

1.1.1. SubPacote 1

1.1.2. SubPacote 2

1.1.3. SubPacote 3

1.2. Pacote 2

1.2.1. SubPacote 1

1.2.2. SubPacote 2

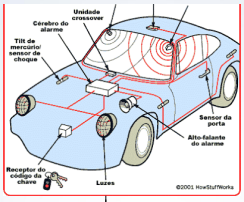
1.3. Pacote 3

1.3.1. SubPacote 1

1.2.2. SubPacote 2

Atenção: existem outras estruturas analíticas do projeto: cronograma, orçamento, controle-contabilidade, etc.

WBS do Projeto - exemplo



CARRO

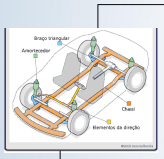
NÍVEL 1

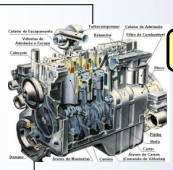
CHASSI

CARENA GEM

MOTOR

NÍVEL 2





BASE

RODAS

DIREÇÃO

LATERAIS

CAPOTA

CAPÔ

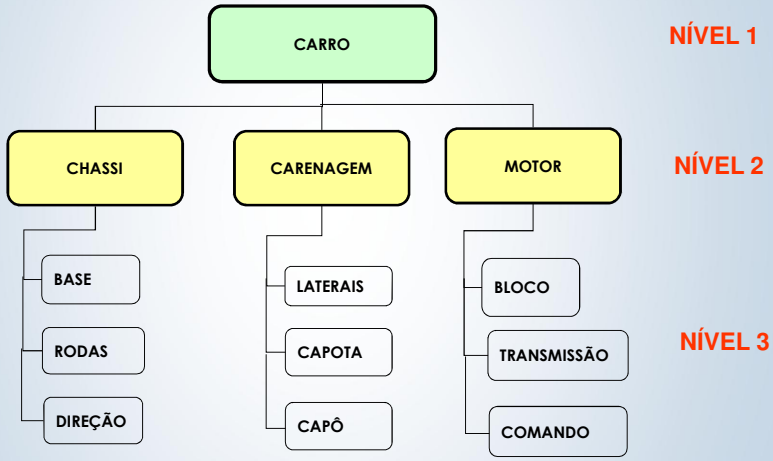
BLOCO

TRANSMISSÃO

COMANDO

NÍVEL 3

WBS do Projeto



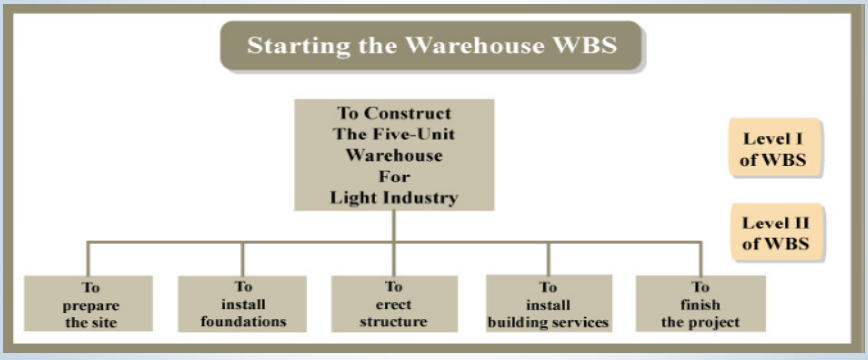
Do WBS decorre uma **EAP – Estrutura Analítica do Projeto**

Carro

- **1.Chassi**
  - 1.1.Base
  - 1.2.Rodas
  - 1.3. Direção
- **2. Carenagem**
  - 2.1. Laterais
  - 2.2. Capota
  - 2.3. Capô
- **3. Motor**
  - 3.1. Bloco
  - 3.2. Transmissão
  - 3.3. Comando

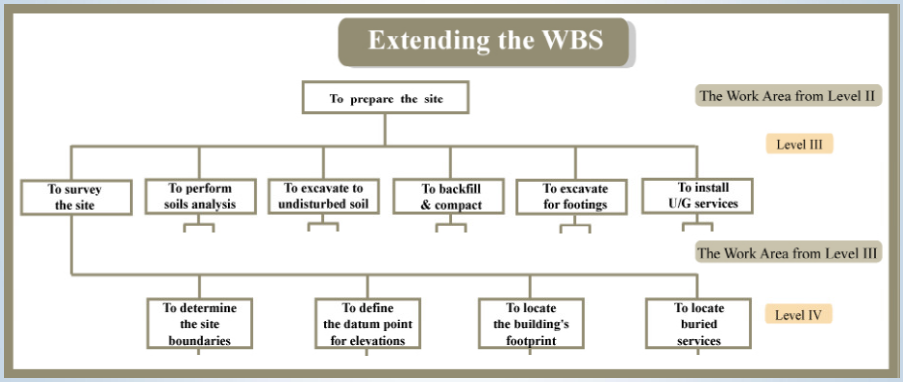
WBS galpão – estruturação por subsistemas

WBS Phase 1



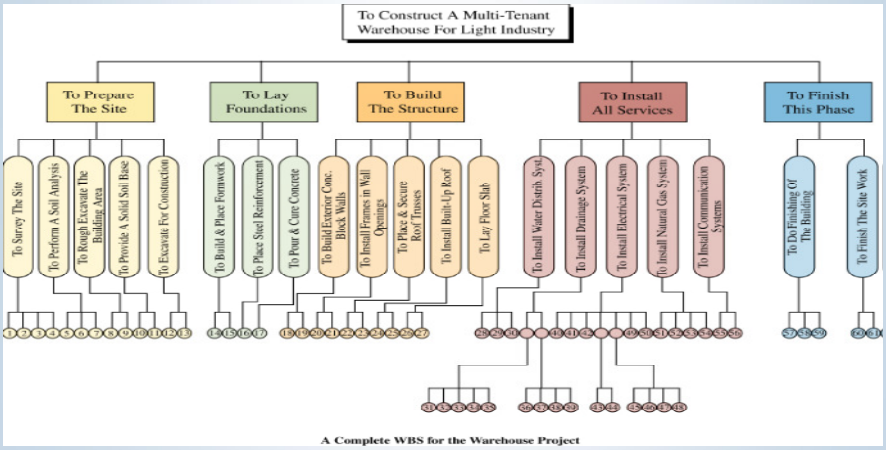
Fonte: HENDRICKSON;AU, 1989

WBS Refinement



Fonte: HENDRICKSON;AU, 1989

Refined WBS



A Complete WBS for the Warehouse Project

Fonte: HENDRICKSON;AU, 1989

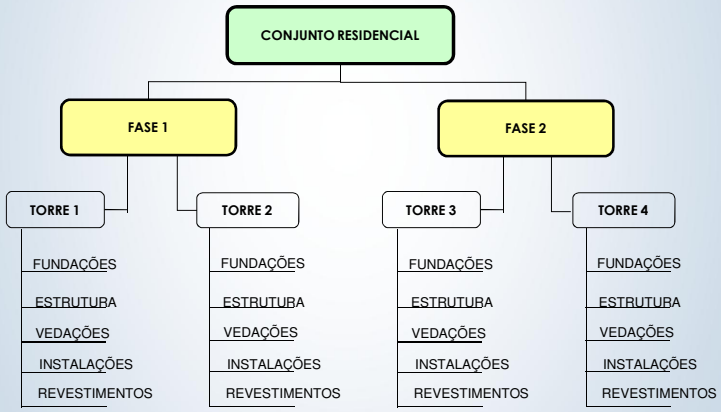
Outros exemplos de estruturação nível 1- WBS

Por fase: Conjunto residencial com 4 Torres, executadas em 2 fases -

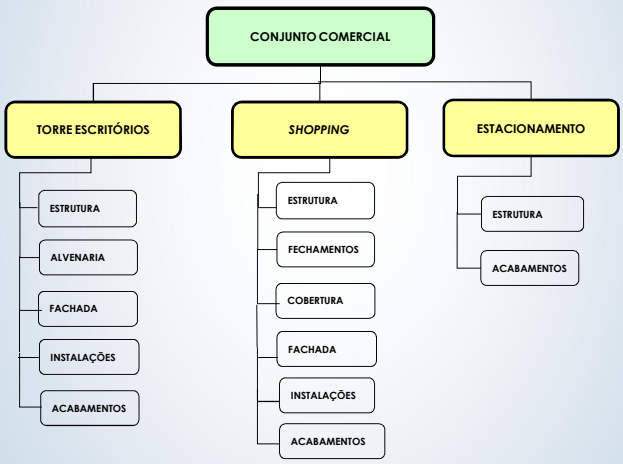
Por tipo de edifício: Conjunto comercial – 1 torre escritórios, 1 *shopping* e 1 estacionamento

Por grandes etapas: Conjunto habitacional de 1.500 casas

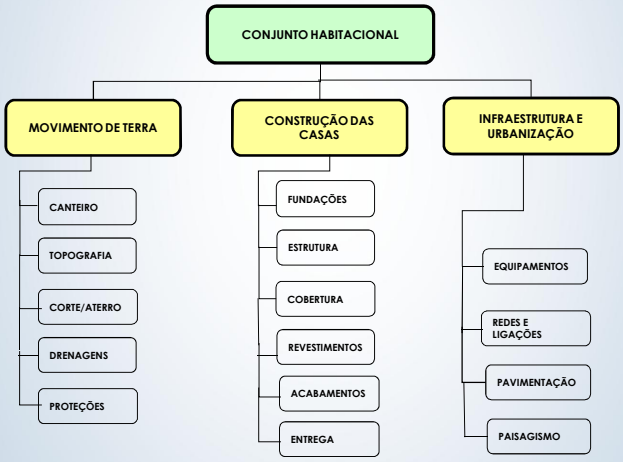
Conjunto Residencial 4 torres, executadas em duas fases



Conjunto Comercial
1 Torre, 1 *shopping*, 1 edifício estacionamento



Conjunto Habitacional
1.500 casas



Trabalho e exercício de aula

Elaborar a WBS/EAP da Construção do galpão – WBS por subsistema, em 3 níveis.
Na aula: definir o 2º. nível e os pacotes do 3º. nível de um pacote do 2º. nível

Obs: Elaboração manual ou no WBS Chart Pro (http://www.criticaltools.com/download.html - gratuito até 50 atividades)

Ver vídeo:
http://www.criticaltools.com/WBSSchedulePro_Video.html
Tempo: 6'16"

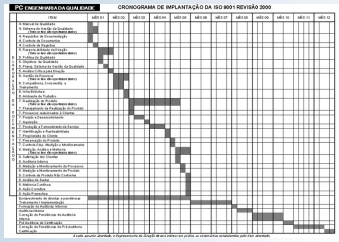
Cronograma

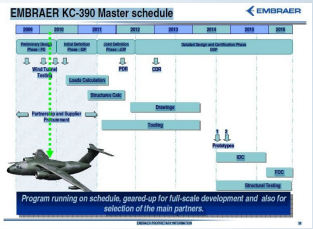
Cronograma - relembrando

Cronograma = representação gráfica que relaciona atividades para realizar um objetivo, com o tempo necessário para realizá-las

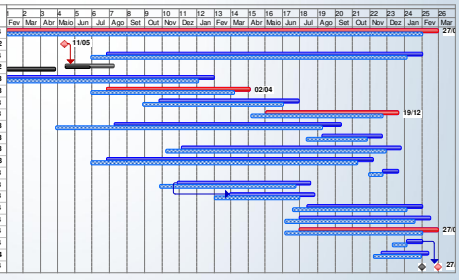
kronos = tempo

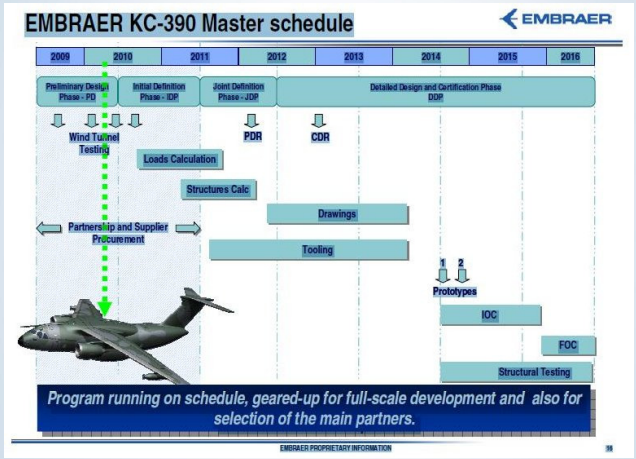
grama = desenho; escrita

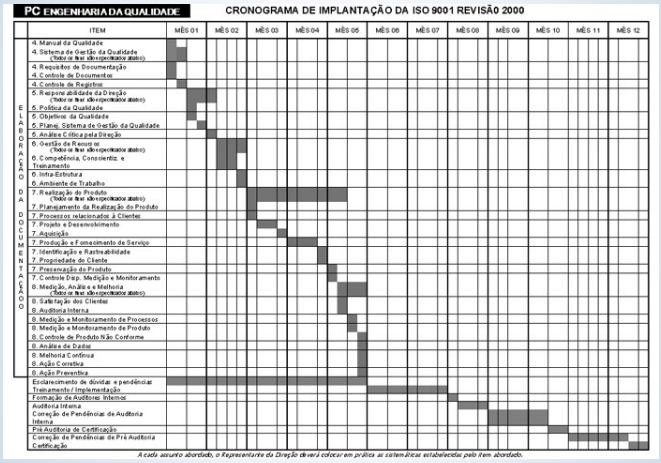




Id	Nome da tarefa	% concluída	Duração	Início	Término
1	Edifício Residencial	2%	532 dias	Qua 01/02/12	Qui 27/02/14
2	Início	0%	0 dias	Sex 11/05/12	Sex 11/05/12
3	Datas Marco	0%	392 dias	Qua 25/07/12	Qui 30/01/14
20	Mobilização e canteiro de obras	50%	60 dias	Seg 14/05/12	Ter 07/08/12
21	Fundações e contenções	34%	250 dias	Qua 01/02/12	Ter 29/01/13
31	Estrutura	0%	175 dias	Qua 25/07/12	Ter 02/04/13
71	Alvenaria e vedações	0%	173 dias	Qui 25/10/12	Qui 27/06/13
152	Fachada	0%	167 dias	Qua 01/05/13	Qui 19/12/13
161	Elevador	0%	280 dias	Qua 08/08/12	Ter 10/09/13
164	Impermeabilizações	0%	77 dias	Qua 07/08/13	Qui 21/11/13
168	Instalações hidráulicas	0%	276 dias	Seg 03/12/12	Ter 24/12/13
175	Instalações elétricas	0%	329 dias	Qua 25/07/12	Seg 04/11/13
181	Instalações mecânicas	0%	20 dias	Sex 22/11/13	Qui 19/12/13
183	Revestimentos	0%	168 dias	Seg 25/11/12	Qui 18/07/13
366	Acabamentos	0%	108 dias	Ter 26/02/13	Qui 25/07/13
445	Finalização	0%	145 dias	Sex 12/07/13	Qui 30/01/14
654	Sub-solo e térreo interno	0%	165 dias	Sex 28/06/13	Qui 13/02/14
662	Térreo externo	0%	175 dias	Sex 28/06/13	Qui 27/02/14
676	Vistoria	0%	20 dias	Sex 03/01/14	Qui 30/01/14
703	Habite-se	0%	60 dias	Ter 19/11/13	Seg 10/02/14
708	Fim	0%	0 dias	Qui 27/02/14	Qui 27/02/14




EMBRAER KC-390 Master schedule
EMBRAER
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
Preliminary Design Phase - PD
Initial Definition Phase - IDP
Joint Definition Phase - JDP
Detailed Design and Certification Phase DDP
Wind Tunnel Testing
PDR
CDR
Loads Calculation
Structures Calc
Drawings
Partnership and Supplier Procurement
Tooling
1
2
Prototypes
IOC
FOC
Structural Testing
Program running on schedule, geared-up for full-scale development and also for selection of the main partners.
EMBRAER PROPRIETARY INFORMATION


PC ENGENHARIA DA QUALIDADE
CRONOGRAMA DE IMPLANTAÇÃO DA ISO 9001 REVISÃO 2000
ITEM
MÊS 01
MÊS 02
MÊS 03
MÊS 04
MÊS 05
MÊS 06
MÊS 07
MÊS 08
MÊS 09
MÊS 10
MÊS 11
MÊS 12
ELABORAÇÃO DA DOCUMENTAÇÃO
IMPLANTAÇÃO
4. Manual da Qualidade
4. Sistema de Gestão da Qualidade
4. Requisitos de Documentação
4. Controle de Documentos
4. Controle de Registros
5. Responsabilidade da Direção
5. Política da Qualidade
5. Objetivos da Qualidade
5. Planej. Sistema de Gestão da Qualidade
5. Análise Crítica pela Direção
6. Gestão de Recursos
6. Competência, Conscientiz. e Treinamento
6. Infra-Estrutura
6. Ambiente de Trabalho
7. Realização do Produto
7. Planejamento da Realização do Produto
7. Processos relacionados à Cliente
7. Projeto e Desenvolvimento
7. Aquisição
7. Produção e Fornecimento de Serviço
7. Identificação e Rastreabilidade
7. Propriedade do Cliente
7. Preservação do Produto
7. Controle Disp. Medição e Monitoramento
8. Medição, Análise e Melhoria
8. Satisfação dos Clientes
8. Auditoria Interna
8. Medição e Monitoramento de Processos
8. Medição e Monitoramento de Produto
8. Controle de Produto Não Conforme
8. Análise de Dados
8. Melhoria Contínua
8. Ação Corretiva
8. Ação Preventiva
Esclarecimento de dúvidas e pendências
Treinamento / Implementação
Formação de Auditores Internos
Auditoria Interna
Correção de Pendências de Auditoria Interna
Pré-Auditoria de Certificação
Correção de Pendências de Pré-Auditoria Certificação
A cada assunto abordado, o Representante da Direção deverá colocar em prática as sistemáticas estabelecidas pelo item abordado.

Id	Nome da tarefa	% concluída	Duração	Início	Término
1	**Edifício Residencial**	2%	532 dias	Qua 01/02/12	Qui 27/02/14
2	**Início**	0%	0 dias	Sex 11/05/12	Sex 11/05/12
3	**Datas Marco**	0%	392 dias	Qua 25/07/12	Qui 30/01/14
20	**Mobilização e canteiro de obras**	50%	60 dias	Seg 14/05/12	Ter 07/08/12
21	**Fundações e contenções**	34%	250 dias	Qua 01/02/12	Ter 29/01/13
31	**Estrutura**	0%	175 dias	Qua 25/07/12	Ter 02/04/13
71	**Alvenaria e vedações**	0%	173 dias	Qui 25/10/12	Qui 27/06/13
152	**Fachada**	0%	167 dias	Qua 01/05/13	Qui 19/12/13
161	**Elevador**	0%	280 dias	Qua 08/08/12	Ter 10/09/13
164	**Impermeabilizações**	0%	77 dias	Qua 07/08/13	Qui 21/11/13
168	**Instalações hidráulicas**	0%	276 dias	Seg 03/12/12	Ter 24/12/13
175	**Instalações elétricas**	0%	329 dias	Qua 25/07/12	Seg 04/11/13
181	**Instalações mecânicas**	0%	20 dias	Sex 22/11/13	Qui 19/12/13
183	**Revestimentos**	0%	168 dias	Seg 26/11/12	Qui 18/07/13
366	**Acabamentos**	0%	108 dias	Ter 26/02/13	Qui 25/07/13
445	**Finalização**	0%	145 dias	Sex 12/07/13	Qui 30/01/14
654	**Sub-solo e térreo interno**	0%	165 dias	Sex 28/06/13	Qui 13/02/14
662	**Térreo externo**	0%	175 dias	Sex 28/06/13	Qui 27/02/14
676	**Vistoria**	0%	20 dias	Sex 03/01/14	Qui 30/01/14
703	**Habite-se**	0%	60 dias	Ter 19/11/13	Seg 10/02/14
708	**Fim**	0%	0 dias	Qui 27/02/14	Qui 27/02/14

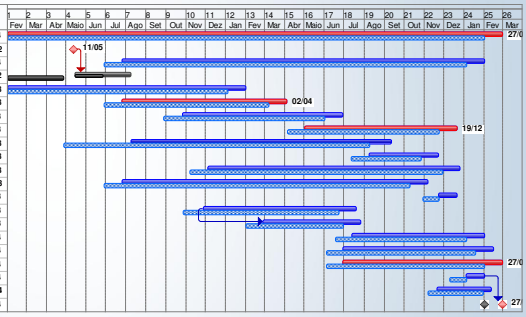
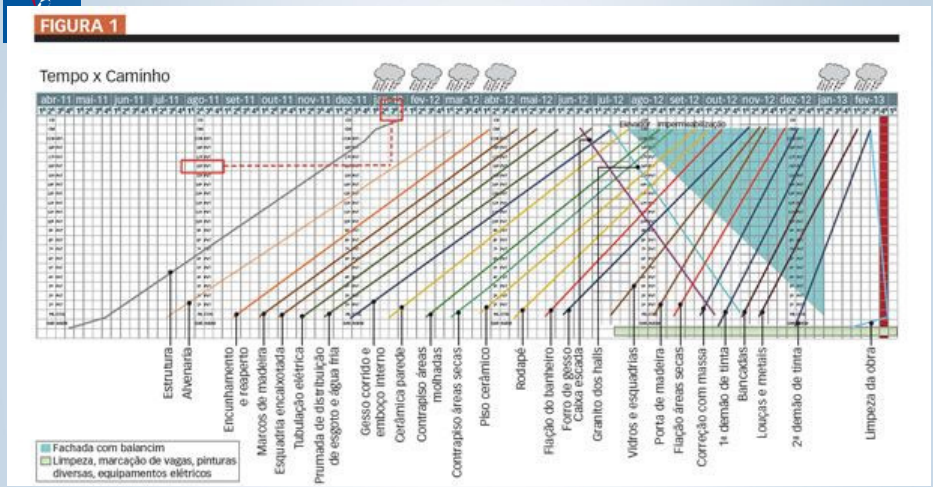
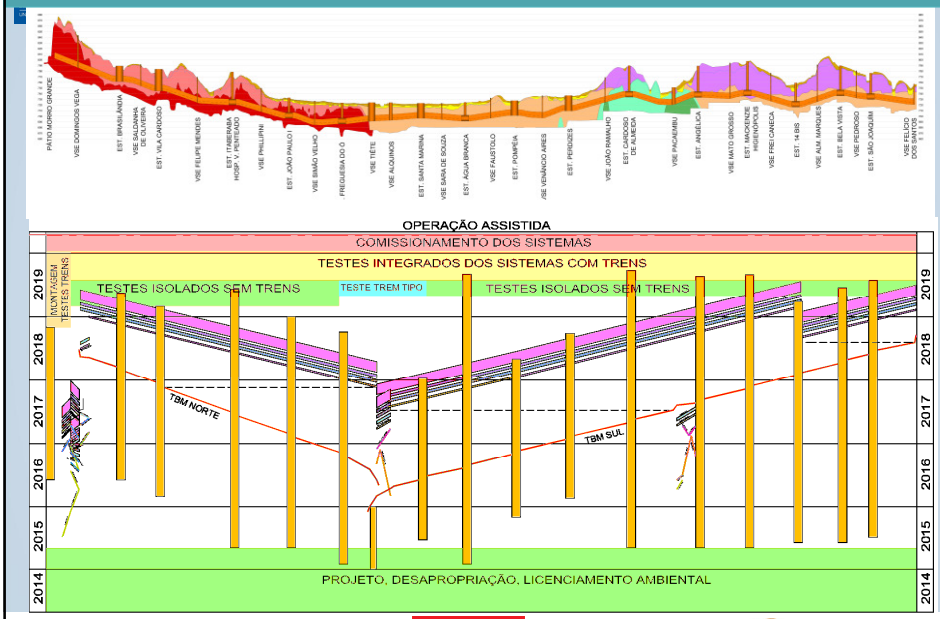


FIGURA 1



http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/128/artigo299600-1.aspx

12. Planejamento



CONSTRAN ODEBRECHT Infraestrutura queiroz galvão CONSTRUÇÃO

POLITÉCNICA

Cronograma de obras - as técnicas

- Gantt (barras)
- Redes PERT/CPM
- Diagrama tempo/caminho; linha de balanço

- Obs:
  - Na aula: Gantt
  - No trabalho: rede PERT/CPM no MSProject

Cronograma - Objetivos

- Definir as **atividades** – como decompor o objeto; o que deve ser executado
- Estabelecer uma **sequencia** lógica entre as atividades
- Definir as **durações** das atividades e **situá-las** no tempo
- Definir o **caminho crítico**
- Definir **prazos** totais e intermediários
- Possibilitar **alocação de recursos** para execução das atividades
- Possibilitar o **acompanhamento e controle** das atividades
- Ser de **fácil** elaboração, entendimento e comunicação

Cronograma – conceitos básicos

- **Atividades**
- **Precedência**
- **Durações**
- **Caminho crítico**

Atividades

Atividades

Atividade = trabalho/tarefa elementar com significado concreto: pode ser mensurada, tem duração estimada e custo definido

Diferença entre atividade e pacote de trabalho:

- Pacote: escopo-produto a ser entregue (substantivo)
- Atividade: ação-o que deve ser feito (verbo)
- Ex: Alvenaria, pode significar:
  - escopo no WBS
  - atividade no cronograma

- WBS não define sequências e tempos

Definição das atividades

Exige:

- Conhecimento do produto - escopo: o que deve ser feito; WBS serve de base
- Conhecimento do processo/tecnologias – como executar

Resultado: relação estruturada, pelo menos em dois níveis

Exemplo: cronograma do trabalho da disciplina

Cronograma

	Trabalho da disciplina	61 dias	Qua 14/09/1	Qua 07/12/16	
✓	Descrição das tecnologias e gestão da mão de obra	11 dias	Qua 14/09/16	Qua 28/09/16	
✓	Reunião	1 dia	Qua 14/09/1	Qua 14/09/16	
✓	Pesquisa	9 dias	Qua 14/09/1	Seg 26/09/16	
✓	Fundação	9 dias	Qua 14/09/1	Seg 26/09/16	
✓	Estrutura Portante	9 dias	Qua 14/09/1	Seg 26/09/16	
✓	Vedações Verticais	9 dias	Qua 14/09/1	Seg 26/09/16	
✓	Piso Interno	9 dias	Qua 14/09/1	Seg 26/09/16	
✓	Área Externa	9 dias	Qua 14/09/1	Seg 26/09/16	
✓	Gestão da mão de obra	9 dias	Qua 14/09/1	Seg 26/09/16	
✓	Elaboração do Relatório	1 dia	Ter 27/09/16	Ter 27/09/16	4
✓	Entrega do TP2	0 dias	Qua 28/09/1	Qua 28/09/16	11
✓	Proposta de Qualidade	6 dias	Qua 28/09/1	Qua 05/10/16	12
✓	Reunião	1 dia	Qua 28/09/1	Qua 28/09/16	
✓	Pesquisa	4 dias	Qua 28/09/1	Seg 03/10/16	
✓	Biblioteca da Civil	2 dias	Qua 28/09/1	Qui 29/09/16	
✓	Internet	4 dias	Qua 28/09/1	Seg 03/10/16	
✓	Elaboração do Relatório	1 dia	Ter 04/10/16	Ter 04/10/16	15
✓	Fôrma	1 dia	Ter 04/10/16	Ter 04/10/16	
✓	Armadura	1 dia	Ter 04/10/16	Ter 04/10/16	
✓	Concretagem	1 dia	Ter 04/10/16	Ter 04/10/16	
✓	Entrega do TP3	0 dias	Qua 05/10/1	Qua 05/10/16	18
✓	Proposta de Segurança	11 dias	Qua 05/10/1	Qua 19/10/16	
✓	Reunião	1 dia	Qua 05/10/1	Qua 05/10/16	
✓	Pesquisa	4 dias	Qua 05/10/1	Seg 10/10/16	

Cronograma

	Elaboração do Relatório	1 dia	Ter 11/10/16	Ter 11/10/16	25
	Semana da P2	5 dias	Qua 12/10/1	Ter 18/10/16	
	Entrega do TP4	0 dias	Qua 19/10/1	Qua 19/10/16	26
	Proposta de Sustentabilidade	**6 dias**	**Qua 19/10/1**	**Qua 26/10/16**	**28**
	Reunião	1 dia	Qua 19/10/1	Qua 19/10/16	
	Pesquisa	**4 dias**	**Qua 19/10/1**	**Seg 24/10/16**	
	Biblioteca da Civil	3 dias	Qua 19/10/1	Sex 21/10/16	
	Internet	4 dias	Qua 19/10/1	Seg 24/10/16	
	Elaboração do Relatório	1 dia	Ter 25/10/16	Ter 25/10/16	31
	Entrega do TP5	0 dias	Ter 25/10/16	Ter 25/10/16	34
	Apresentação Parcial 1	**2 dias**	**Seg 24/10/1**	**Ter 25/10/16**	
	Montar a apresentação	1 dia	Seg 24/10/1	Seg 24/10/16	
	Ensaio	1 dia	Ter 25/10/16	Ter 25/10/16	37
	Planejamento	**11 dias**	**Qua 09/11/1**	**Qua 23/11/16**	
	Reunião após a aula 1	1 dia	Qua 09/11/1	Qua 09/11/16	
	Reunião após a aula 2	1 dia	Qua 16/11/1	Qua 16/11/16	
	Pesquisa	8 dias	Qua 09/11/1	Sex 18/11/16	
	Elaboração do Relatório	3 dias	Seg 21/11/1	Qua 23/11/16	42
	Entrega do TP6	0 dias	Qua 23/11/1	Qua 23/11/16	43
	Organização da Empresa	**6 dias**	**Qua 23/11/1**	**Qua 30/11/16**	**44**
	Reunião	1 dia	Qua 23/11/1	Qua 23/11/16	
	Pesquisa	4 dias	Qua 23/11/1	Seg 28/11/16	
	Elaboração do Relatório	2 dias	Ter 29/11/16	Qua 30/11/16	47
	Entrega do TP7	0 dias	Qua 30/11/1	Qua 30/11/16	
	Apresentação Parcial 2	**2 dias**	**Seg 28/11/1**	**Ter 29/11/16**	

Cronograma

	Elaboração do Relatório	3 dias	Seg 21/11/1	Qua 23/11/16	42
	Entrega do TP6	0 dias	Qua 23/11/1	Qua 23/11/16	43
	Organização da Empresa	**6 dias**	**Qua 23/11/1**	**Qua 30/11/16**	**44**
	Reunião	1 dia	Qua 23/11/1	Qua 23/11/16	
	Pesquisa	4 dias	Qua 23/11/1	Seg 28/11/16	
	Elaboração do Relatório	2 dias	Ter 29/11/16	Qua 30/11/16	47
	Entrega do TP7	0 dias	Qua 30/11/1	Qua 30/11/16	
	Apresentação Parcial 2	**2 dias**	**Seg 28/11/1**	**Ter 29/11/16**	
	Montar a apresentação	1 dia	Seg 28/11/1	Seg 28/11/16	
	Ensaio	1 dia	Ter 29/11/16	Ter 29/11/16	51
	Entrega Final	**21 dias**	**Qua 09/11/1**	**Qua 07/12/16**	
	Elaboração do Relatório Final	**20 dias**	**Qua 09/11/16**	**Ter 06/12/16**	
	Descrição das tecnologias	10 dias	Qua 09/11/1	Ter 22/11/16	
	Gestão da mão de obra	10 dias	Qua 09/11/1	Ter 22/11/16	
	Qualidade	10 dias	Qua 09/11/1	Ter 22/11/16	
	Segurança	10 dias	Qua 09/11/1	Ter 22/11/16	
	Sustentabilidade	10 dias	Qua 09/11/1	Ter 22/11/16	
	Planejamento	7 dias	Qui 24/11/1	Sex 02/12/16	
	Organização da Empresa	7 dias	Qui 24/11/1	Sex 02/12/16	
	Revisões Finais	2 dias	Seg 05/12/1	Ter 06/12/16	55;56;5
	Entrega do Relatório Final	0 dias	Qua 07/12/1	Qua 07/12/16	

Precedência

Precedência

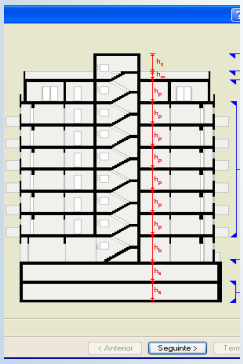
Definição de uma sequência lógica de execução das atividades: a ordem em que ocorrem e as relações de dependência entre elas

Tipos de precedência

- **Física ou natural**
- **Tecnológica**
- **Recursos**
- **Organizativa**

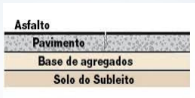
Precedência física ou natural

- Estrutura depende da fundação
- Estrutura: cada pavimento/nível depende do pavimento/nível inferior

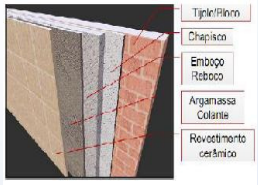


Precedência física ou natural

- Camadas
- Pavimentos/pisos



- Camadas
- Revestimentos



Precedência tecnológica

CA moldado no local
Alvenaria depende da execução e cura da viga acima

CA pré-fabricado
Alvenaria não depende da montagem da viga acima

Precedência por recursos-equipes/equipamentos

1 equipe – alvenaria p.ex.
1 pavimento depende do pavimento inferior

Mais de uma equipe - mais de um pavimento podem ser feitos simultaneamente (portas p.ex.)

Precedência organizativa

Piso x pintura: qual depende de qual?

Precedência – como fazer

- Relacionar as atividades
- Identificar as predecessoras
  - Para fazer cada atividade, de qual(is) ela depende?
- Construir uma tabela de precedência

Exemplo

Código	Atividade	Predecessora
1	A	-
2	B	1
3	C	2
4	D	-
5	E	4
6	F	3;5
7	G	6

•Todas atividades têm que ter predecessoras e sucessoras

•Predecessoras devem ser imediatas ou diretas

•Ex: pintura da parede depende do revestimento da parede, (imediatamente/diretamente)

•Depende também da execução da parede, mas não imediatamente/diretamente (dependência redundante)

•Pode haver mais de uma predecessora para a mesma atividade

•Critério para detalhamento das atividades: durações máximas de 20 dias, mínimas de 2 a 3 dias por atividade.

Exemplo 1

Execução de redes em via pública, com desvio de tráfego

Código	Atividade	Predecessora
A	Sinalização e comunicação	-
B	Implantação do desvio	A
C	Interdição da via	B
D	Execução da obra	C
E	Liberação da via	D
F	Desativação do desvio	E

Exemplo 2

Pintura de um apartamento

Código	Atividade	Predecessora
A	Proteção mobília e pisos	-
B	Reparos áreas secas	A
C	Pintura áreas secas	B
D	Reparos áreas úmidas	A
E	Pintura áreas úmidas	D
F	Limpeza	C;E

Durações

Definições

Duração: tempo de trabalho necessário para se executar uma atividade.

- Considera somente os períodos de tempo efetivamente trabalhados. Não considera períodos de descanso e feriados.
- Em projetos de construção a duração é definida normalmente em dias úteis de trabalho, sendo que cada dia útil corresponde a um período de trabalho definido para o projeto - jornada diária e semanal. Deve obedecer a legislação e as práticas utilizadas nas obras.
- Exemplo: dia de 8 horas de trabalho, das 7:00 às 11:00 e das 12:00 às 16:00 horas, considerando semana de 5 dias úteis de trabalho (2ª. a 6ª. feira).
- Pode ser estabelecido horas extras e trabalho nos finais de semana, de acordo com as necessidades do projeto, considerando a legislação trabalhista e os acréscimo de custos decorrentes.

Definições

Tempo decorrido ou prazo: intervalo de tempo entre a data de início e a data de término da atividade.

- Considera todos os dias decorridos, incluindo dias trabalhados e não trabalhados – descansos semanais e feriados. Também chamado "dias corridos".
- O calendário deve ser configurado com o regime de trabalho adotado e todos os feriados previstos ao longo do projeto.
- A duração pode ser estimada em dias úteis ou em dias corridos, convertendo-se o número de dias corridos para dias úteis.
  - Exemplos:
    - 2 meses para executar as fundações => duração: 40 dias (20 dias úteis /mês)
    - 1 semana para execução de estrutura de pavimento tipo => duração: 5 dias (5 dias úteis/semana)

Cálculo da duração

$$D = Q / (P \times E)$$

- D = Duração (usualmente dias, ou horas)
- Q= quantidade de produto ou serviço a ser realizado (ex: 1.000m2 de alvenaria)
- P = produtividade = quantidade produzida/unidade de tempo por recurso, que pode ser expressa em RUP
- Equipe = quantidade de recursos utilizada; podem ser recursos humanos ou equipamentos. Ex: 4 pedreiros, 5 motoscraipers

Duração – como estimar

Pode ser estimada de duas formas

1. Define-se uma equipe e calcula-se a duração.

   Ex: pavimento tipo de um edifício com 200 m2 de alvenaria, com 4 pedreiros, produtividade 10m2/dia/pedreiro

   D = Q/(PxE) = 200/10x4 = 5 dias

2. Define-se uma duração, calcula-se a equipe e avalia-se se a equipe está compatível – feito na aula de recursos humanos

   Ex: 1000 m2 de alvenaria em 25 dias, produtividade 10m2/dia/pedreiro (ou RUP=0,8h/m2)

   E = Q/(DxP) = 1000/(25x10) = 4 pedreiros (OK)

   Obs: verificar se é possível alocar as pessoas em trechos de serviços. Ex: 1 pano/ambiente de alvenaria por pedreiro.

3. Utilizar como referências de produtividade: TCPO, SINAPI, Badra apud Mattos (2010), disponível em http://www.ebah.com.br/content/ABAAABn3wAJ/tabela-produtividade

Caminho crítico

Caminho crítico

Em um projeto:

- Atividades que têm que ser feitas em **sequência**
- Atividades que podem ser feitas em **paralelo**

Caminho crítico: sequência de atividades que dá o **caminho de maior duração** de execução do projeto; é a que **define o prazo** do projeto

FAZER CAFÉ

FAZER CAFÉ

Caminho crítico - exemplo – trabalho da disciplina

Atividade	Duração (Curta, Média, Longa)
DESCRIÇÃO DAS TECNOLOGIAS	
1.Planejamento	
2.Pesquisa/elaboração do texto	
• 2.1. Infraestrutura	
• 2.2. Estrutura moldada no local	
• 2.3. Estrutura Pré-fabricada	
•2.4. Vedações em alvenaria	
• 2.4. Piso interno	
•2.5. Piso externo	
3.Aprovação do grupo	
4. Formatação final e impressão	

Caminho crítico - cálculo

Cronograma em rede PERT-CPM

- permite o cálculo do caminho crítico e das folgas

Bibliografia:

MATTOS, A. D. Planejamento e controle de obras. Caps. 8 a 10

Slides a seguir – conceitos e exemplo de cálculo

Cronograma do galpão

Trabalho da Disciplina

Cronograma do galpão
Trabalho da Disciplina

Estrutura do cronograma 1º. Nível - Resumo

- Fundações
- Estrutura
- Vedações
- Cobertura
- Piso interno
- Piso externo

Cada nível deve ser aberto em mais níveis, referentes às atividades

Exercício da aula

Fazer a **tabela de precedência das fundações (sapatas e baldrames)** e o cronograma das fundações em barra (Gantt), conforme planilha e roteiro a seguir.

1. **As fundações serão feitas em 3 etapas, para reutilizar as formas 3 vezes. A duração total deve ficar entre 1 e 2 meses.**
   Obs: essa sequência deverá ser feita por todos os grupos, mesmo que tenham adotado fôrmas diferentes como tecnologia.

2. **A tabela modelo já está com códigos, atividades e durações definidas.**
   Devem ser preenchidos: predecessoras, cronograma em barras, em dias úteis (5 dias úteis por semana); identificar o caminho crítico.

Fundações do galpão

Tabela de predecessões e cronograma

EXERCÍCIO - FUNDAÇÕES GALPÃO - TABELA DE PREDECESSÕES E CRONOGRAMA

Grupo		Nota

				Dias úteis																																													
Cód	Atividade	Predecessoras	Durações (d)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
1	**Galpão**																																																		
2	**Fundações**																																																		
3	**Locação**		5																																																
4	**1a. Etapa**																																																		
5	Escavação 1		5																																																
6	Lastro 1		1																																																
7	Forma 1		3																																																
8	Armação 1		3																																																
9	Concretagem 1		1																																																
10	Imperm. e reaterro 1		4																																																
11	**2a. Etapa**																																																		
12	Escavação 2		5																																																
13	Lastro 2		1																																																
14	Forma 2		3																																																
15	Armação 2		3																																																
16	Concretagem 2		1																																																
17	Imperm. e reaterro 2		4																																																
18	**3a. Etapa**																																																		
19	Escavação 3		5																																																
20	Lastro 3		1																																																
21	Forma 3		3																																																
22	Armação 3		3																																																
23	Concretagem 3		1																																																
24	Imperm. e reaterro 3		4																																																
25	**Estrutura**																																																		
	Vedações																																																		
	Cobertura																																																		
	Piso interno																																																		
	Piso externo																																																		

Para o trabalho da disciplina – próxima entrega TP 7 – planejamento da execução.

- WBS/EAP do galpão
- Cronograma completo do galpão, no MSProject.
  - Obs: para as duas alternativas de estrutura
- Orientação para MSProject – ver videoaulas

Orientação para o cronograma – TP7
Estrutura moldada no local

A estrutura deverá ser executada em 3 níveis, um de cada vez.

Os níveis são as alturas das vigas e, consequentemente, dos pilares: 3,50m, 7,0m e 9,0 m de altura.

Assim como as fundações são executadas em 3 etapas, para reutilizar a mesma forma 3 vezes, conforme feito em aula, cada nível da estrutura também deverá ser feito em 3 etapas, totalizando 9 reutilizações das formas. Atenção que são somente vigas e pilares, não tem laje.

Foram postados os links para as videoaulas que devem ser vistas para elaboração do cronograma no MSProject.

Orientação para o cronograma – TP7

Cobertura e piso interno: considerar 2 meses de duração total, após alvenaria.

Estrutura pré-moldada e em aço: considerar duração total 2 meses.

Cálculo das durações das atividades do Trabalho da disciplina – orientação geral

- Definir as atividades
- Para **cada atividade**, definir uma **duração inicial**
- Calcular as **quantidades** a serem executadas para a atividade.
- Definir uma **produtividade média** utilizando os conteúdos vistos na aula de mão-de-obra. Podem ser utilizadas como referência as tabelas de produtividade apresentadas em Mattos (2010), ou link abaixo, ou outras fontes (TCPO).
  http://www.ebah.com.br/content/ABAAABn3wAJ/tabela-produtividade
- Dimensionar uma equipe, conforme visto na aula de mão-de-obra.
- Avaliar se as equipes e os prazos estão **compatíveis**; se necessário, ajustá-los.
- Exemplo a seguir.

Cálculo das durações das atividades – orientação geral

Exemplo: escavação de valas

- Quantidade: 250 m^3
- Duração estimada inicialmente: 1 mês ~ 20 dias úteis
- Produtividade : 2 m^3/dia por servente
- Cálculo da equipe: 250/20/2 = 6 a 7 serventes; OK; adotar 20 dias. Se der uma equipe muito grande (15 a 20 serventes), é porque a duração estava muito curta; se der o contrário (2 serventes), é porque estava muito longa.
- Como critério para tamanho de equipes, procure alocar os profissionais cada um em um trecho do trabalho a ser feito. No caso, 1 servente por trecho de vala.

Observações:

- Usar como critério inicial para detalhamento das atividades: durações máximas de 20 dias, mínimas de 2 a 3 dias por atividade.
- No Project entrar sempre com durações em dias úteis.
- Para pré-moldados, estrutura metálica ou outras atividades para as quais não houver referências de produtividade na bibliografia, pesquisar ou consultar fornecedores.

Rede PERT/CPM

Cronograma de obras - as técnicas – relembrando

Cronograma de obras - as técnicas

- **Gantt (barras)**
- **Redes PERT/CPM**
- **Diagrama tempo/caminho; linha de balanço**

Gantt- Cronograma de barras - relembrando

- **Associa a duração da atividade a uma barra estendida no tempo**

- **Origem**: início do Séc. XX – inventado por Gantt, eng. assistente de Taylor

- **Vantagem:** simplicidade e facilidade de comunicação

- **Desvantagens:**
  - não captura as relações de dependência entre as atividades
  - não possibilita o cálculo do caminho crítico
  - replanejamento tem que ser feito manualmente
  - pode ficar inviável para muitas atividades (>50)
  - dificulta detalhamento
- **É utilizada como representação dos cronogramas em rede**

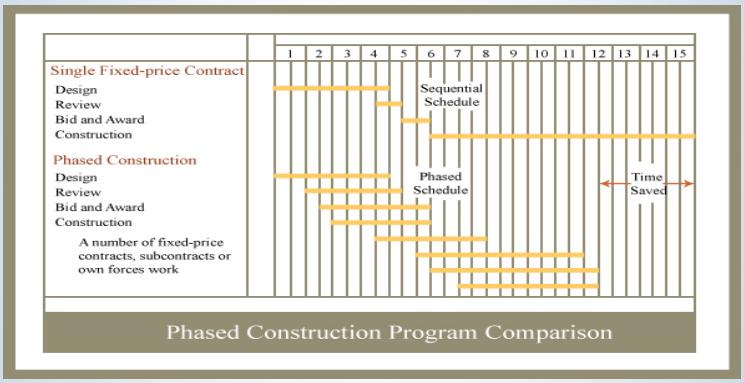
Gantt- Cronograma de barras

The Life Cycle of a Construction Project

Phase \ Time	Year 1	Year 2	Year 3	
1. Concept and Feasibility Studies				
2. Engineering and Design				
3. Procurement				
4. Construction				
5. Start-up and Implementation				
6. Operation or Utilization				

Fonte: HENDRICKSON;AU, 1989

Gantt- Cronograma de barras

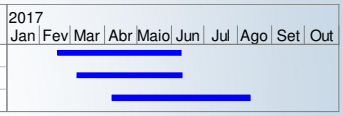


Fonte: HENDRICKSON;AU, 1989

Cronograma de Barras – limitação: não incorpora a precedência entre as atividade

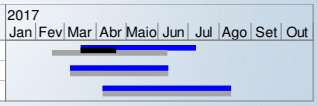
Planejado

Id	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
1	Azulejos	80 dias	17/02/17	08/06/17	
2	Forro de Gesso	70 dias	06/03/17	09/06/17	
3	Pisos Cerâmicos	90 dias	07/04/17	10/08/17	



Acompanhado

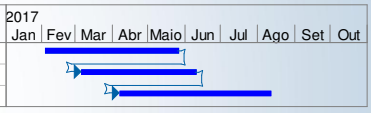
Id	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	% concluída	Predecessoras
1	Azulejos	80 dias	17/03/17	06/07/17	30%	
2	Forro de Gesso	70 dias	06/03/17	09/06/17	0%	
3	Pisos Cerâmicos	90 dias	07/04/17	10/08/17	0%	



Cronograma em rede PERT-CPM: replanejamento é automatizado e feito a qualquer momento

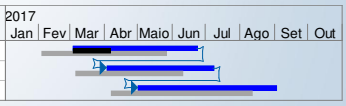
Planejado

Id	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
1	Azulejos	80 dias	03/02/17	25/05/17	
2	Forro de Gesso	70 dias	06/03/17	09/06/17	1TI-60 dias
3	Pisos Cerâmicos	90 dias	07/04/17	10/08/17	2TI-50 dias



Acompanhado

Id	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	% concluída	Predecessoras
1	Azulejos	80 dias	03/03/17	22/06/17	30%	
2	Forro de Gesso	70 dias	03/04/17	07/07/17	0%	1TI-60 dias
3	Pisos Cerâmicos	90 dias	01/05/17	01/09/17	0%	2TI-50 dias



Rede PERT-CPM

•Desenvolvida nos anos 50 e 60 (EUA)

•Inicialmente **PERT** (*Program Evaluation and Review Technique*) – 1957

- Marinha norte-americana - Projeto Polaris
- 10.000 empresas, 70.000 componentes
- metas alcançadas antes do prazo previsto.
- **duração das atividades**: definidas pelos fornecedores; critério **probabilístico**

Rede PERT-CPM

•Na mesma época foi desenvolvido pela Dupont o **CPM (*Critical Path Method***)– Método do Caminho Crítico

•Mesma técnica da rede PERT, porém **inovou na duração das atividades** – duração **determinística** com base em projetos anteriores; identificação do caminho crítico

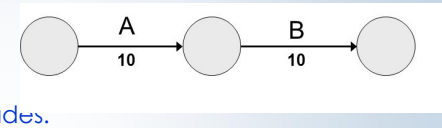
•As duas técnicas **foram fundidas** => PERT/CPM

•Maior limitador inicialmente: custo de processamento (rede de 150 atividades => 300 horas de computador de grande porte)

A partir dos anos 80: generalizou-se graças ao uso dos microprocessadores

Rede PERT-CPM

Arranjo gráfico caracterizado por:



- **Flechas** representando as atividades.

  Têm orientação início-término e duração.

  A duração não tem relação com seu tamanho

- **Nós**, representados por círculos, representando eventos instantâneos de término ou início de uma atividade. Não tem duração.

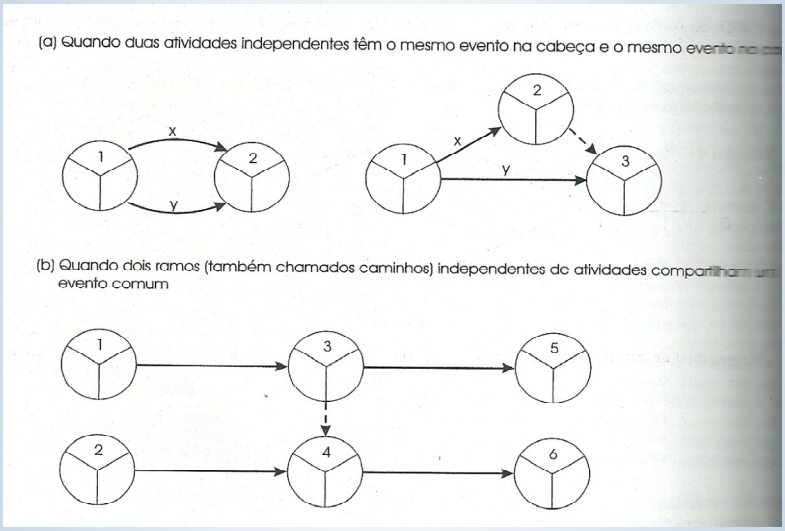
•A rede é montada a partir de um início, dispondo as flechas segundo a dependência de cada atividade.

•Cada atividade tem uma ou mais predecessoras das quais depende.

•O nó de término de uma atividade é o mesmo nó de início de outra atividade.

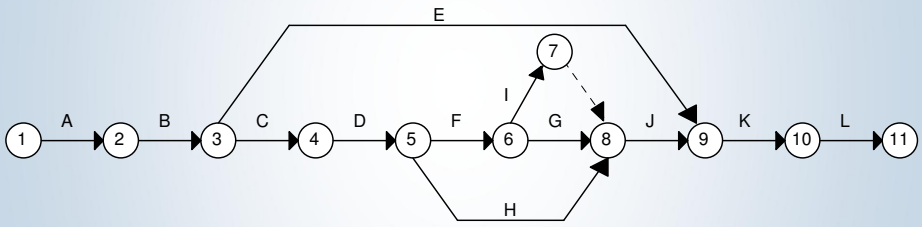
•Duas atividades não podem ter os mesmos eventos de início e término

Atividades mudas ou fictícias



Fonte: SLACK, 1997

Rede de um projeto



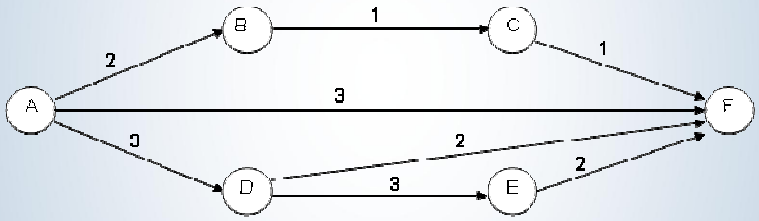
Rede PERT/CPM

Em resumo

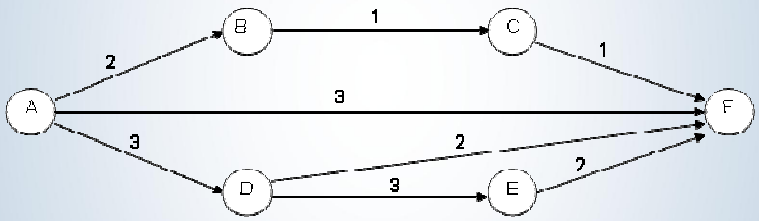
- a obra é decomposta em atividades
- cada atividade tem suas atividades predecessoras definidas
- cada atividade tem uma duração determinada
- as atividades são dispostas segundo suas precedências e seguindo uma sequência visual
- a rede é calculada

- Cálculo da rede: exemplo

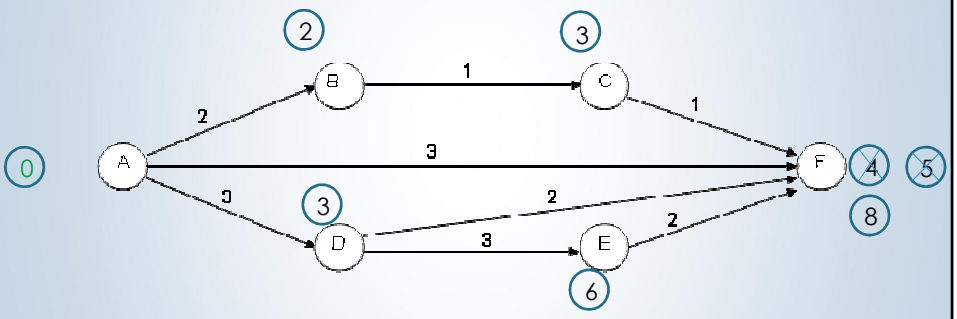
Atividades e suas durações (dias)



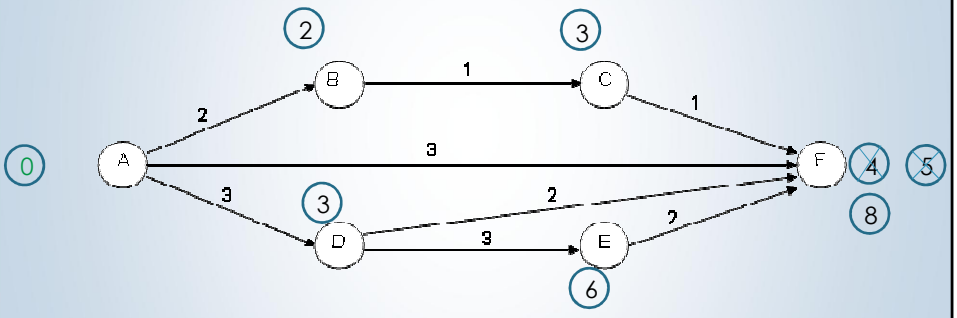
Datas mais cedo dos eventos (nós)?



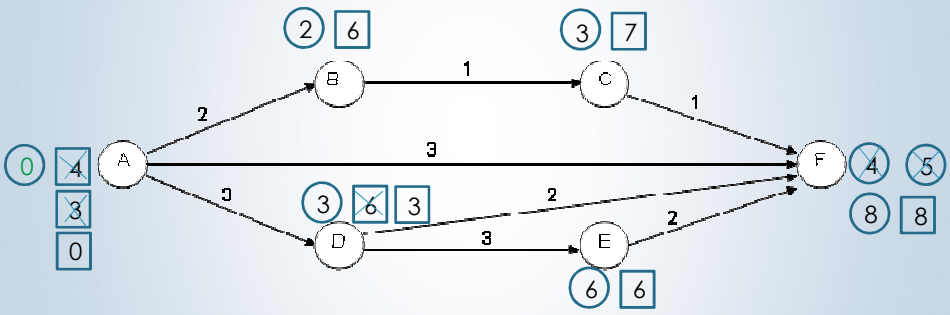
Datas mais cedo dos eventos



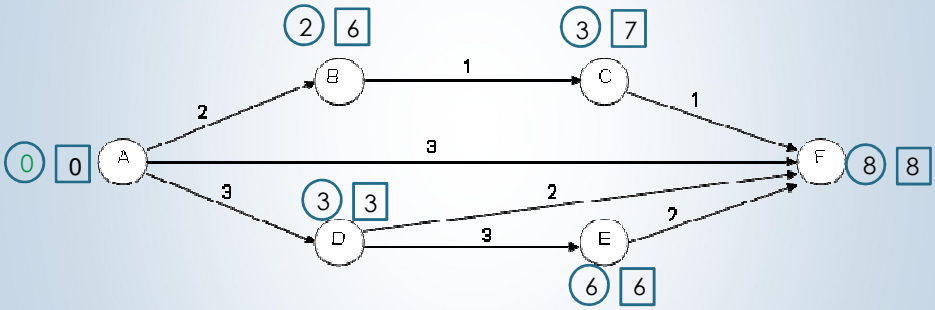
Datas mais tarde dos eventos?



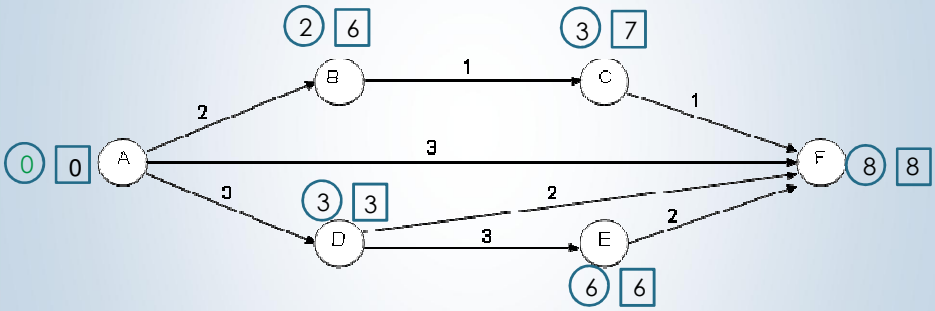
Datas mais tarde dos eventos



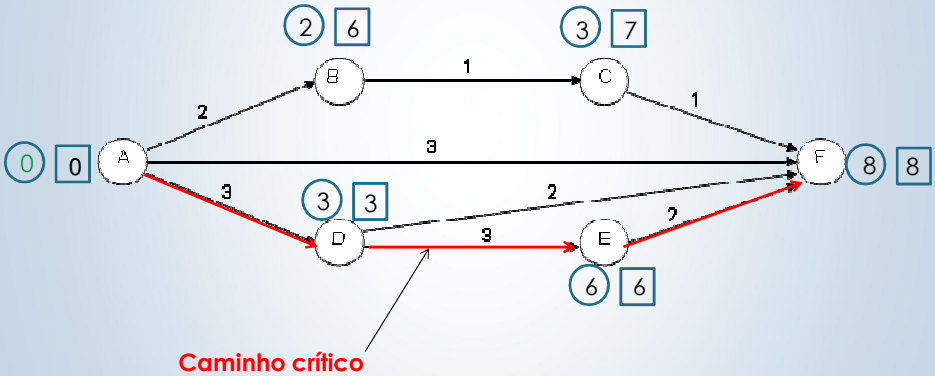
Datas mais cedo e mais tarde dos eventos



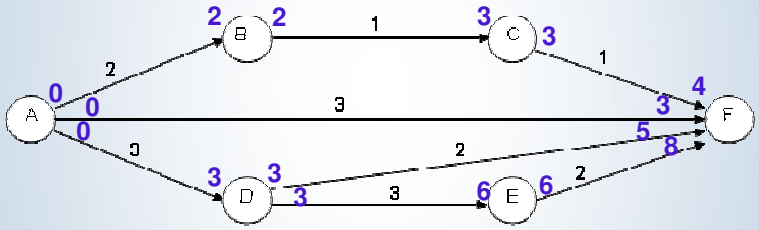
Qual é o caminho crítico?



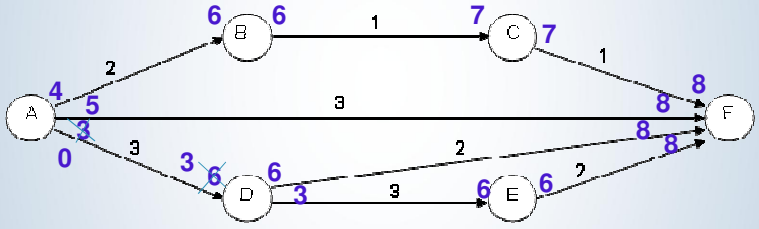
Datas mais cedo e mais tarde dos eventos



Início mais cedo e fim mais cedo das atividades



Fim mais tarde e início mais tarde das atividades



Cálculo das folgas

Folga total

- atraso que uma atividade pode ter sem atrasar o projeto

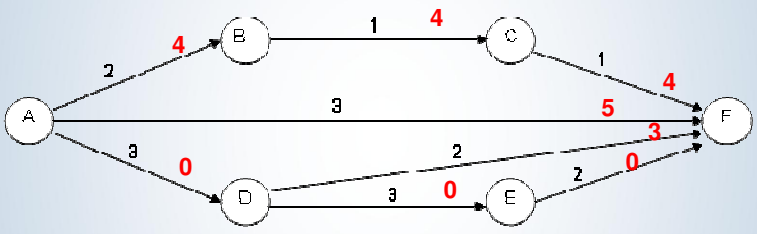
= (data + tarde do evento término) – (fim + cedo da atividade)

Folga livre

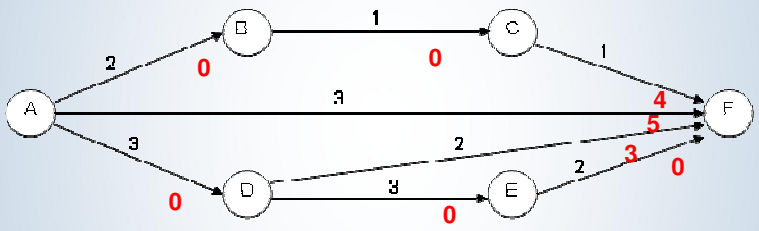
- atraso que uma atividade pode ter sem atrasar nenhuma outra atividade do projeto

=(data + cedo do evento término) – (fim + cedo da atividade)

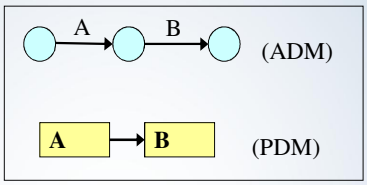
Folga total



Folga livre



Rede PDM



Representação ADM (*Arrow Diagramming Method*) - "Método das Flechas": criada originalmente

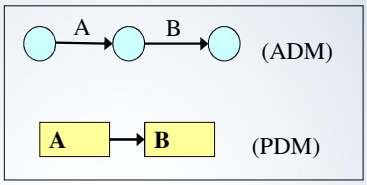
Posteriormente,

Representação PDM (*Precedence Diagramming Method*) - "Método dos Blocos".

Onde na ADM é nó, no PDM é flecha.

Onde no ADM é flecha, no PDM é nó.

Rede PDM

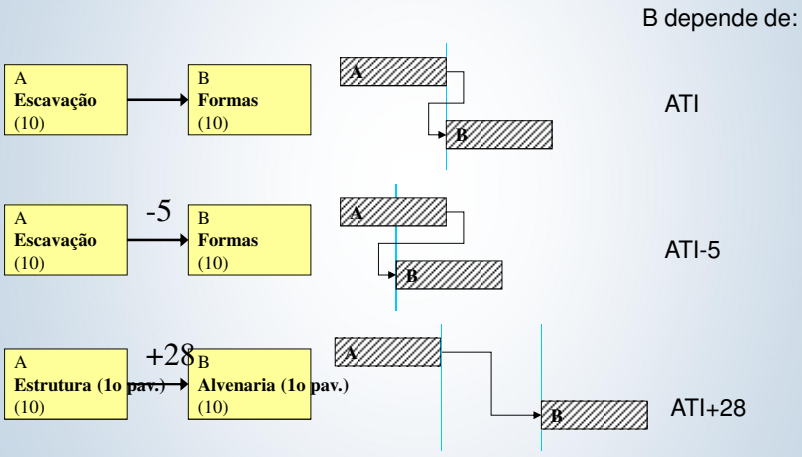


Vantagens do PDM

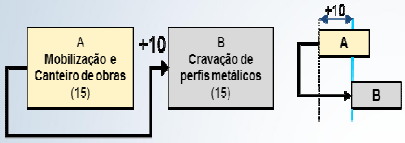
- Liberdade para se alterar as ligações entre as atividades, sem alterar a configuração da rede
- Liberdade para **criar mais tipos de ligações**:
  - Início X dias após o término da anterior
  - Início Y dias antes do término da anterior

  e também:
  - Início-a-início (II) - uma tarefa só pode iniciar após o início da outra
  - Término-a-término (TT) - uma tarefa só pode terminar após o término da outra
  - Início-a-término (IT) - uma tarefa só pode terminar após o início da outra (improvável na natureza)

Ligações término-início (TI), com e sem espera



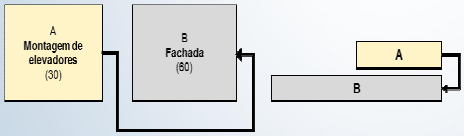
Ligação início-início (II), com espera



B depende de:

AII+10

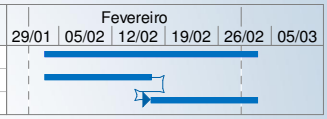
Ligação término-término (TT), sem espera



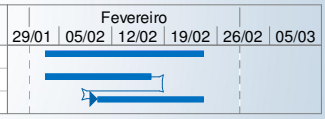
ATT

Ligações término-início (TI), com e sem espera

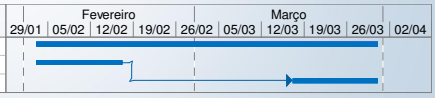
Id	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
1	**Fundações**	**20 dias**	**03/02/17**	**02/03/17**	
2	Escavação	10 dias	03/02/17	16/02/17	
3	Forma	10 dias	17/02/17	02/03/17	2



Id	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
1	**Fundações**	**15 dias**	**03/02/17**	**23/02/17**	
2	Escavação	10 dias	03/02/17	16/02/17	
3	Forma	10 dias	10/02/17	23/02/17	2TI-5 dias

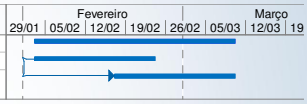


Id	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
1	**Estrutura e alvenaria**	**40 dias**	**03/02/17**	**30/03/17**	
2	Estrutura 1	10 dias	03/02/17	16/02/17	
3	Alvenaria 1	10 dias	17/03/17	30/03/17	2TI+28 diasd



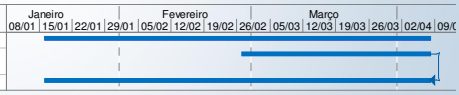
Ligação início-início (II), com espera

Id	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
1	**Início de obra**	**25 dias**	**03/02/17**	**09/03/17**	
2	Canteiro	15 dias	03/02/17	23/02/17	
3	Cravação de perfis	15 dias	17/02/17	09/03/17	2II+10 dias



Ligação término-término (TT), sem espera

Id	Nome da tarefa	Duração	Início	Término	Predecessoras
1	**Término de fachada**	**60 dias**	**16/01/17**	**07/04/17**	
2	Montagem de elevadores	30 dias	27/02/17	07/04/17	
3	Fachada	60 dias	16/01/17	07/04/17	2TT



Rede PDM

É a utilizada pelos programas informatizados