



SOCIEDADE EDUCACIONAL DE SANTA CATARINA – SOCIESC
INSTITUTO SUPERIOR TUPY – IST



BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

**PROGRAMAÇÃO MATEMÁTICA APLICADA À GERAÇÃO DE
ESTIMATIVAS EM GERENCIAMENTO DE PROJETOS**

Acadêmico: Marcio Briesemeister

Orientador: Prof. Dr. Milton Procópio de Borba

Programação matemática aplicada ao gerenciamento de projetos

Desenvolvimento de um modelo de aplicação da programação matemática para a geração de estimativas de tempo e custo, utilizando dados históricos de projetos de um departamento de engenharia de produto de uma fabricante de carrocerias de ônibus.

Dificuldade em estabelecer um cronograma realista para a execução de projetos de carrocerias de ônibus

- **Produto sob encomenda;**
- **Não são utilizadas informações históricas de projetos;**
- **Elevado índice de retrabalho.**

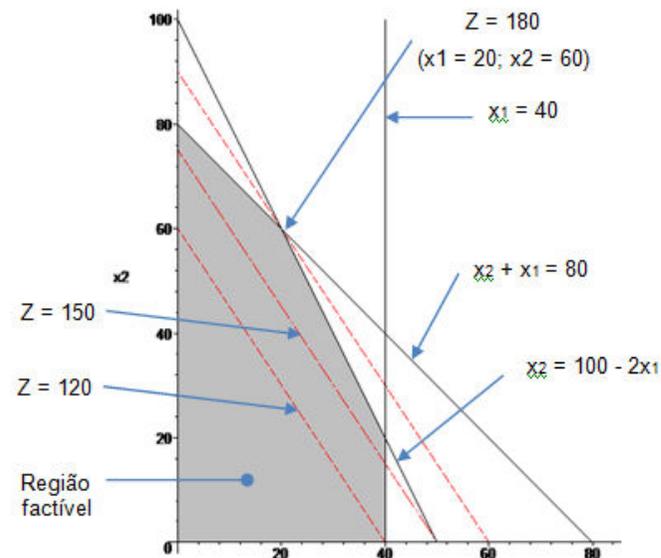


- **Converter informações históricas em conhecimento;**
- **Estabelecer um cronograma realista para o cumprimento do projeto;**
- **Gerenciamento efetivo dos recursos humanos empregados;**
- **Previsão realista dos gastos empregados com recursos;**
- **Redução dos retrabalhos com projetos.**

“Estimativas de tempo e custo com qualidade são a base do controle do projeto. Experiências anteriores são o melhor ponto de partida para essas estimativas”. (GRAY e LARSON, 2009, p. 135)

“Em linhas gerais, a programação linear trata do problema de alocação ótima de recursos escassos para a realização de atividades”. (COLIN, 2007, p. 5)

Propor um modelo de programação matemática aplicada à geração de estimativas em gerenciamento de projetos.



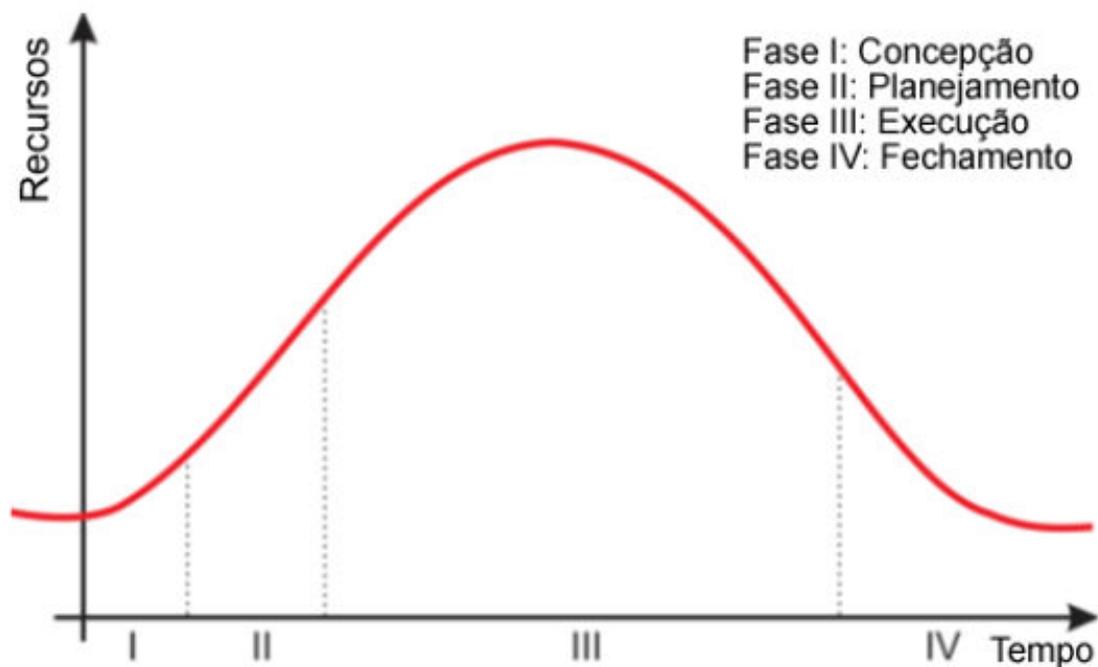
Fonte: Adaptado de Colin (2007, p. 25)

- **Demonstrar a melhor alocação de recursos nas diversas tarefas que compõe o projeto;**
- **Estimar o tempo total para a finalização do projeto;**
- **Determinar a probabilidade de se cumprir o prazo inicialmente estimado;**
- **Estimar custo total para a conclusão do projeto.**

Definição de projeto:

“Um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. A sua natureza temporária indica um início e um término definidos”. (PMBOK, 2008, p. 11)

Ciclo de vida de um projeto:



Fonte: Apostila de Gerenciamento de Projetos - SOCIESC

Grupos do PMBOK:



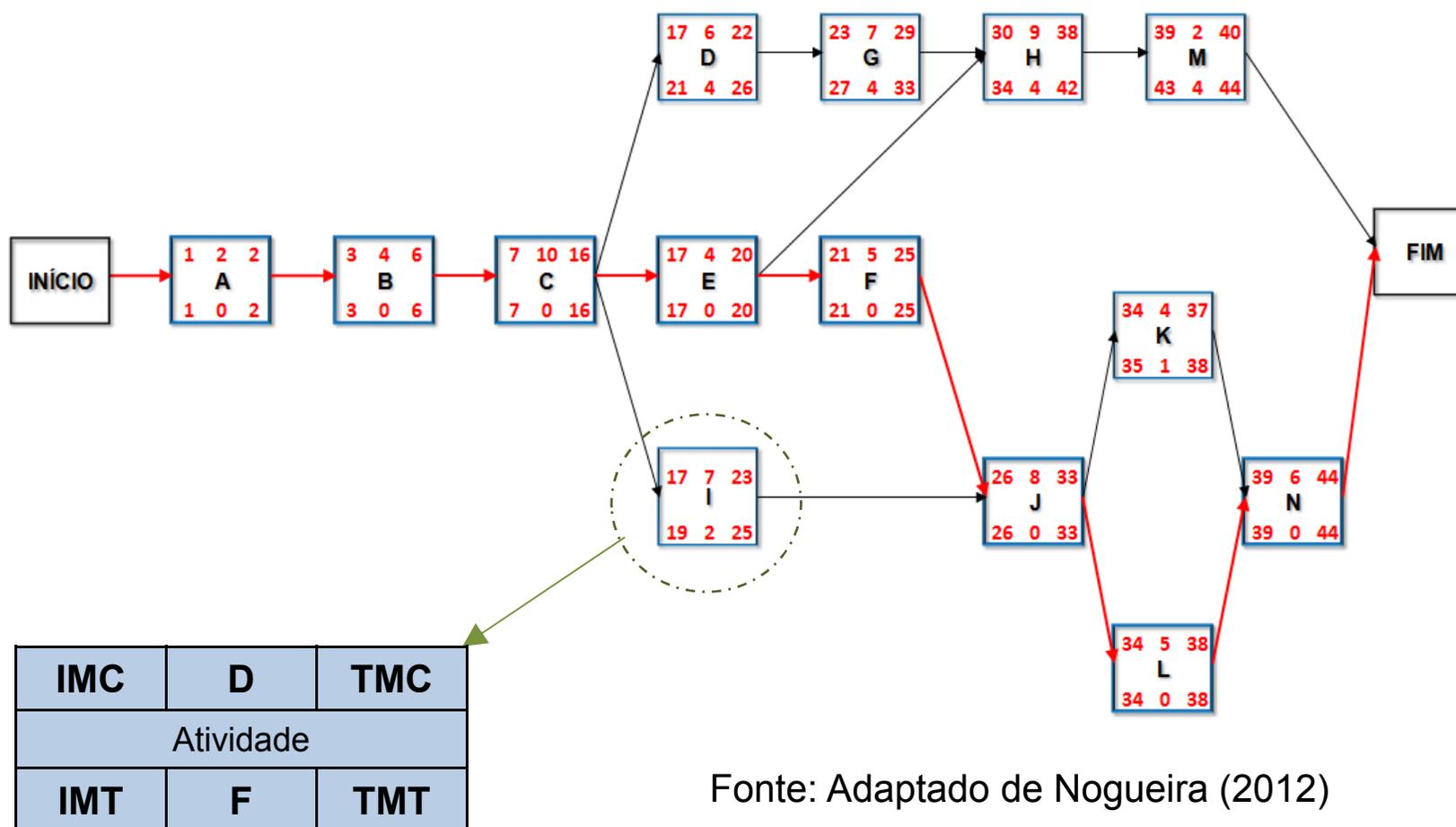
Fonte: Adaptado de PMBOK (2008, p. 12)

Tripla Restrição no Gerenciamento de Projetos:



Fonte: Corrêa (2012, p. 27)

PERT-CPM



Fonte: Adaptado de Nogueira (2012)

Programação linear:

$$\text{Max (ou Min) } Z = c_1x_1 + c_2x_2 + c_3x_3 \dots + c_nx_n$$

-função objetivo

$$\text{Sujeito a: } a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + a_{13}x_3 + \dots + a_{1n}x_n \leq (\text{ou } \geq) b_1$$

- restrições

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + a_{23}x_3 + \dots + a_{2n}x_n \leq (\text{ou } \geq) b_2$$

$$a_{31}x_1 + a_{32}x_2 + a_{33}x_3 + \dots + a_{3n}x_n \leq (\text{ou } \geq) b_3$$

...

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + a_{m3}x_3 + \dots + a_{mn}x_n \leq (\text{ou } \geq) b_m$$

$$x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, \dots, x_n \geq 0$$

- condição de não negatividade

Termos	Significado
$x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$	Variáveis de decisão
$a_{11}, a_{12}, a_{13}, \dots, a_{mn}$	Coefficientes das variáveis
$b_1, b_2, b_3, \dots, b_m$	Termos independentes que representam os recursos disponíveis
$c_1, c_2, c_3, \dots, c_n$	Coefficientes da função objetivo

Fonte: Adaptado de Passos (2008)

Programação não linear:

$$\text{Max (ou Min) } Z = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

-função objetivo

$$\text{Sujeito a: } g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq (\text{ou } \geq) b_1$$

$$g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq (\text{ou } \geq) b_2$$

⋮

$$g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq (\text{ou } \geq) b_m$$

- restrições

- condição de não negatividade

Fonte: (COLIN, 2007, p. 301).

Características da pesquisa:

- Bibliográfica e teórica;
- Documental.



Etapas de estudo de um problema de PO:

Identificação ou determinação do problema

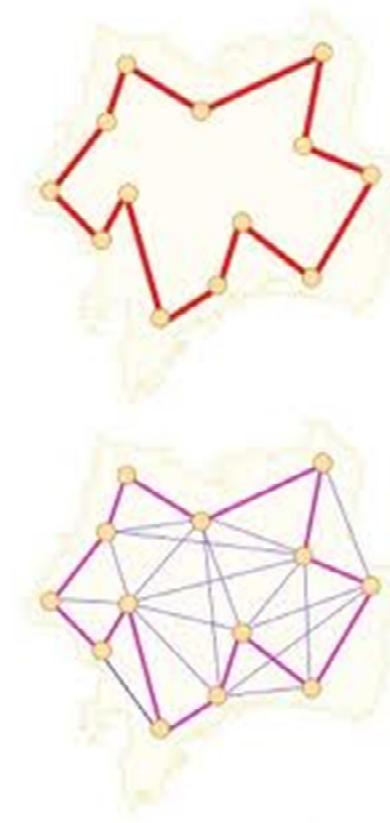
Estudo do problema

Construção do modelo

Resolução do modelo

Validação do modelo

Implementação do modelo



Informações Históricas

Tarefas		Abrev.	Predec.	Variáveis						
1	ESTUDO 1	A	INÍCIO	Recurso	R1	R2	R3	R4		
				Tempo médio	29	31	30	32		
				Variância	8,41	9,61	9	10,24		
2	ESTUDO 2	B	A	Recurso	R1	R2	R3	R4		
				Tempo médio	29	31	30	32		
				Variância	8,41	9,61	9	10,24		
3	ESTUDO 3	C	B	Recurso	R1	R2	R3	R4		
				Tempo médio	29	31	30	32		
				Variância	8,41	9,61	9	10,24		
4	PROTÓTIPO	D	C	Recurso	R5					
				Tempo médio	50					
				Variância	25					
5	BASE DIANTEIRA SUPERIOR	E	A	Recurso	R6	R7				
				Tempo médio	25	24				
				Variância	6,25	5,76				
6	BASE DIANTEIRA INFERIOR	F	A	Recurso	R2	R6				
				Tempo médio	23	21				
				Variância	5,29	4,41				
7	EST. BASE	G	A	Recurso	R3	R4	R6	R7	R8	
				Tempo médio	26	19	28	23	22	
				Variância	6,76	3,61	7,84	5,29	4,84	
8	MONT. BASE	H	A	Recurso	R3	R4	R6	R7	R8	
				Tempo médio	21	20	19	23	22	
				Variância	4,41	4	3,61	5,29	4,84	

Fonte: O autor (2012)

Informações Históricas (continuação)

34	PREP. CALEFAÇÃO	AH	INÍCIO	Recurso	R22	R23	R26			
				Tempo médio	21	18	22			
				Variância	4,41	3,24	4,84			
35	INST. CALEFAÇÃO	AI	AC	Recurso	R21	R22	R23	R25		
				Tempo médio	21	18	22	25		
				Variância	4,41	3,24	4,84	6,25		
36	MONT. HIDROPNEUMÁTICA	AJ	B	Recurso	R22	R23	R25	R26		
				Tempo médio	21	18	22	19		
				Variância	4,41	3,24	4,84	3,61		
37	ESQ. REPOS. TQ AR	AK	B	Recurso	R21	R22	R23			
				Tempo médio	18	22	19			
				Variância	3,24	4,84	3,61			
38	MONT. CHICOTES	AL	B	Recurso	R27	R28				
				Tempo médio	18	22				
				Variância	3,24	4,84				
39	MONT. PAINEL INSTRUMENTOS	AM	INÍCIO	Recurso	R27	R28				
				Tempo médio	22	19				
				Variância	4,84	3,61				
40	MONT. CENTRAL ELÉTRICA	A N	A	Recurso	R27	R28				
				Tempo médio	22	19				
				Variância	4,84	3,61				
41	MONT. CABOS BATERIAS	AO	B	Recurso	R27	R28				
				Tempo médio	18	19				
				Variância	3,24	3,61				
42	MONT. MÓDULOS ELETRÔN.	AP	INÍCIO	Recurso	R27	R28				
				Tempo médio	18	19				
				Variância	3,24	3,61				

Fonte: O autor (2012)

Informações Históricas (continuação)

- Retirada do banco de dados de uma fabricante de carrocerias de ônibus;
- Não foi possível extrair o tempo médio de execução de cada tarefa;
 - Informação inexistente em muitos registros;
 - Informação adicionada pelo sistema que não representava o tempo de execução, mas sim, a diferença do tempo de início e término.
- Optou-se em atribuir os tempos médios de execução em cada tarefa e um desvio padrão de 10% em relação à média.

Construção do Modelo

1 - Planilhamento dos Caminhos da Rede no MS Excel

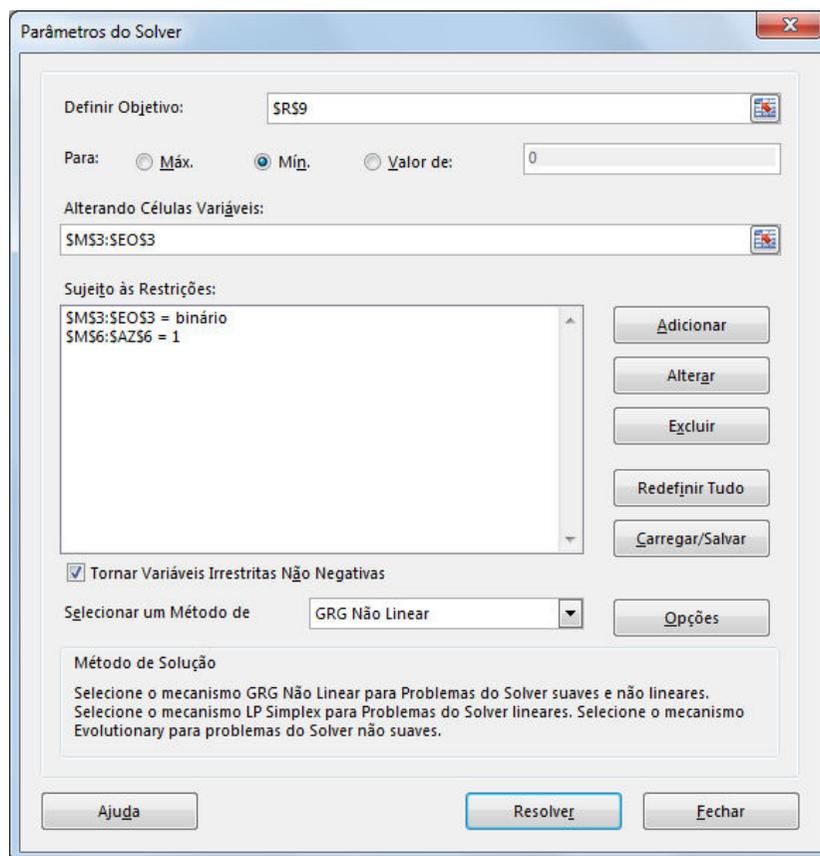
INÍCIO	A	A N	FIM			
INÍCIO	A	AC	FIM			
INÍCIO	A	E	FIM			
INÍCIO	A	J	S	FIM		
INÍCIO	A	K	S	FIM		
INÍCIO	A	B	AL	FIM		
INÍCIO	A	B	AO	FIM		
INÍCIO	A	B	AJ	FIM		
INÍCIO	A	B	AK	FIM		
INÍCIO	A	B	AF	FIM		
INÍCIO	A	B	L	FIM		
INÍCIO	A	B	C	M	Q	FIM

Total de caminhos = 36

Fonte: O autor (2013)

Construção do Modelo

2- Resolução do Modelo:



Parâmetros do Solver

Definir Objetivo: SR\$9

Para: Máx. Mín. Valor de: 0

Alterando Células Variáveis: SMS3:SEOS3

Sujeito às Restrições:

SMS3:SEOS3 = binário
SMS6:SAZ\$6 = 1

Tornar Variáveis Irrestritas Não Negativas

Selecionar um Método de GRG Não Linear

Método de Solução

Selecione o mecanismo GRG Não Linear para Problemas do Solver suaves e não lineares.
Selecione o mecanismo LP Simplex para Problemas do Solver lineares. Selecione o mecanismo Evolutionary para problemas do Solver não suaves.

Ajuda Resolver Fechar

Construção do Modelo

2 - Resolução do Modelo

2.1 - Atribuição dos recursos

VAR.A : X ✓ fx =M3*E4+N3*F4+O3*G4+P3*H4																																
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y							
1																																
2	Tarefas	Abreviação	Predecessora	Recursos								A, B e C				D	E		F		G											
3	ESTUDO 1	A	INÍCIO	R1	R2	R3	R4										1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0			
4			Média	29	31	30	32										R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R2	R6	R3	R4	R6	R7			
5	ESTUDO 2	B	A	R1	R2	R3	R4										A	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O			
6			Média	29	31	30	32										1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
7	ESTUDO 3	C	B	R1	R2	R3	R4										Tempo total:		Caminho crítico													
8			Média	29	31	30	32										2442	137														
9	PROTÓTIPO	D	C	R5																												
10			Média	50																												
11	BASE DIANTEIRA SUPERIOR	E	A	R6	R7																											
12			Média	25	24																											
13	BASE DIANTEIRA INFERIOR	F	A	R2	R6																											
14			Média	23	21																											
15	EST. BASE	G	A	R3	R4	R6	R7	R8																								
16			Média	26	19	28	23	22																								

CAMINHOS DA REDE									
INÍCIO	1	=M3	29	30	19	48	FIM		
	A		A N						
	1	0	29	119	89	137			

Fonte: O autor (2013)

Construção do Modelo

2 - Resolução do Modelo

2.2 - Resultado da atribuição dos recursos

Tarefas:	A, B e C				D	E			F				G				H				I				J		
Var. Decisão:	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Recursos:	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R2	R6	R3	R4	R6	R7	R8	R3	R4	R6	R7	R8	R3	R6	R7	R8	R12	R3	R7	R9

Tarefas:	K			L				M					N				O			P			Q				
Var. Decisão:	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
Recursos:	R2	R7	R9	R6	R7	R8	R13	R6	R7	R8	R10	R11	R12	R6	R8	R9	R13	R6	R8	R10	R6	R7	R12	R6	R8	R10	R11

Tarefas:	R				S					T			U			V			W				X		Y										
Var. Decisão:	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Recursos:	R3	R7	R8	R9	R10	R6	R7	R9	R10	R14	R15	R16	R14	R15	R16	R14	R15	R16	R6	R8	R9	R10	R12	R1	R12	R14	R15	R17	R18						

Tarefas:	Z			AA	AB	AC					AD			AE			AF				AG				AH											
Var. Decisão:	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
Recursos:	R14	R15	R16	R19	R19	R20	R21	R22	R23	R24	R25	R22	R23	R26	R22	R23	R26	R21	R22	R23	R24	R25	R22	R23	R24	R25	R22	R23	R24	R26	R22	R23	R26			

Tarefas:	AI				AJ				AK			AL	AM	AN		AO	AP		
Var. Decisão:	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	
Recursos:	R21	R22	R23	R25	R22	R23	R25	R26	R21	R22	R23	R27	R28	R27	R28	R27	R28	R27	R28

Fonte: O autor (2013)

Construção do Modelo

2 - Resolução do Modelo:

2.3 - Resultado da seleção dos tempos

10	INÍCIO	29	29	18	FIM	76		
	A	B	AF					
11	INÍCIO	29	29	15	FIM	73		
	A	B	L					
12	INÍCIO	29	29	29	18	18	FIM	123
	A	B	C	M	Q			
13	INÍCIO	29	29	29	18	FIM	105	
	A	B	C	N				
14	INÍCIO	29	29	29	18	FIM	105	
	A	B	C	O				
15	INÍCIO	29	29	29	18	FIM	105	
	A	B	C	Z				
16	INÍCIO	29	29	29	18	18	FIM	123
	A	B	C	AB	AI			
17	INÍCIO	29	29	29	18	FIM	105	
	A	B	C	AD				
18	INÍCIO	29	29	29	18	FIM	105	
	A	B	C	AE				
19	INÍCIO	29	29	29	50	FIM	137	
	A	B	C	D				
20	INÍCIO	29	29	29	18	FIM	105	
	A	B	C	R				
21	INÍCIO	29	29	29	15	FIM	102	
	A	B	C	L				

Fonte: O autor (2013)

Construção do Modelo

2 - Resolução do Modelo:

2.4 - Variáveis de folga (IMC e IMT)

Atividade	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
IMC	1	30	59	88	30	30	30	30	59	30	30	88	88	88	88	84	106	88	49	30	30
IMT	1	30	59	88	114	117	119	119	94	101	101	123	102	120	120	119	120	120	120	120	120

Atividade	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP
IMC	30	1	59	1	88	1	88	30	88	88	59	1	1	106	59	59	59	1	30	59	1
IMT	120	120	123	120	120	115	102	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	119	119	120	120

Fonte: O autor (2013)

Validação do Modelo

1 - Gráfico de Gantt

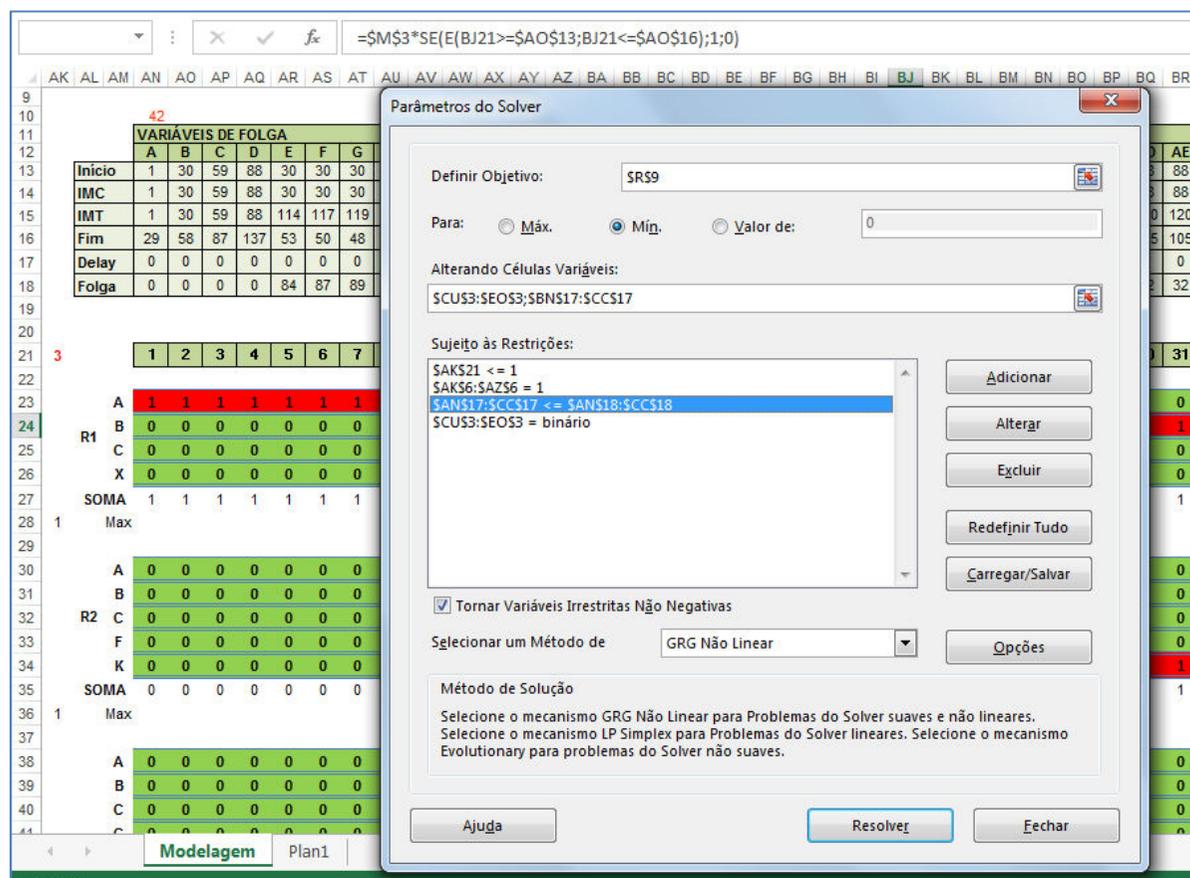
VAR.A : X ✓ fx = \$B\$8*SE(E(AN21>=\$BP\$13;AN21<=\$BP\$16);1;0)

	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1																
8																															
9																															
10																															
11																															
12																															
13																															
14																															
15																															
16																															
17																															
18																															
19																															
20																															
21																															
22																															
182																															
183	AC	1;0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
184	AD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
185	AE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
186	AF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
187	R23 AG	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
188	AH	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
189	AI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
190	AJ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
191	AK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
192	SOMA	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Fonte: O autor (2013)

Validação do Modelo

2 - Restrições de folga



Parâmetros do Solver

Definir Objetivo:

Para: Máx. Mín. Valor de:

Alterando Células Variáveis:

Sujeito às Restrições:

- \$A\$21 <= 1
- \$A\$6:\$A\$6 = 1
- \$A\$17:\$C\$17 <= \$A\$18:\$C\$18**
- \$C\$3:\$E\$3 = binário

Tornar Variáveis Irrestritas Não Negativas

Selecionar um Método de:

Método de Solução

Selecione o mecanismo GRG Não Linear para Problemas do Solver suaves e não lineares. Selecione o mecanismo LP Simplex para Problemas do Solver lineares. Selecione o mecanismo Evolutionary para problemas do Solver não suaves.

Ajuda Resolver Fechar

Validação do Modelo

3 - Resultado do Solver

- Embora matematicamente e logicamente o modelo estivesse resolvido, infelizmente o Solver não conseguiu encontrar uma solução viável para o problema, mesmo com um diagrama reduzido;
- Através do método *evolutionary*, conhecido também como algoritmo genético, o Solver não conseguiu encontrar um ponto para o qual todas as restrições fossem satisfeitas;
- Com o método GRG, após um longo tempo de processamento, o Solver não encontrou uma solução viável

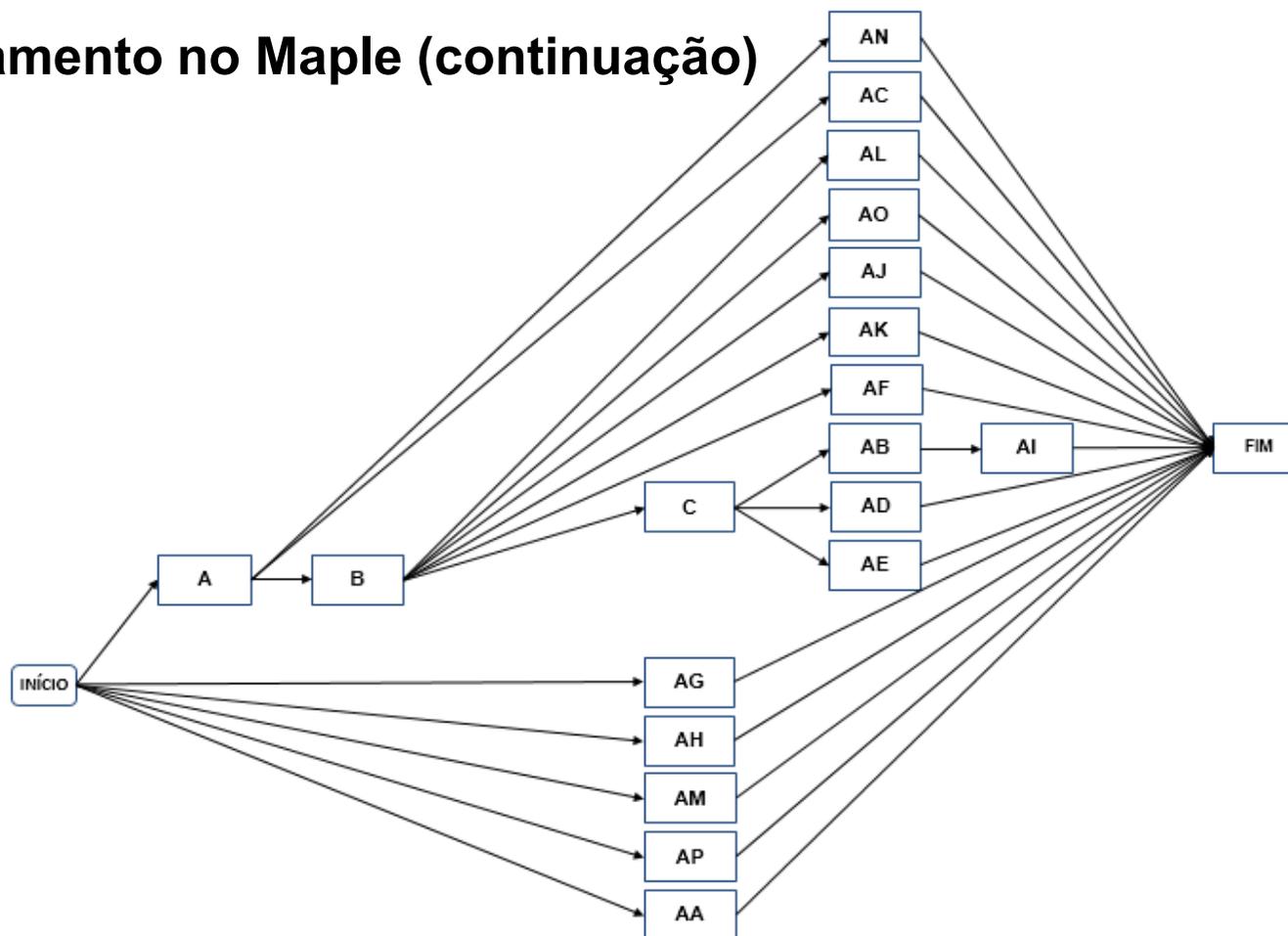
Validação do Modelo

4 - Modelamento no Maple

- O algoritmo desenvolvido no Maple procurou seguir a mesma lógica criada para o Solver;
- Foi utilizado o diagrama reduzido com 19 tarefas e disponibilidade de 11 recursos para a execução das mesmas.

Validação do Modelo

4 - Modelamento no Maple (continuação)



Validação do Modelo

4 - Modelamento no Maple (continuação)

			ATIVIDADES																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
			A	B	C	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP
RECURSOS	1	R18	29	29	29																
	2	R19				23	18														
	3	R20					22														
	4	R21						20			20			21		18					
	5	R22						21	18	21	21	21	18	21	22						
	6	R23						18	22	18	18	18	18	22	18	19					
	7	R24						22			22	22									
	8	R25						25			25			25	22						
	9	R26							19	22		19	22		19						
	10	R27															18	22	22	18	18
	11	R28															22	19	19	19	19

Fonte: O autor (2013)

Tempo de Processamento Submetido

Equipamento	Tempo de Processamento
AMD Athlon X2 Dual Core 2,00 GHz com 3 GB de RAM	390 horas
Intel i3 2,27 GHz com 2 GB de RAM	30 horas
AMD Athlon X2 Dual Core 2,61 GHz com 4 GB de RAM	96 horas

Fonte: O autor (2013)

Em função do tempo de processamento insuficiente para apresentação dos resultados, foi necessário fazer uma versão do algoritmo ainda mais simplificada, de forma a reduzir o número de iterações ocasionada pelas folgas entre IMT e IMC de cada tarefa e o número de recursos.

- Todos os objetivos específicos do projeto foram plenamente atingidos, embora não através da programação linear conforme inicialmente foi projetado, mas sim através da programação não linear;
- Os objetivos não foram atingidos com o Solver, mas sim com o Maple;
- Foi necessário criar uma versão ainda mais simplificada do algoritmo baseada inteiramente na versão original.

Alocação Ideal dos Recursos

```
Maple 12 - [19_7_15_resolvido.mws - [Server 1]]
File Edit View Insert Format Spreadsheet Window Help
[Icons]
[Icons]
[Icons]
126, 919, "Rec= ", 18, 18, 18, 19, 19, 21, 21, 22, 20, 21, 22, 20, 22, 21, 23, 24, 24, 23, 23, "In= ", 1, 30, 59, 1, 88, 30, 87, 87, 59, 1, 22, 106, 59, 59, 59, 1, 30, 77, 1
126, 920, "Rec= ", 18, 18, 18, 19, 19, 21, 21, 22, 20, 21, 22, 20, 22, 21, 23, 24, 24, 24, 23, "In= ", 1, 30, 59, 1, 88, 30, 87, 87, 59, 1, 22, 106, 59, 59, 59, 1, 30, 77, 1
126, 930, "Rec= ", 18, 18, 18, 19, 19, 21, 21, 22, 20, 21, 22, 20, 22, 21, 24, 23, 23, 23, 24, "In= ", 1, 30, 59, 1, 88, 30, 87, 87, 59, 1, 22, 106, 59, 59, 59, 1, 30, 77, 1
126, 927, "Rec= ", 18, 18, 18, 19, 19, 21, 21, 22, 20, 21, 22, 20, 22, 21, 24, 23, 24, 23, 24, "In= ", 1, 30, 59, 1, 88, 30, 87, 87, 59, 1, 22, 106, 59, 59, 59, 1, 30, 77, 1
126, 926, "Rec= ", 18, 18, 18, 19, 19, 21, 21, 22, 20, 21, 22, 20, 22, 21, 24, 24, 23, 23, 23, "In= ", 1, 30, 59, 1, 88, 30, 87, 87, 59, 1, 22, 106, 59, 59, 59, 1, 30, 77, 1
126, 923, "Rec= ", 18, 18, 18, 19, 19, 21, 21, 22, 20, 21, 22, 20, 22, 21, 24, 24, 24, 23, 23, "In= ", 1, 30, 59, 1, 88, 30, 87, 87, 59, 1, 22, 106, 59, 59, 59, 1, 30, 77, 1
123, 923, "Rec= ", 18, 18, 18, 19, 19, 21, 21, 22, 20, 21, 22, 21, 21, 22, 23, 23, 23, 23, 24, "In= ", 1, 30, 59, 1, 88, 30, 87, 87, 59, 1, 22, 106, 59, 59, 59, 1, 30, 77, 1
123, 924, "Rec= ", 18, 18, 18, 19, 19, 21, 21, 22, 20, 21, 22, 21, 21, 22, 23, 23, 23, 24, 24, "In= ", 1, 30, 59, 1, 88, 30, 87, 87, 59, 1, 22, 106, 59, 59, 59, 1, 30, 77, 1
123, 920, "Rec= ", 18, 18, 18, 19, 19, 21, 21, 22, 20, 21, 22, 21, 21, 22, 23, 23, 24, 23, 24, "In= ", 1, 30, 59, 1, 88, 30, 87, 87, 59, 1, 22, 106, 59, 59, 59, 1, 30, 77, 1
123, 921, "Rec= ", 18, 18, 18, 19, 19, 21, 21, 22, 20, 21, 22, 21, 21, 22, 23, 23, 24, 24, 24, "In= ", 1, 30, 59, 1, 88, 30, 87, 87, 59, 1, 22, 106, 59, 59, 59, 1, 30, 77, 1
123, 919, "Rec= ", 18, 18, 18, 19, 19, 21, 21, 22, 20, 21, 22, 21, 21, 22, 23, 24, 23, 23, 23, "In= ", 1, 30, 59, 1, 88, 30, 87, 87, 59, 1, 22, 106, 59, 59, 59, 1, 30, 77, 1
123, 920, "Rec= ", 18, 18, 18, 19, 19, 21, 21, 22, 20, 21, 22, 21, 21, 22, 23, 24, 23, 24, 23, "In= ", 1, 30, 59, 1, 88, 30, 87, 87, 59, 1, 22, 106, 59, 59, 59, 1, 30, 77, 1
123, 916, "Rec= ", 18, 18, 18, 19, 19, 21, 21, 22, 20, 21, 22, 21, 21, 22, 23, 24, 24, 23, 23, "In= ", 1, 30, 59, 1, 88, 30, 87, 87, 59, 1, 22, 106, 59, 59, 59, 1, 30, 77, 1
123, 917, "Rec= ", 18, 18, 18, 19, 19, 21, 21, 22, 20, 21, 22, 21, 21, 22, 23, 24, 24, 24, 23, "In= ", 1, 30, 59, 1, 88, 30, 87, 87, 59, 1, 22, 106, 59, 59, 59, 1, 30, 77, 1
123, 927, "Rec= ", 18, 18, 18, 19, 19, 21, 21, 22, 20, 21, 22, 21, 21, 22, 24, 23, 23, 23, 24, "In= ", 1, 30, 59, 1, 88, 30, 87, 87, 59, 1, 22, 106, 59, 59, 59, 1, 30, 77, 1
123, 924, "Rec= ", 18, 18, 18, 19, 19, 21, 21, 22, 20, 21, 22, 21, 21, 22, 24, 23, 24, 23, 24, "In= ", 1, 30, 59, 1, 88, 30, 87, 87, 59, 1, 22, 106, 59, 59, 59, 1, 30, 77, 1
123, 923, "Rec= ", 18, 18, 18, 19, 19, 21, 21, 22, 20, 21, 22, 21, 21, 22, 24, 24, 23, 23, 23, "In= ", 1, 30, 59, 1, 88, 30, 87, 87, 59, 1, 22, 106, 59, 59, 59, 1, 30, 77, 1
123, 920, "Rec= ", 18, 18, 18, 19, 19, 21, 21, 22, 20, 21, 22, 21, 21, 22, 24, 24, 24, 23, 23, "In= ", 1, 30, 59, 1, 88, 30, 87, 87, 59, 1, 22, 106, 59, 59, 59, 1, 30, 77, 1
```

Fonte: O autor (2013)

Alocação de Recursos

Tarefas		Abrev.	Recurso atribuído	Início
1	ESTUDO 1	A	R1	1
			29	
2	ESTUDO 2	B	R1	30
			29	
3	ESTUDO 3	C	R1	59
			29	
4	MONT. MÓVEIS	AA	R19	1
			23	
5	DISTRIBUIÇÃO POLTRONAS	AB	R19	88
			18	
6	PREPARAÇÃO CHASSIS	AC	R23	30
			18	
7	COMPART. RADIADOR	AD	R22	88
			18	
8	MONT. CAPTAÇÃO AR FILTRO MOTOR	AE	R23	88
			18	
9	MONT. TANQUE COMBUSTÍVEL	AF	R23	59
			18	

Alocação de Recursos (continuação)

10	MONT. COMPRESSOR	AG	R22	1
			21	
11	PREP. CALEFAÇÃO	AH	R22	22
			21	
12	INST. CALEFAÇÃO	AI	R22	106
			18	
13	MONT. HIDROPNEUMÁTICA	AJ	R22	59
			21	
14	ESQ. REPOS. TQ AR	AK	R21	59
			18	
15	MONT. CHICOTES	AL	R27	59
			18	
16	MONT. PAINEL INSTRUMENTOS	AM	R28	1
			19	
17	MONT. CENTRAL ELÉTRICA	A N	R28	30
			19	
18	MONT. CABOS BATERIAS	AO	R27	77
			18	
19	MONT. MÓDULOS ELETRÔN.	AP	R27	1
			18	

Tempo Estimado Para Conclusão do Projeto

Tarefa	Abrev.	Tempo atribuído
ESTUDO 1	A	29
ESTUDO 2	B	29
ESTUDO 3	C	29
DISTRIBUIÇÃO DE POLTRONAS	AB	18
INST. CALEFAÇÃO	AI	18
Total (horas):		123

Fonte: O autor (2013)

Probabilidade de Cumprimento do Prazo Estimado

Tarefa	Abrev.	Tempo atribuído	Variância
ESTUDO 1	A	29	8,41
ESTUDO 2	B	29	8,41
ESTUDO 3	C	29	8,41
DISTRIBUIÇÃO DE POLTRONAS	AB	18	3,24
INST. CALEFAÇÃO	AI	18	3,24
Total (horas):		123	31,71

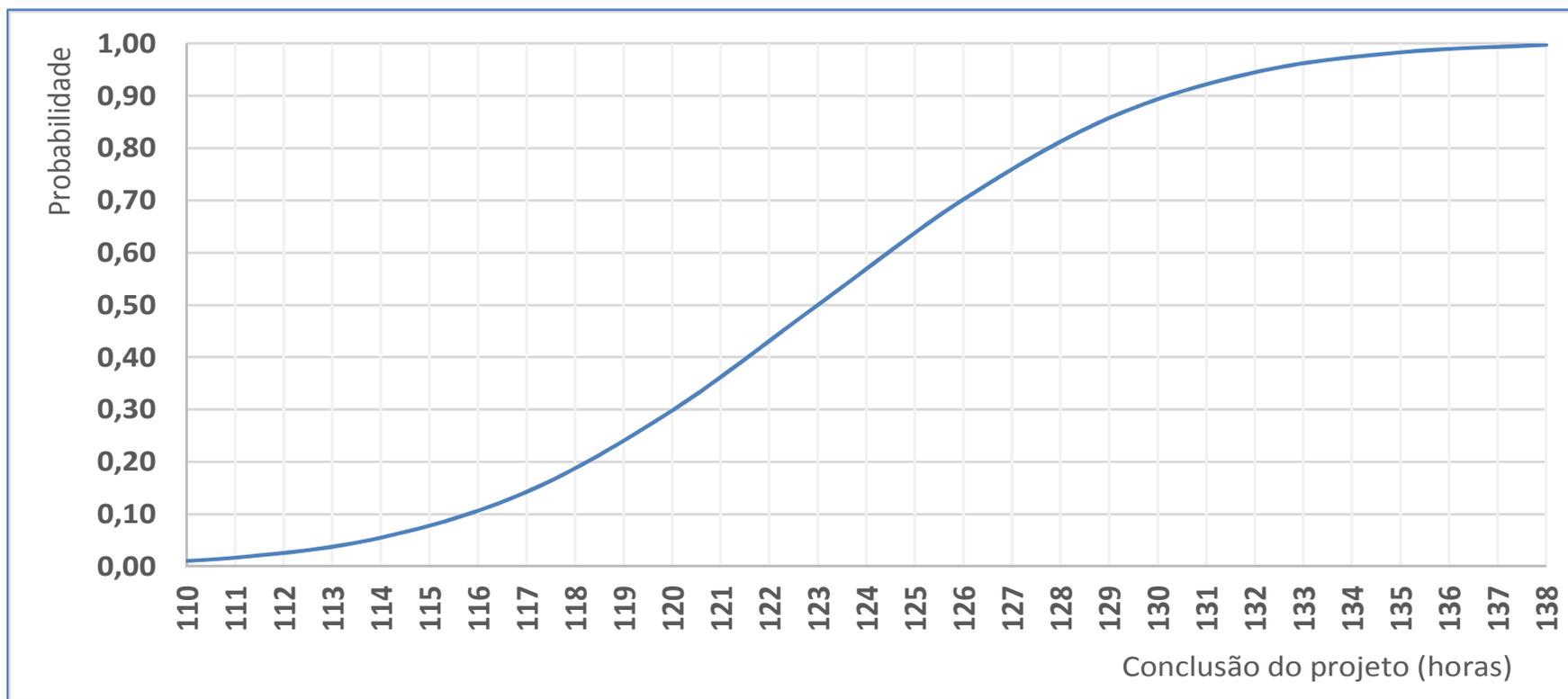
Fonte: O autor (2013)

$$Z = \frac{T_s - T_e}{\sqrt{\sum \sigma^2}}$$

$$Z = \frac{125 - 123}{\sqrt{31,71}} = 0,3552$$

$$P = 0,640576 = 64,06\%$$

Probabilidade de Cumprimento do Prazo Estimado



Fonte: O autor (2013)

Custo Total do Projeto

Tarefas		Abrev.	Recurso	Tempo	Custo hora	Total
1	ESTUDO 1	A	R1	29	R\$ 43,72	R\$ 1.267,88
2	ESTUDO 2	B	R1	29	R\$ 43,72	R\$ 1.267,88
3	ESTUDO 3	C	R1	29	R\$ 43,72	R\$ 1.267,88
4	MONT. MÓVEIS	AA	R19	23	R\$ 16,90	R\$ 388,70
5	DISTRIBUIÇÃO POLTRONAS	AB	R19	22	R\$ 16,90	R\$ 371,80
6	PREPARAÇÃO CHASSIS	AC	R23	18	R\$ 31,85	R\$ 573,30
7	COMPART. RADIADOR	AD	R22	18	R\$ 23,20	R\$ 417,60
8	MONT. CAPTAÇÃO AR FILTRO MOTOR	AE	R23	18	R\$ 31,85	R\$ 573,30
9	MONT. TANQUE COMBUSTÍVEL	AF	R23	18	R\$ 31,85	R\$ 573,30
10	MONT. COMPRESSOR	AG	R22	21	R\$ 23,20	R\$ 487,20
11	PREP. CALEFAÇÃO	AH	R22	21	R\$ 23,20	R\$ 487,20
12	INST. CALEFAÇÃO	AI	R22	18	R\$ 23,20	R\$ 417,60
13	MONT. HIDROPNEUMÁTICA	AJ	R22	21	R\$ 23,20	R\$ 487,20
14	ESQ. REPOS. TQ AR	AK	R21	18	R\$ 43,72	R\$ 786,96
15	MONT. CHICOTES	AL	R27	18	R\$ 43,72	R\$ 786,96
16	MONT. PAINEL INSTRUMENTOS	AM	R28	19	R\$ 23,20	R\$ 440,80
17	MONT. CENTRAL ELÉTRICA	A N	R28	19	R\$ 23,20	R\$ 440,80
18	MONT. CABOS BATERIAS	AO	R27	18	R\$ 43,20	R\$ 777,60
19	MONT. MÓDULOS ELETRÔN.	AP	R27	18	R\$ 43,20	R\$ 777,60
TOTAL:					R\$ 12.591,56	

Sugestões de Continuidade do Trabalho

- Aperfeiçoamento do algoritmo utilizado no presente estudo de forma a torná-lo mais eficiente para a obtenção das soluções requeridas;
- Desenvolvimento de um sistema informatizado paramétrico que interligue o banco de dados de projetos com o diagrama de atividades e suas relações de dependência, de forma a fornecer as estimativas dinamicamente na medida que fossem necessárias para o gerenciamento de projetos.

COLIN, Emerson Carlos. **Pesquisa Operacional: 170 aplicações em estratégia, finanças, logística, produção, marketing e vendas.** Rio de Janeiro: LTC, 2007.

GRAY, Clifford F; LARSON, Erik W. **Gerenciamento de Projetos: O Processo Gerencial.** 4 ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2009.

HILLIER, Frederick; LIEBERMAN, Gerald J. **Introdução à Pesquisa Operacional.** 8ª ed. Porto Alegre: AMGH, 2010.

NOGUEIRA, Fernando. **Pesquisa Operacional: PERT/CPM.** CODEP: UFRRJ, 2012. Disponível em: <http://www.ufrrj.br/codep/cursogerenciamento.php#> Acessado em 27 set. 2012.

PMBOK, Guia. **Conhecimento em Gerenciamento de Projetos.** 4ª ed. 2008.