

Universidade Federal de Minas Gerais
Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Estatística

Felipe Campos Vieira

**APLICAÇÃO DE PERT/CPM EM PROJETOS DE
ENGENHARIA DO SEGMENTO SIDERÚRGICO COM O USO
DE SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO**

Belo Horizonte
2011

Felipe Campos Vieira

**APLICAÇÃO DE PERT/CPM EM PROJETOS DE
ENGENHARIA DO SEGMENTO SIDERÚRGICO COM O USO
DE SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO**

Trabalho apresentado ao Curso de Especialização em Estatística com ênfase em Indústria e Mercado do Departamento de Estatística do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Minas Gerais, para a obtenção do grau de Especialista em Estatística.

Aluno: Felipe Campos Vieira

Orientador: Prof. Dr. Roberto da Costa Quinino

Belo Horizonte
2011

APLICAÇÃO DE PERT/CPM EM PROJETOS DE ENGENHARIA DO SEGMENTO SIDERÚRGICO COM O USO DE SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

Felipe Campos Vieira

Prof. Dr. Roberto da Costa Quinino

Departamento de Estatística da Universidade Federal de Minas Gerais

Setembro, 2011

RESUMO

Este trabalho aborda a utilização de simulação de Monte Carlo para o planejamento e controle de tempo em projetos, por meio da técnica PERT/CPM. Os principais conceitos referentes ao gerenciamento de projetos envolvidos são apresentados, assim como as distribuições de probabilidade mais usuais neste contexto. Utilizou-se simulação de Monte Carlo em um estudo de caso aplicado a projetos de engenharia no segmento siderúrgico.

Palavras-chave: Gerenciamento de Projeto, distribuição triangular, CPM, PERT, Simulação de Monte Carlo.

ABSTRACT

This work discusses the use of Monte Carlo simulation for time planning and controlling on projects, using the technique PERT/CPM. The main concepts related to project management are presented here, as well as the probability distributions more usual in this context. We used Monte Carlo simulation in a case study applied to engineering projects in the steel segment.

Keywords: Project Management, triangular distribution, CPM, PERT, Monte Carlo Simulation.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. GERENCIAMENTO DE TEMPO EM PROJETOS	8
2.1 Esforço de trabalho do projeto	8
2.2 Processo de elaboração de cronogramas	9
2.2.1 Identificação de atividades.....	10
2.2.2 Seqüenciamento de atividades	11
2.2.3 Estimando a duração das atividades.....	13
2.3 Caminho crítico de um projeto	16
2.4 Programação de Atividades (Scheduling).....	17
3. DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE	23
3.1 Distribuição Triangular	23
3.2 Distribuição Beta.....	25
3.3 Distribuição Normal	27
4. SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO	31
5. ESTUDO DE CASO.....	33
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
7. BIBLIOGRAFIA.....	42
ANEXO I	43
ANEXO II.....	55

APLICAÇÃO DE SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO EM PROJETOS DE ENGENHARIA DO SEGMENTO SIDERÚRGICO

1. INTRODUÇÃO

Não há como pensar em gestão de projetos sem pensar em planejamento de cronogramas. A gestão, em todo e qualquer projeto, é de grande importância, pois nos permite planejar, fiscalizar e controlar a execução das atividades do projeto, assegurando cada vez mais os resultados no prazo, no custo e na qualidade desejada.

Durante muitos anos o planejamento das atividades do projeto – cronograma - era feito à mão, em folhas de tamanho A0 usando a técnica de predecessão PERT (Program Evaluation and Review Technique) e CPM (Critical Path Method). Com a evolução da informática, softwares para elaboração de cronogramas foram criados, permitindo elaborar cronogramas com pacotes de trabalho, atividades, recursos e custos, todos associados entre si. Isso possibilitou a visualização de barras de fácil entendimento no que se referem ao cronograma (gráficos de Gantt) e ao cronograma de desembolso.

Na implantação de um projeto, geralmente são estabelecidos procedimentos de “como fazer” para as atividades de planejamento e controle, muitos dos quais baseados em ferramentas já consagradas como redes de precedência e cronogramas de barras. A quantidade e o detalhamento de ferramentas utilizadas e as variáveis do projeto dependem do nível de controle desejado na execução das atividades de implantação.

Se tratando de projetos de engenharia temos que dar uma importância maior à escolha do software que será utilizado para gerenciá-los, pois são muitas as atividades, entregas e recursos que precisam ser planejados, gerenciados, controlados e replanejados. O software tem que permitir o controle do trabalho dos recursos e dos materiais com precisão e simplicidade ímpar, principalmente devido ao perfil dos profissionais que atuam em projetos de engenharia: muitas vezes não pertencem ao mundo da tecnologia e se tornam avessos ao uso de computador.

De acordo com Ricardo Vargas “projeto é um empreendimento não repetitivo, caracterizado por uma seqüência lógica de eventos, com início, meio e fim, que se destina a atingir um objetivo claro e definido, sendo conduzido por pessoas dentro de parâmetros pré-definidos de tempo, custo, recursos envolvidos e qualidade”. No mundo da engenharia não é diferente, porém podemos acrescentar a grande concentração de características singulares reunidas em um mesmo projeto, tais como:

quantidade do número de atividades, que chega a ultrapassar 20 mil linhas de um único cronograma; grande quantidade de fornecedores, muitas vezes internacionais; grande número de recursos materiais e trabalho; controle de volume de concreto; tonelada de equipamento montado, entre outras características. Desta forma, o software de gestão de projetos deve permitir o desenvolvimento de mecanismos automatizados para o controle das atividades da obra; mobilização do efetivo direto e indireto; construção de histogramas, gráficos por curvas S de armação, concretagem e montagem; elaboração de cronogramas detalhados; realização de análises de regressão, simulações de Monte Carlo, relatórios operacionais e gerenciais.

2. GERENCIAMENTO DE TEMPO EM PROJETOS

Quando pensamos em projetos de engenharia e mega construções, temos sempre muitos recursos envolvidos: pessoas, materiais, máquinas, equipamentos e dinheiro. O planejamento da utilização de todos estes recursos deve ser feito de maneira detalhada, identificando todo o trabalho a ser desenvolvido. Caso contrário, no decorrer da execução das obras poderão aparecer atividades, trabalhos e gastos não previstos, gerando desta maneira, impactos nas atividades futuras da obra, além da extrapolação do orçamento do projeto.

Neste trabalho iremos focar no planejamento e acompanhamento do tempo de execução de um projeto, com objetivo de minimizar atrasos e obter uma estimativa para a duração total do projeto.

2.1 ESFORÇO DE TRABALHO DO PROJETO

Como boa prática de planejamento, desde um simples treinamento até a construção de uma grande usina hidrelétrica, utiliza-se a técnica de elaboração WBS (Work Breakdown Structure). Esta técnica é utilizada para organizar todo o trabalho a ser feito em um projeto. Conforme Ricardo Vargas (2003), *"o WBS é a ferramenta de gerenciamento do*

escopo do projeto. Cada nível descendente do projeto representa um aumento no nível de detalhamento do projeto, como se fosse um organograma (hierárquico). O detalhamento pode ser realizado até o nível desejado, apresentando dados genéricos ou detalhados”.

Como exemplo a Figura 1 ilustra a WBS para um projeto de criação e instalação de hardware/software.

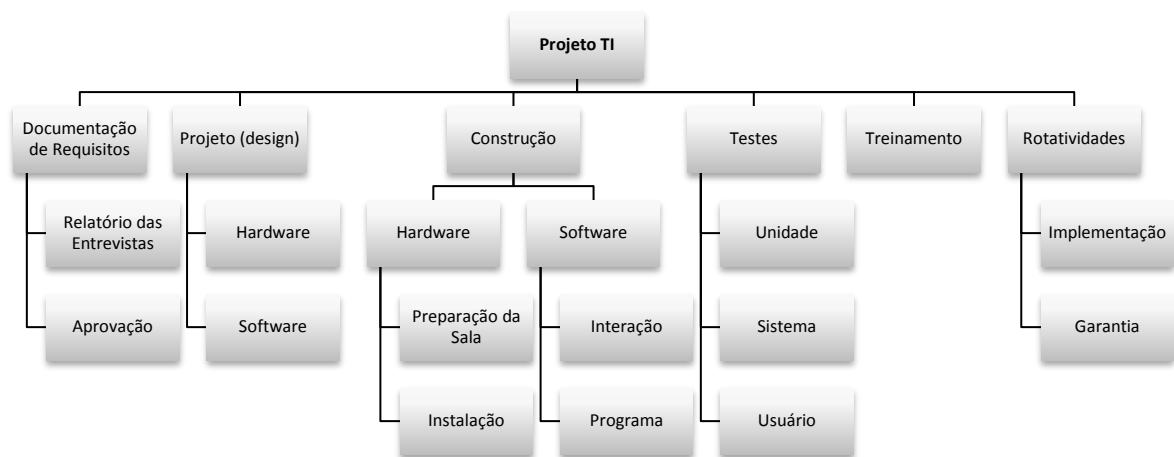


Figura 1: WBS para um projeto de criação e instalação de hardware/software (Rita Mulcahy).

2.2 PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE CRONOGRAMAS

Com o escopo definido e organizado, utilizam-se técnicas de programação e planejamento para elaborar o cronograma do projeto, com uma lista de atividades para cada pacote de trabalho (conjunto de atividades) que deverão ser executadas ao longo do tempo do projeto.

2.2.1 Identificação de atividades

Vimos que após a criação da WBS temos o escopo organizado em pacotes de trabalhos. Para cada pacote de trabalho devem ser identificadas as atividades específicas a serem realizadas, assim como todo esforço de trabalho necessário para completar o término do pacote de trabalho.

Na Tabela 1 está a lista de atividades identificadas para o projeto Reliable Construction Co., segundo HILLER/LIEBERMAN. Neste capítulo usaremos este projeto para exemplificar os conceitos que serão apresentados.

Atividade	Descrição da Atividade
A	Escavação
B	Fundação
C	Paredes
D	Telhado
E	Encanamento Exterior
F	Encanamento Interior
G	Muros
H	Pintura Exterior
I	Instalação Elétrica
J	Divisórias
K	Piso
L	Pintura Interior
M	Acabamento Exterior
N	Acabamento Interior

Tabela 1: Lista de atividades do projeto Reliable Construction Co.

2.2.2 Seqüenciamento de atividades

Sequenciar as atividades é um processo de estabelecimento de um relacionamento lógico entre as atividades do projeto. Cada atividade, com exceção da primeira e da última, é relacionada a pelo menos um predecessor e sucessor. Por exemplo: não se pode construir uma parede sem que a fundação esteja pronta, bem como não é possível montar o telhado sem o término da construção das paredes, ou seja, fazer fundação precede a construção da parede e a montagem do telhado sucede a construção da parede.

A Tabela 2 mostra o relacionamento entre as atividades do projeto Reliable Construction.

Atividade	Descrição da Atividade	Atividades Precedentes
A	Escavação	-
B	Fundação	A
C	Paredes	B
D	Telhado	C
E	Encanamento Exterior	C
F	Encanamento Interior	E
G	Muros	D
H	Pintura Exterior	E, G
I	Instalação Elétrica	C
J	Divisórias	F, I
K	Piso	J
L	Pintura Interior	J
M	Acabamento Exterior	H
N	Acabamento Interior	H, L

Tabela 2: Lista de atividades do projeto Reliable Construction Co. com atividades precedentes

O CPM (Critical Path Method), também conhecido como Método do Caminho Crítico, é um método que representa o relacionamento entre as atividades do projeto por meio de um diagrama de rede, utilizando quadrados e setas para representar as relações lógicas existentes entre elas.

A partir da lista de atividades e das relações de precedência, a rede pode ser facilmente construída. A Figura 2 mostra o diagrama de rede do cronograma do projeto Reliable Construction Co., desenhado através do CPM. A atividade J, por exemplo, possui as atividades F e I como precedentes, as quais devem ser conectadas através de setas orientadas, indicando assim, a precedência.

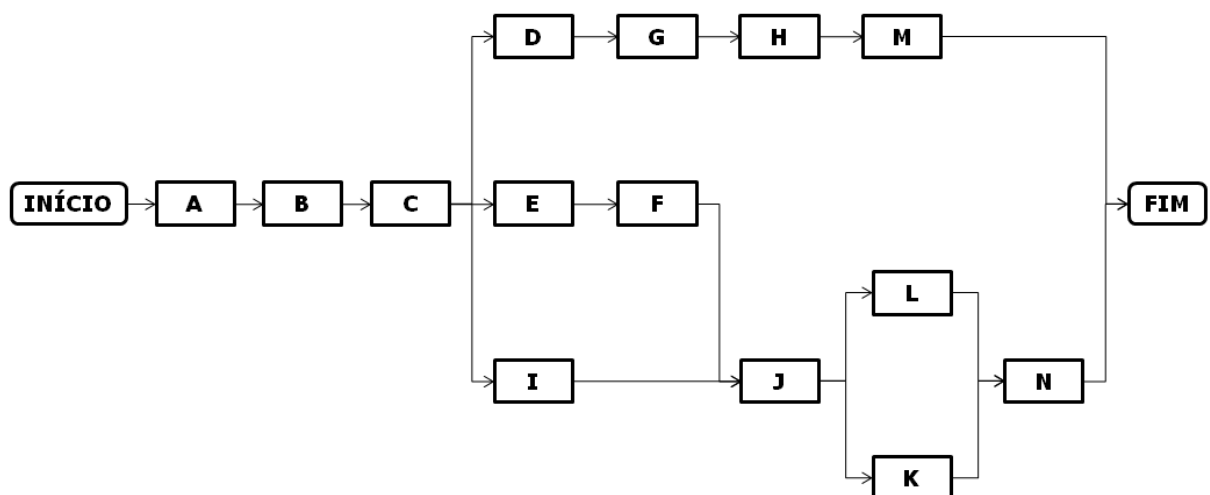


Figura 2: Diagrama de redes do projeto Reliable Construction Co.

2.2.3 Estimando a duração das atividades

Para gerenciar o tempo total de execução do projeto, precisamos estimar a duração de cada atividade, ou seja, precisamos estimar o número de períodos (dias, semanas, meses, etc) necessários para finalizar cada atividade específica. Para estimar a duração de uma atividade utilizam-se informações sobre o trabalho a ser feito, tipo de recursos, quantidade de recursos e disponibilidade dos recursos. A estimativa da duração de uma atividade é feita em geral por uma pessoa (ou grupo de pessoas) que atuam na equipe do projeto e que estão familiarizados com o trabalho envolvido na atividade. As estimativas de duração podem ser feitas por meio de:

- Estimativa análoga: utiliza parâmetros como orçamento, tamanho, peso e complexidade de um projeto anterior similar como base para a estimativa dos mesmos parâmetros ou medidas para um projeto futuro. Estimativa análoga é frequentemente usada para estimar a duração do projeto quando a quantidade de informações é limitada.
- Estimativa paramétrica: utiliza dados históricos, variáveis relevantes e, com base em um modelo probabilístico, obtemos uma estimativa para parâmetros de atividades, tais como custo, orçamento e duração. As durações das atividades são determinadas quantitativamente através da multiplicação da quantidade de trabalho a ser executado pelas horas de mão-

de-obra por unidade de trabalho. Por exemplo, a duração da atividade desenho do projeto pode ser estimada pelo número de desenhos formato A1 multiplicado pelo número de horas de mão-de-obra por desenho, ou ainda, para uma atividade de instalação de cabos multiplicando-se os metros de cabo pelo número de horas de mão-de-obra por metro instalado. Por exemplo, se o recurso designado é capaz de instalar 25 metros de cabo por hora, a duração total necessária para a instalação de 1.000 metros seria de 40 horas ou 5 dias.

- Estimativa de três pontos: utiliza a técnica PERT (Program Evaluation and Review Technique) para obter a duração esperada a partir de uma faixa aproximada para a duração de uma atividade. Esta faixa é determinada por três estimativas para a duração: mais provável, otimista e pessimista.
 - Mais provável (Dmp): duração da atividade com base no cenário mais provável.
 - Otimista (Do): duração da atividade com base no melhor cenário. A duração otimista é menor que a duração mais provável.
 - Pessimista (Dp): duração da atividade com base no pior cenário. A duração pessimista é maior que a duração mais provável.
 - A análise PERT calcula a duração esperada da atividade (DE) usando uma média ponderada dessas

três estimativas, com peso maior para a duração mais provável:

$DE = \frac{Do + 4Dmp + Dp}{6}$	1
---------------------------------	---

Ao contrário das estimativas análoga e paramétrica, a estimativa usada pela análise PERT para a duração esperada considera a variabilidade associada à duração de uma atividade. O desvio padrão para a duração de uma atividade é dado por:

$\frac{Dp - Do}{6}$	2
---------------------	---

A Tabela 3 mostra as estimativas para as durações das atividades do projeto Reliable Construction Co.

Atividade	Descrição da Atividade	Atividades Precedentes	Duração Estimada
A	Escavação	-	2 semanas
B	Fundação	A	4 semanas
C	Paredes	B	10 semanas
D	Telhado	C	6 semanas
E	Encanamento Exterior	C	4 semanas
F	Encanamento Interior	E	5 semanas
G	Muros	D	7 semanas
H	Pintura Exterior	E, G	9 semanas
I	Instalação Elétrica	C	7 semanas
J	Divisórias	F, I	8 semanas
K	Piso	J	4 semanas
L	Pintura Interior	J	5 semanas
M	Acabamento Exterior	H	2 semanas
N	Acabamento Interior	H, L	6 semanas

Tabela 3: Lista de atividades do projeto Reliable Construction Co. com atividades predecessoras e durações estimadas.

Observamos que a duração estimada (DE) é uma estimativa pontual e, para uma melhor precisão, faz-se necessário considerar a sua distribuição de probabilidade. Na seção 4 discutiremos a operacionalidade da obtenção da distribuição de probabilidade para a duração estimada (DE).

2.3 CAMINHO CRÍTICO DE UM PROJETO

Um caminho é uma rota definida no diagrama de rede de um projeto que vai desde o nó INÍCIO até o nó FIM. O comprimento de um caminho é dado pela soma das durações das atividades sobre o caminho.

A Figura 3 mostra o diagrama de redes do projeto Reliable Construction Co. O número associado a cada atividade representa a duração da atividade.

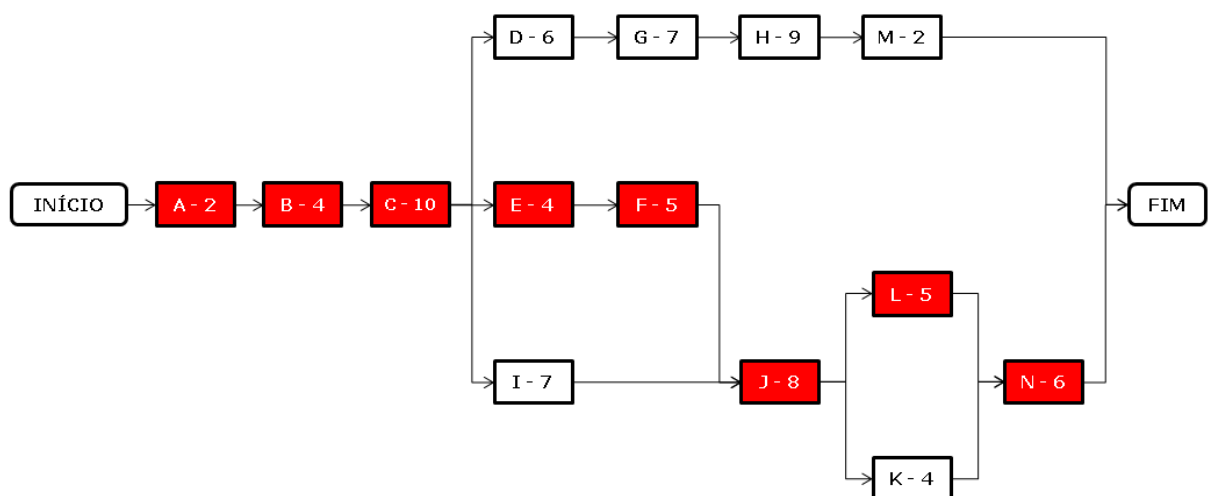


Figura 3: Diagrama de redes do projeto Reliable Construction Co.

Conforme a Figura 3, existem seis caminhos para o projeto Reliable Construction Co. A Tabela 4 mostra estes caminhos e seus comprimentos.

Caminho	Comprimento	Duração do caminho (em semanas)
Início-A-B-C-D-G-H-M-Fim	2 + 4 + 10 + 6 + 7 + 9 + 2	40
Início-A-B-C-E-H-M-Fim	2 + 4 + 10 + 4 + 9 + 2	31
Início-A-B-C-E-F-J-K-N-Fim	2 + 4 + 10 + 4 + 5 + 8 + 4 + 6	43
Início-A-B-C-E-F-J-L-N-Fim	2 + 4 + 10 + 4 + 5 + 8 + 5 + 6	44
Início-A-B-C-I-J-K-N-Fim	2 + 4 + 10 + 7 + 8 + 4 + 6	41
Início-A-B-C-I-J-L-N-Fim	2 + 4 + 10 + 7 + 8 + 5 + 6	42

Tabela 4: Caminhos e seus respectivos comprimentos

O Caminho Crítico do projeto é o caminho com maior comprimento e determina a duração total do projeto. Isto é, todos os demais caminhos deverão alcançar o nó FIM antes do Caminho Crítico. Este está destacado em vermelho na Figura 3 e apresenta duração total do projeto de 44 semanas.

As atividades sobre o Caminho Crítico são as atividades Críticas, ou seja, qualquer atraso em uma dessas atividades irá aumentar a duração total do projeto. Já as demais atividades, caso sofram algum atraso, podem ou não aumentar a duração total do projeto.

2.4 PROGRAMAÇÃO DE ATIVIDADES (SCHEDULING)

A programação das atividades na técnica PERT/CPM consiste em determinar em que tempo (por exemplo, em que dia, em qual semana, etc) uma atividade deve começar e terminar.

A princípio, o tempo inicial de uma atividade deveria ser igual ao tempo final da atividade precedente. No entanto, atividades que possuem duas ou mais atividades precedentes só terão início quando todas as atividades precedentes estiverem completadas. Para que não haja atraso no projeto, cada uma das atividades críticas deve ter tempo inicial igual ao tempo final de sua predecessora (ou igual ao tempo final da predecessora de maior duração, caso haja mais uma predecessora). Já para atividades não críticas, o tempo inicial não precisa ser necessariamente igual ao tempo final da precedente para que não haja atraso no projeto, uma vez que uma atividade não crítica possui folga, ou seja, não pertence ao Caminho Crítico.

A fim de formalizar este raciocínio, a técnica PERT/CPM utiliza quatro medidas para o tempo de uma atividade:

- Início Mais Cedo – o Início Mais Cedo de uma atividade i (IMC_i) é igual ao maior Término Mais Cedo (TMC_j) das atividades precedentes:

$IMC_i = \max_j(TMC), \quad j \in \pi_i$	3
--	---

onde π_i é conjunto das atividades precedentes à atividade i .

- Término Mais Ceddo – o Término Mais Ceddo de uma atividade i (TMC_i) é dado por:

$TMC_i = IMC_i + D_i$	4
-----------------------	---

onde D_i é a duração da atividade i .

- Início Mais Tarde – o Início Mais Tarde de uma atividade i (IMT_i) é dado por:

$IMT_i = TMT_i - D_i$	5
-----------------------	---

onde TMT_i é o Início Mais Tarde da atividade i , definido abaixo.

- Término Mais Tarde – o Término Mais Tarde de uma atividade i (TMT_i) é igual ao menor Início Mais Tarde dentre todas as atividades sucessoras à atividade i .

$TMT_i = \min_k(IMT), \quad k \in \psi_i$	6
---	---

onde ψ_i é conjunto das atividades sucessoras à atividade i .

O exemplo a seguir ilustra o cálculo destas quatro medidas.

Exemplo 1: Cálculo de IMC, TMC, IMT e TMT para a atividade J (divisórias) da rede da Figura 3.

$$\text{IMC}_J = \max (\text{IMC}_F, \text{TMC}_J) = \max (25,23) = 25$$

$$\text{TMC}_J = \text{IMC}_J + D_J = 25 + 8 = 33$$

$$\text{TMT}_J = \min (\text{IMT}_K, \text{IMT}_L) = \min (34,33) = 33$$

$$\text{IMT}_J = \text{TMT}_J - D_J = 33 - 8 = 25$$

Como se pode perceber, o Início Mais Ceddo (IMC) é função do Término Mais Ceddo das precedentes e, portanto, o valor de IMC é obtido calculando-se IMC e IMT no sentido do nó Início para o nó Fim. Já o Término Mais Tarde (TMT) é função do Início Mais Tarde (IMT) das sucessoras e, portanto, o valor de TMT é obtido calculando-se IMT e TMT no sentido do nó Fim para o nó Início.

Outra conclusão importante sobre este exemplo é que o Início Mais Ceddo (IMC_J) é igual ao Início Mais Tarde (IMT_J). Isto nos diz que não há folga para iniciar a atividade J. Da mesma forma o Término Mais Ceddo (TMC_J) é igual ao Término Mais Tarde (TMT_J). Isto nos diz que não há folga para terminar a atividade J. Estas duas conclusões são coerentes, uma vez que a atividade J pertence ao Caminho Crítico da rede.

Pode-se concluir ainda que $TMT - IMT = TMC - IMC$, e que estas diferenças são iguais à folga que existe na atividade em questão. Assim, a folga da atividade i (S_i) é dada por:

$S_i = TMT_i - IMT_i = TMC_i - IMC_i$	7
---------------------------------------	---

O valor da folga S_i corresponde ao atraso que a atividade i pode sofrer sem comprometer a duração total determinada pelo comprimento do Caminho Crítico.

A Figura 4 ilustra o cálculo da folga de uma atividade qualquer e, em especial, o cálculo de folga da atividade J.

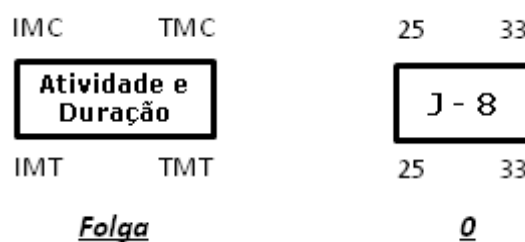


Figura 4: Diagrama para calcula de folga de uma atividade.

A Figura 5 apresenta o cálculo do caminho crítico do projeto Reliable Construction Co.

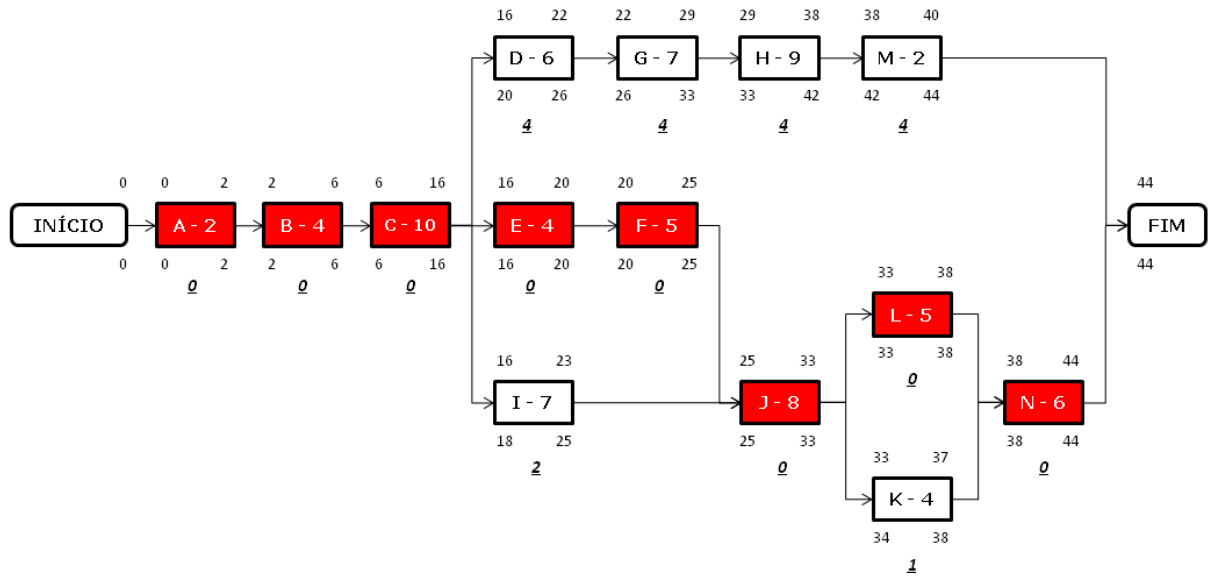


Figura 5: Diagrama de redes do projeto Reliable Construction Co. com cálculo de folgas e apresentação do caminho crítico.

3. DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE

Por melhor que seja a estimativa de duração de uma atividade, ainda assim corre-se o risco de que a duração real seja diferente da duração estimada. Se isso ocorrer com várias atividades do projeto, principalmente com as atividades críticas, a duração total poderá ser bem diferente de sua estimativa pontual.

A variabilidade inerente à duração das atividades do projeto pode ser levada em conta de forma a melhorar a estimativa da duração total do projeto. Podemos fazer isso considerando a duração de cada atividade como uma variável aleatória, e não mais como um valor fixo.

As distribuições de probabilidade comumente usadas para modelar a variabilidade da duração das atividades são Triangular, Normal e Beta. Segue abaixo um breve resumo destas três distribuições, incluindo função densidade de probabilidade, esperança e variância de cada uma delas.

3.1 DISTRIBUIÇÃO TRIANGULAR

A distribuição triangular é a distribuição de probabilidade contínua que possui um valor mínimo a ($-\infty < a < \infty$), um valor máximo b ($a < b < \infty$)

e uma moda c ($a \leq c \leq b$), de modo que a função densidade de probabilidade é zero para os extremos (a e b).

A função densidade de probabilidade é dada por:

$$f(x|a,b,c) = \begin{cases} \frac{2(x-a)}{(b-a)(c-a)}, & a \leq x \leq c \\ \frac{2(b-x)}{(b-a)(b-c)}, & c \leq x \leq b \\ 0, & \text{nos demais casos} \end{cases}$$

A esperança e a variância são dadas por

$$E(X) = \frac{a+b+c}{3} \quad \text{e} \quad \text{Var}(X) = \frac{a^2 + b^2 + c^2 - ab - ac - bc}{18}$$

A Figura 6 mostra o gráfico da função densidade Triangular.

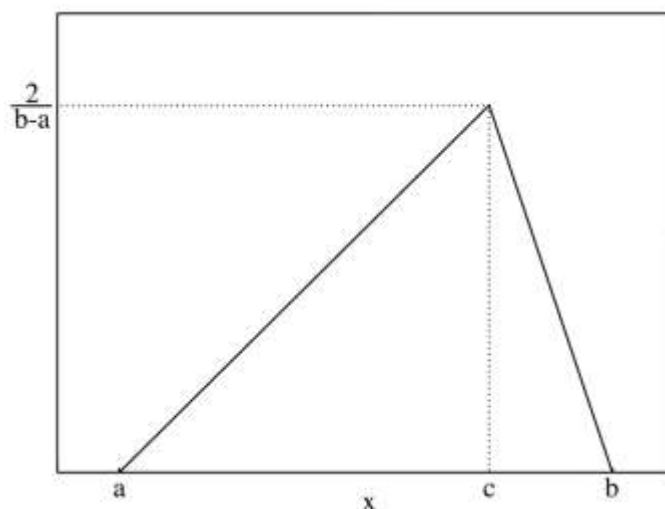


Figura 6: Gráfico da função densidade Triangular.

Na distribuição Triangular os parâmetros a , b e c representam as durações otimista, pessimista e mais provável, respectivamente. A diferença entre a distribuição Triangular e a análise PERT está no peso que cada uma delas atribui a cada uma das durações. Na distribuição Triangular o peso é o mesmo para duração otimista, pessimista e mais provável. Já na análise PERT o peso dado à duração mais provável é quatro vezes maior que o peso das durações otimista e pessimista.

3.2 DISTRIBUIÇÃO BETA

A distribuição Beta é uma distribuição de probabilidade contínua, com quatro parâmetros - $\alpha > 0$, $\beta > 0$, $-\infty < a < +\infty$ e $-\infty < b < +\infty$. Os parâmetros a e b representam o mínimo e o máximo da distribuição, respectivamente. Os parâmetros α e β são ditos parâmetros de forma. A função de densidade da distribuição Beta é dada por:

$$f(x|\alpha, \beta, a, b) = \frac{1}{B(\alpha, \beta)} \frac{(x-a)^{\alpha-1} (b-x)^{\beta-1}}{(b-a)^{\alpha+\beta-1}}$$

onde $B(\alpha, \beta) = \frac{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)}{\Gamma(\alpha+\beta)}$ e Γ é a função gama: $\Gamma(n) = (n-1)!$

A esperança e a variância são dadas por:

$$E(X) = a + \frac{\alpha(b-a)}{\alpha+\beta} \quad \text{e} \quad \text{Var}(X) = \frac{\alpha\beta(b-a)^2}{(\alpha+\beta+1)(\alpha+\beta)^2}$$

Na distribuição Beta os parâmetros a (mínimo) e b (máximo) representam as durações otimista e pessimista, respectivamente. A média e o desvio padrão de uma distribuição Beta podem ser obtidos a partir de estimativas para o mínimo (duração otimista), máximo (duração pessimista) e moda (duração mais provável). O processo para a modelagem da duração de uma atividade usando estas aproximações é descrito abaixo.

1. Encontrar estimativas para o mínimo, máximo e moda. Por exemplo:

Mínimo (duração otimista - a): 10 dias

Moda (duração mais provável): 13,5 dias

Máximo (duração pessimista - b): 20 dias

2. Usando a análise PERT obter as estimativas da média (duração esperada) e desvio padrão (s):

$$DE = \frac{Do + 4Dmp + Dp}{6} = \frac{10 + 4 \cdot 13,5 + 20}{6} = 14 \text{ dias} \quad s = \frac{Dp - Do}{6} = \frac{20 - 10}{6} = 1,67 \text{ dias}$$

3. Os parâmetros de forma α e β podem ser calculados de forma que sejam compatíveis com a média e o desvio padrão: beta.

$$\alpha = \frac{DE - Do}{Dp - Do} \left(\frac{(DE - Do)(Dp - DE)}{s^2} - 1 \right) = \frac{14 - 10}{20 - 10} \left(\frac{(14 - 10)(20 - 14)}{1,67^2} - 1 \right) = 3,05$$

$$\beta = \frac{(Dp - DE)\alpha}{DE - Do} = \frac{(20 - 14)3,05}{14 - 10} = 4,57$$

A forma da distribuição Beta varia com os parâmetros. Por exemplo, quando $\alpha = \beta = 1$ temos a distribuição Uniforme[a,b]. A Figura 7 mostra a forma distribuição Beta para $a = 10; b = 20; \alpha = 3,05; \beta = 4,57$.

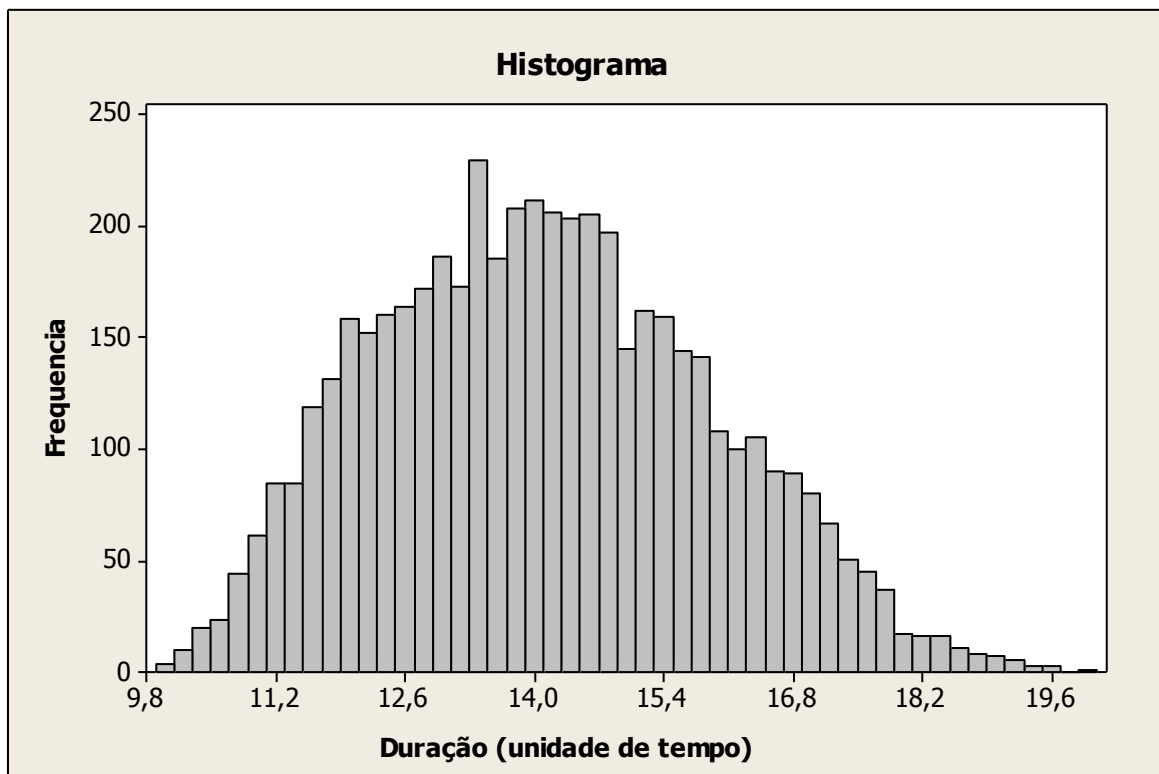


Figura 7: Gráfico da função densidade Beta com parâmetros $a = 10, b = 20, \alpha = 3,05, \beta = 4,57$.

3.3 DISTRIBUIÇÃO NORMAL

A função densidade de probabilidade da distribuição normal com esperança μ ($-\infty < \mu < \infty$) e variância $\sigma^2 > 0$ é dada por:

$$f(x|\mu, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right)$$

A Figura 8 mostra o gráfico da função densidade Normal.

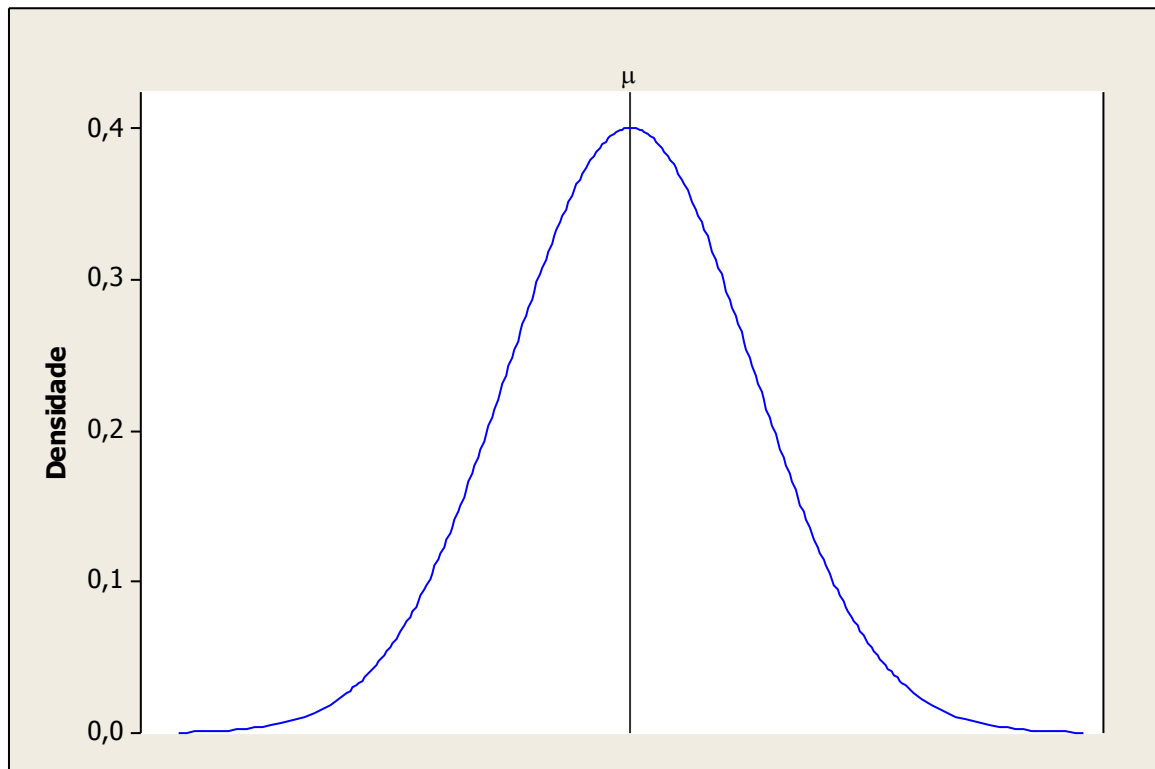


Figura 8: Gráfico da função densidade Normal.

Na distribuição Normal o parâmetro μ representa a duração mais provável e a duração esperada, que são idênticas neste caso. O parâmetro σ representa o desvio padrão associado a duração. Como na distribuição Normal aproximadamente 99% dos valores estão entre $\mu-3\sigma$ e $\mu+3\sigma$, é razoável utilizar as igualdades $\mu-3\sigma = D_o$ e $\mu+3\sigma = D_p$ para encontrar o valor do desvio padrão σ .

Caso a duração de todas as atividades do projeto sejam normalmente distribuídas, então a duração total do projeto também seguirá a

distribuição Normal. Neste caso podemos obter probabilidades associadas à duração total analiticamente.

O Caminho Crítico Médio é o caminho através da rede que deveria ser o Caminho Crítico se a duração de cada atividade fosse igual a sua duração esperada. Considerando que as n atividades sobre o Caminho Crítico Médio são independentes e normalmente distribuídas, pode-se calcular a esperança (μ_p) e a variância (σ_p^2) da duração total do projeto:

$$\mu_p = \sum_{i=1}^n \mu_i \quad \text{e} \quad \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2$$

onde μ_i e σ_i^2 são respectivamente a esperança e a variância da duração da atividade i sobre o Caminho Crítico Médio.

Como neste caso a distribuição de probabilidade da duração total do projeto (T) também é Normal, pode-se calcular a probabilidade de que a duração total do projeto seja de no máximo d unidades de tempo: $P(T \leq d)$.

Como já dito, caso a duração de todas as atividades do projeto sejam normalmente distribuídas, então podemos obter probabilidades associadas à duração total analiticamente, pois a duração total do projeto também seguirá a distribuição Normal.

O mesmo não acontece para as distribuições Triangular e Beta. Caso o projeto tenha atividades com duração modeladas por estas três distribuições, também não é possível determinar a distribuição da duração total do projeto. Nestas situações é extremamente útil utilizar simulação de Monte Carlo para calcular probabilidades associadas à duração total. Este tipo de simulação está disponível em alguns softwares.

No próximo capítulo apresentaremos um estudo de caso em que utilizou-se o software Microsoft Project para elaboração do cronograma e o software @Risk para simulação.

4. SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

Monte Carlo foi o codinome de um projeto secreto relacionado ao desenho e ao projeto de armas atômicas desenvolvido pelo matemático John Von Neuman. Ele descobriu que um modelo de amostragem aleatória simples poderia resolver determinados problemas matemáticos até então considerados de resolução impossível. (SCHUYLER, 1994).

A simulação se refere a um método onde a distribuição de possíveis resultados é produzida a partir de recálculos sucessivos dos dados do projeto, permitindo a construção de múltiplos cenários. Em cada um dos cálculos são utilizados novos dados aleatórios para representar um processo repetitivo e iterativo. A combinação de todos esses resultados cria uma distribuição probabilística dos resultados.

A viabilidade da distribuição produzida está no fato de que, para um número elevado de repetições, o modelo produzido reflete as características da distribuição original, transformando a distribuição em um resultado plausível para análise. A simulação de Monte Carlo pode ser aplicada a prazos, custos e outros índices de um projeto.

No caso de uma simulação de Monte Carlo para gerar a distribuição de probabilidade da duração total de um projeto, teríamos o seguinte procedimento:

1. Para cada atividade do projeto, gera-se de forma aleatória um valor para sua duração, de acordo com a distribuição de probabilidade definida.
2. Calcula-se então a duração total do projeto.
3. Os passos 1 e 2 são repetidos um número grande de vezes, gerando assim vários valores possíveis para a duração total. A partir desta gama de valores gera-se a distribuição de probabilidade da duração total, possibilitando o cálculo de probabilidades de interesse.

5. ESTUDO DE CASO

Neste capítulo apresentaremos um estudo de caso da área de engenharia de uma empresa siderúrgica multinacional, situada em Minas Gerais. Dentro desta empresa, a área de engenharia gerencia projetos estratégicos, uma vez que possui recursos, processos e tecnologia para uma gestão eficiente de projetos.

Pontes rolantes são equipamentos inerentes ao processo produtivo de laminação de perfis nesta siderúrgica. A implantação destes equipamentos é tratada como projeto estratégico, por possuir alto investimento, alta complexidade e grande importância para o processo como um todo. Tal implantação envolve várias disciplinas de engenharia, como: mecânica, elétrica e automação.



Figura 9: Fotografia de uma ponte rolante.

No início de 2008 foi realizada a contratação de um fornecedor, da região metropolitana de Belo Horizonte, no regime turn key, para implantação de uma ponte rolante. O escopo do projeto era o seguinte: fornecimento de engenharia básica e detalhada (mecânica, elétrica e automação), fabricação, transporte, montagem, treinamento de operação e manutenção, comissionamento, supervisão e Início de Operação.

A Ponte Rolante, de capacidade líquida de 12,5 t e 34,85 m de vão, seria utilizada para estocagem de produtos siderúrgicos em geral, pois era equipada com um carro com sistema giratório do içamento, cabine móvel e barra de carga telescópica, permitindo montagem de eletroímãs para manusear materiais de variados tipos e comprimentos. A implantação desta ponte traria vários benefícios, como:

- Economia de R\$ 0,69/t de aço manuseado dentro do galpão, devido à eliminação da necessidade de uso de empilhadeiras.
- Aumento de 1.344 m² de área de estocagem, devido à eliminação do espaço reservado para movimentação de empilhadeiras (aproximadamente 10 m de largura ao longo de todo o vão).
- Redução dos riscos de acidentes envolvendo pessoas e equipamentos, devido à redução do trânsito de empilhadeiras dentro do galpão.

Durante o processo de contratação, o fornecedor vencedor da concorrência, informou que executaria todo o trabalho em seis meses, da engenharia até o início de operação da ponte. Este é um prazo muito audacioso, uma vez que, embora a empresa tenha expertise neste equipamento, existem inúmeras incertezas envolvidas no projeto.

No dia 18 de fevereiro de 2008 o fornecedor foi contratado com o compromisso de entregar o início de operação (INOP) no dia 15/08/08.

A Tabela 5, apresentada no Anexo I, detalha as 434 atividades previstas para implantação da ponte rolante.

A área de engenharia da siderúrgica também possuía conhecimento considerável sobre o equipamento em questão. Mesmo existindo metodologia específica para a gestão do projeto, funcionários capacitados nas melhores práticas de gestão de projetos, pessoas dedicadas para gerir este projeto e alto conhecimento técnico sobre o produto, existia o risco de atraso na implantação da referida ponte rolante, o que acarretaria um custo de aproximadamente US\$1.000,00 por cada hora de atraso do INOP (início de operação da ponte rolante). Assim, a gerência de projetos estratégicos solicitou ao PMO (Project Management Office/Escritório de Projetos) que analisasse e quantificasse os riscos envolvidos e calculasse a probabilidade de atraso do INOP deste projeto.

Foram designados especialistas de diversas áreas correlacionadas para formação do time do projeto. O objetivo deste time era analisar o cronograma do projeto e identificar as atividades que apresentavam maior criticidade, risco e dificuldade para implantação. Foram identificadas 122 atividades críticas. Para cada uma dessas atividades, o time definiu uma duração otimista e uma duração pessimista, baseado na experiência dos envolvidos e nos prazos de projetos anteriores. Para a duração mais provável foi utilizada a duração apresentada pelo fornecedor. Não foi considerada nenhuma variação para as atividades não críticas. Uma vez que o número total de atividades do projeto era muito grande e a análise de todas elas inviabilizaria operacionalmente, optou-se por focar apenas nas atividades críticas e manter as demais com a duração apresentada pelo fornecedor.

Na Tabela 6, apresentada no Anexo II, são apresentadas as atividades críticas com as durações otimistas e pessimistas definidas pelo time do projeto e a duração mais provável.

O PMO, utilizando o software Microsoft Project 2003, desenvolveu o cronograma do projeto. Com auxílio do software @Risk para Microsoft Project foi definida a distribuição triangular para cada uma das atividades do projeto, usando como parâmetros as durações otimistas e pessimistas definidas pelo time do projeto e a duração mais provável apresentada pelo

fornecedor. A distribuição triangular foi adotada devido à sua facilidade de interpretação.

A Tabela 7, apresenta as informações sobre a simulação das atividades relacionadas ao cronograma do projeto ponte rolante.

Informações sobre a Simulação	
Nome do Projeto	Ponte Rolante
Número de Simulações	1
Número de Interações (corridas)	10.000
Número de Entradas	122
Número de Saídas	1
Tipo de Amostragem	Monte Carlo
Início da Simulação	04/03/08 17:35
Término da Simulação	04/03/08 17:45
Duração da Simulação	00:09:47

Tabela 7: Informações sobre Simulação de Monte Carlo.

Para gerar a distribuição do INOP, foram feitas 10.000 iterações usando o software @Risk, com base no cronograma do projeto e nas distribuições definidas. A simulação é uma técnica pela qual um modelo é calculado várias vezes com diferentes valores de entrada, com a intenção de obter todos os cenários possíveis. Uma iteração é um recálculo do modelo durante uma simulação. A simulação consiste em recálculos múltiplos ou iterações em cada amostra.

A Figura 10 ilustra o resultado da simulação de Monte Carlo realizada em 04/03/2008 pelo PMO da área de engenharia da empresa siderúrgica para o projeto ponte rolante.

Resultado da Simulação - INOP - Projeto Ponte Rolante

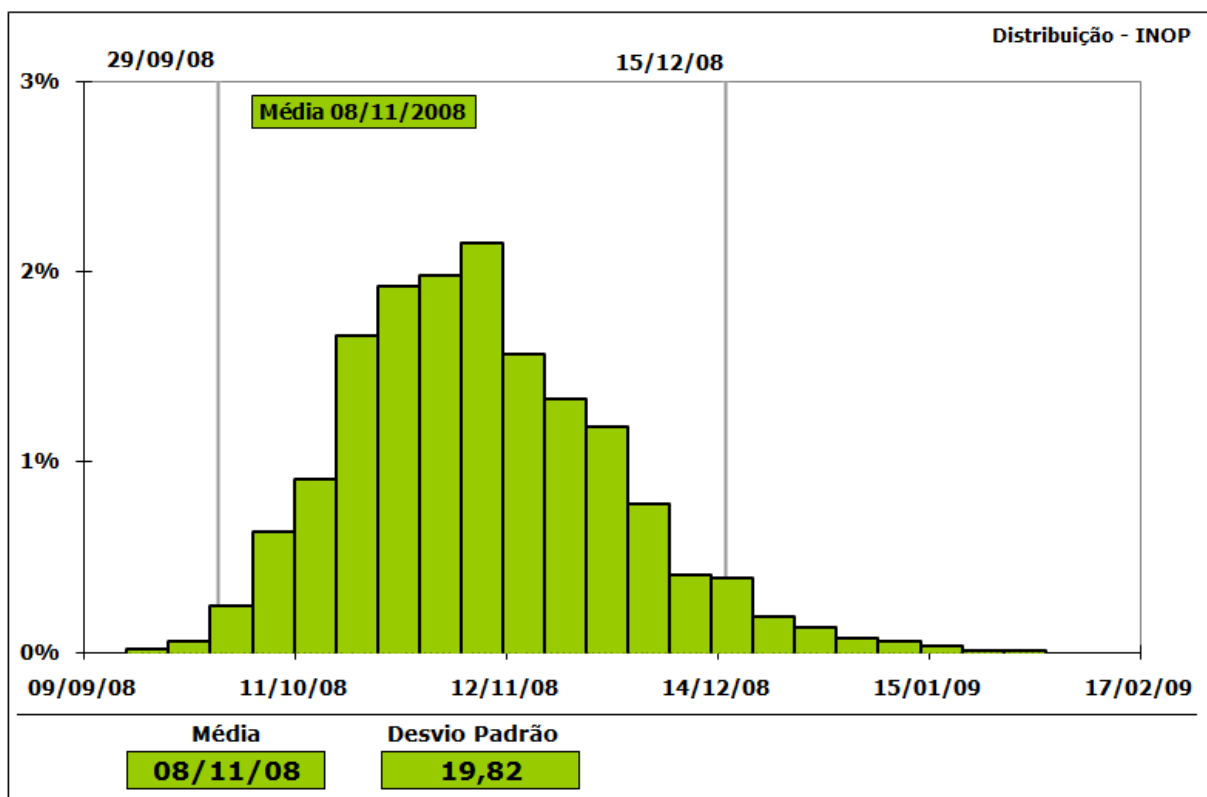


Figura 10: Gráfico do Resultado da Simulação de Monte Carlo.

Após as simulações, verificou-se que a probabilidade do projeto ter o INOP em 15/08/2008 (como contratado) ou em data anterior, era de menos de 5%, como apresentado na Tabela 8. Esta baixa probabilidade contrariava as expectativas iniciais.

Resumo das Estatísticas			
Estatísticas	Valores	%tile	Valores
Mínimo	15/09/08	5%	10/10/08
Máximo	02/02/09	10%	15/10/08
Média	08/11/08	15%	20/10/08
Desvio Padrão	19,82	20%	22/10/08
Variância	392,96	25%	24/10/08
Skewness	0,61	30%	28/10/08
Kurtosis	3,54	35%	30/10/08
Mediana	06/11/08	40%	31/10/08
Moda	18/11/08	45%	04/11/08
X a Esquerda	29/09/08	50%	06/11/08
P a Esquerda	0,5%	55%	07/11/08
X a Direita	15/12/08	60%	11/11/08
P a Direita	95%	65%	13/11/08
Diferença de X	77,25	70%	17/11/08
Diferença de P	94,5%	75%	20/11/08
#Erros	0	80%	24/11/08
Filtro Mínimo	0	85%	27/11/08
Filtro Máximo	0	90%	03/12/08
#Filtrado	0	95%	15/12/08

Tabela 8: Resumo das estatísticas

Uma ordenação das atividades críticas do projeto conforme sua correlação com o INOP é apresentada na figura 11.

Sensibilidade na Regressão - INOP

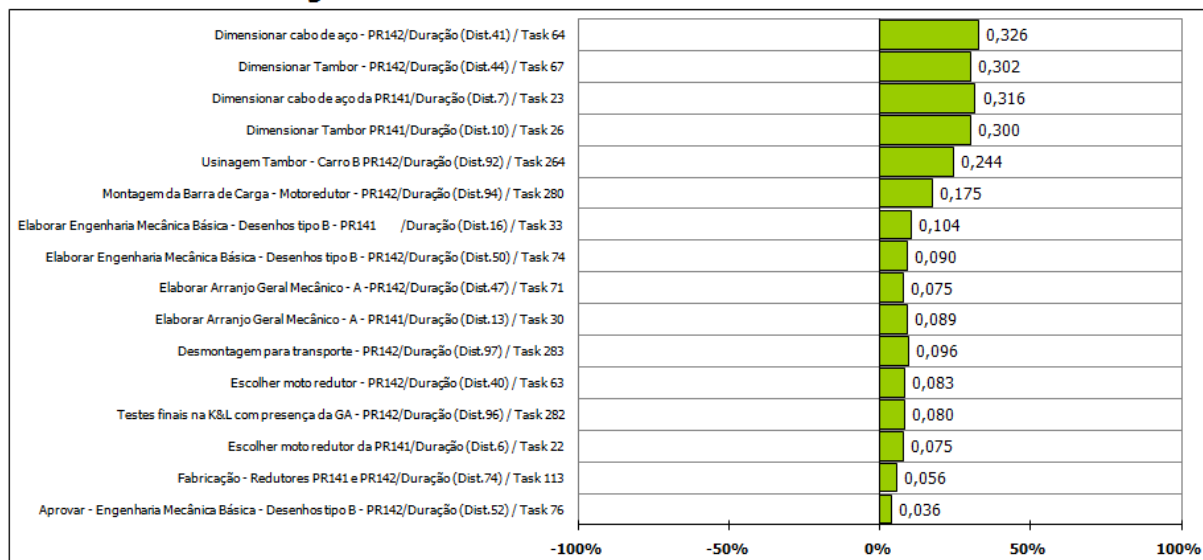


Figura 11: Gráfico de Sensibilidade.

As atividades com os maiores valores para o coeficiente de correlação são aquelas que causam maior impacto do INOP, e portanto devem ser tratadas com mais atenção. O coeficiente de correlação apresentado aqui é o de Pearson.

Todos estes resultados causaram perplexidade nos envolvidos, que entenderam a probabilidade do INOP acontecer na data apresentada pelo fornecedor era extremamente baixa. Com isto, as análises caíram em descrédito.

No dia 05/12/2008 o projeto teve o início de operação, com quase 4 meses de atraso em relação à data contratada para o início. Conforme a Tabela 9, a probabilidade do INOP acontecer até 05/12/2008 era de aproximadamente 90%.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora os resultados tenham sido questionados inicialmente, dado que indicavam grande atraso no INOP, hoje é considerado uma ferramenta essencial para a empresa. Isto aconteceu uma vez que o atraso de fato ocorreu e ficou claro que o uso de ferramentas estatísticas pode ser de grande utilidade para o planejamento e controle de projetos. A simulação de Monte Carlo, ferramenta apresentada neste trabalho em associação com o prazo do projeto, pode também ser aplicada com sucesso em associação com o custo do projeto.

Ainda no caso de simulação de Monte Carlo, a escolha das distribuições também é tópico de grande interesse. Trabalhos podem ser feitos no sentido de aprimorar esta escolha.

Outras ferramentas estatísticas podem também ser empregadas no contexto de projetos, como por exemplo modelos de séries temporais para previsão e análise de regressão.

Em resumo, o emprego de técnicas estatísticas no planejamento de cronogramas de projetos permite elucidar informações que possam embasar os gerentes de projetos nas tomadas de decisões e definições de estratégias na gestão dos projetos.

7. BIBLIOGRAFIA

FERNANDES, Paulo S. Thiago. (2005) Representação Gráfica do Planejamento. Montagens Industriais: Planejamento, execução e controle. 1.ed. São Paulo: Artliber, 267-282.

PMI, A Guide to Project Management Body of Knowledge – PMBOK Guide 4th Edition, 2008.

HILLIER, Frederick S. (2004) Introduction to operations research — 7th ed. New York, NY 468-514.

SCHUYLER, J. R. (1994) Decision Analysis in Projects: Monte Carlo Simulation. Upper Darby: Project Management Institute.

VARGAS, Ricardo V. (2004) Construindo Previsões de Custo Final do Projeto Utilizando Análise de Valor Agregado e Simulação de Monte Carlo. AACE – Association for Advancement of Cost Engineering 48th Annual Meeting. Disponível em http://www.ricardo-vargas.com/wp-content/uploads/downloads/ricardo_vargas_earned_value_probabilistic_fo_recast_pt.pdf. Acesso em: 12 de Junho de 2011.

ANEXO I

Id	Nome	Início	Duração	Término	Predecessoras
0	Pontes Rolantes com Eletroímãs	18/02/08	170 dias	17/10/08	
1	AQUISIÇÃO	18/02/08	0 dias	18/02/08	
2	Contrato Assinado - Etapa de Aquisição Concluída	18/02/08	0 dias	18/02/08	
3	FORNECIMENTO	18/02/08	116 dias	04/08/08	
4	Gerenciamento do projeto	18/02/08	10 dias	29/02/08	
5	Kick Off do Projeto	18/02/08	2 dias	19/02/08	2
6	Documentos	20/02/08	8 dias	29/02/08	
7	Comunicação	20/02/08	8 dias	29/02/08	
8	Plano de Comunicação	20/02/08	8 dias	29/02/08	
9	Elaborar Plano de Comunicação	20/02/08	1 dia	20/02/08	5
10	Aprovar Plano de Fabricação	21/02/08	7 dias	29/02/08	9
11	Cronograma	18/02/08	32 dias	02/04/08	
12	Elaborar Cronograma	18/02/08	10 dias	29/02/08	2
13	Aprovar cronograma - Cronograma Consolidado	03/03/08	10 dias	14/03/08	12
14	Cronograma Consolidado	14/03/08	0 dias	14/03/08	13
15	Elaborar Dicionário WBS	03/03/08	12 dias	18/03/08	13II
16	Aprovar Dicionário WBS	19/03/08	10 dias	02/04/08	15
17	Engenharia	18/02/08	105 dias	18/07/08	
18	PR141	18/02/08	105 dias	18/07/08	
19	Mecânica	18/02/08	105 dias	18/07/08	
20	Memorial de cálculo PR141	18/02/08	23 dias	19/03/08	
21	Dimensionar vigas principais e de cabeceira da PR141	18/02/08	10 dias	29/02/08	2
22	Escolher moto redutor da PR141	18/02/08	10 dias	29/02/08	2
23	Dimensionar cabo de aço da PR141	18/02/08	10 dias	29/02/08	2
24	Dimensionar eixos PR141	18/02/08	10 dias	29/02/08	2
25	Dimensionar rodas e trilhos PR141	18/02/08	10 dias	29/02/08	2
26	Dimensionar Tambor PR141	03/03/08	3 dias	05/03/08	23
27	Verificação da GA Cálculos Engenharia Mecânica PR141	06/03/08	5 dias	12/03/08	21;22;23;24;25;26
28	Aprovar Cálculos Engenharia Mecânica PR141	13/03/08	5 dias	19/03/08	27

Id	Nome	Início	Duração	Término	Predecessoras
29	Desenhos Mecânicos PR141	20/03/08	82 dias	18/07/08	
30	Elaborar Arranjo Geral Mecânico - A - PR141	20/03/08	10 dias	03/04/08	28;2
31	Verificação da GA Arranjo Geral Mecânico - A - PR141	04/04/08	5 dias	10/04/08	30
32	Aprovar - Arranjo Geral Mecânico - A - PR141	11/04/08	5 dias	17/04/08	31
33	Elaborar Engenharia Mecânica Básica - Desenhos tipo B - PR141	18/04/08	20 dias	19/05/08	28;32
34	verificação da GA Engenharia Mecânica Básica - desenho tipo B - PR141	20/05/08	5 dias	27/05/08	33
35	Aprovar - Engenharia Mecânica Básica - Desenhos tipo B - PR141	28/05/08	5 dias	03/06/08	34
36	Elaborar Engenharia Mecânica Detalhada desenhos tipo C e D -PR141	04/06/08	22 dias	04/07/08	35
37	Verificação Engenharia Mecânica Detalhada desenhos tipo C e D - PR141	07/07/08	5 dias	11/07/08	36
38	Aprovar Engenharia Mecânica Detalhada desenhos tipo C e D - PR141	14/07/08	5 dias	18/07/08	37
39	Elétrica	03/03/08	94 dias	17/07/08	
40	Projeto Elétrico PR141	03/03/08	29 dias	11/04/08	
41	Dimensionar cabos elétricos - PR141	03/03/08	5 dias	07/03/08	22
42	Escolher tipo de comando da alimentação - PR141	10/03/08	5 dias	14/03/08	41
43	Dimensionar do Conversor de Frequência - PR141	17/03/08	3 dias	19/03/08	42
44	Dimensionar chaves, disjuntores, resistores - PR141	20/03/08	3 dias	25/03/08	42;43
45	Escolher dos CLP's - PR141	17/03/08	3 dias	19/03/08	2;42
46	Dimensionar Painéis -PR141	26/03/08	3 dias	28/03/08	43;44;45
47	Verificar Cálculos Engenharia Elétrica - PR141	31/03/08	5 dias	04/04/08	41;42;43;44;45;46
48	Aprovar Cálculos Engenharia Elétrica - PR141	07/04/08	5 dias	11/04/08	47
49	Desenhos Elétricos PR141	14/04/08	65 dias	17/07/08	
50	Elaborar Desenhos Elétricos do Tipo A - PR141	14/04/08	15 dias	06/05/08	48
51	Verificar Desenhos Elétricos do Tipo A - PR141	07/05/08	5 dias	13/05/08	50
52	Aprovar Desenhos Elétricos do Tipo A - PR141	14/05/08	5 dias	20/05/08	51
53	Elaborar Desenhos Elétricos do Tipo B - PR141	21/05/08	10 dias	04/06/08	52
54	Verificar Desenhos Elétricos do Tipo B - PR141	05/06/08	5 dias	11/06/08	53
55	Aprovar Desenhos Elétricos do Tipo B - PR141	12/06/08	5 dias	19/06/08	54
56	Elaborar Desenhos Elétricos do Tipo C e D - PR141	20/06/08	10 dias	03/07/08	55
57	Verificar Desenhos Elétricos do Tipo C e D - PR141	04/07/08	5 dias	10/07/08	56
58	Aprovar Desenhos Elétricos do Tipo C e D - PR141	11/07/08	5 dias	17/07/08	57
59	PR142	18/02/08	105 dias	18/07/08	
60	Mecânica	18/02/08	105 dias	18/07/08	
61	Memorial de cálculo PR142	18/02/08	23 dias	19/03/08	

Id	Nome	Início	Duração	Término	Predecessoras
62	Dimensionar vigas principais e de cabeceira - PR142	18/02/08	10 dias	29/02/08	2
63	Escolher moto redutor - PR142	18/02/08	10 dias	29/02/08	2
64	Dimensionar cabo de aço - PR142	18/02/08	10 dias	29/02/08	2
65	Dimensionar eixos - PR142	18/02/08	10 dias	29/02/08	2
66	Dimensionar rodas e trilhos - PR142	18/02/08	10 dias	29/02/08	2
67	Dimensionar Tambor - PR142	03/03/08	3 dias	05/03/08	64
68	Verificar Cálculos Engenharia Mecânica - PR142	06/03/08	5 dias	12/03/08	67;62;63;64;65;66
69	Aprovar Cálculos Engenharia Mecânica - PR142	13/03/08	5 dias	19/03/08	68
70	Desenhos Mecânicos PR142	20/03/08	82 dias	18/07/08	
71	Elaborar Arranjo Geral Mecânico - A -PR142	20/03/08	10 dias	03/04/08	69;2
72	Verificar - Arranjo Geral Mecânico - A - PR142	04/04/08	5 dias	10/04/08	71
73	Aprovar - Arranjo Geral Mecânico - A - PR142	11/04/08	5 dias	17/04/08	72
74	Elaborar Engenharia Mecânica Básica - Desenhos tipo B - PR142	18/04/08	20 dias	19/05/08	69;73
75	Verificar - Engenharia Mecânica Básica - Desenhos tipo B - PR142	20/05/08	5 dias	27/05/08	74
76	Aprovar - Engenharia Mecânica Básica - Desenhos tipo B - PR142	28/05/08	5 dias	03/06/08	75
77	Elaborar Engenharia Mecânica Detalhada desenhos tipo C e D - PR142	04/06/08	22 dias	04/07/08	76
78	Verificar Engenharia Mecânica Detalhada desenhos tipo C e D - PR142	07/07/08	5 dias	11/07/08	77
79	Aprovar Engenharia Mecânica Detalhada desenhos tipo C e D - PR142	14/07/08	5 dias	18/07/08	78
80	Elétrica	03/03/08	94 dias	17/07/08	
81	Projeto Elétrico PR142	03/03/08	29 dias	11/04/08	
82	Dimensionar cabos elétricos -PR142	03/03/08	5 dias	07/03/08	63
83	Escolher tipo de comando da alimentação PR142	10/03/08	5 dias	14/03/08	82
84	Dimensionar Conversor de Frequencia -PR142	17/03/08	3 dias	19/03/08	83
85	Dimensionar chaves, disjuntores, resistores - PR142	20/03/08	3 dias	25/03/08	83;84
86	Escolher CLP's - PR142	17/03/08	3 dias	19/03/08	2;83
87	Dimensionar Painéis - PR142	26/03/08	3 dias	28/03/08	84;85;86
88	Verificar Cálculos Engenharia Elétrica - PR142	31/03/08	5 dias	04/04/08	82;83;84;85;86;87
89	Aprovar Cálculos Engenharia Elétrica - PR142	07/04/08	5 dias	11/04/08	88
90	Desenhos Elétricos PR142	14/04/08	65 dias	17/07/08	
91	Elaborar Desenhos Elétricos do Tipo A - PR142	14/04/08	15 dias	06/05/08	89
92	Verificar Desenhos Elétricos do Tipo A - PR142	07/05/08	5 dias	13/05/08	91
93	Aprovar Desenhos Elétricos do Tipo A - PR142	14/05/08	5 dias	20/05/08	92
94	Elaborar Desenhos Elétricos do Tipo B - PR142	21/05/08	10 dias	04/06/08	93

Id	Nome	Início	Duração	Término	Predecessoras
95	Verificar Desenhos Elétricos do Tipo B - PR142	05/06/08	5 dias	11/06/08	94
96	Aprovar Desenhos Elétricos do Tipo B - PR142	12/06/08	5 dias	19/06/08	95
97	Elaborar Desenhos Elétricos do Tipo C e D - PR142	20/06/08	10 dias	03/07/08	96
98	Verificar Desenhos Elétricos do Tipo C e D - PR142	04/07/08	5 dias	10/07/08	97
99	Aprovar Desenhos Elétricos do Tipo C e D - PR142	11/07/08	5 dias	17/07/08	98
100	Equipamentos e Materiais	03/03/08	106 dias	04/08/08	
101	Aquisições	03/03/08	106 dias	04/08/08	
102	Motoredutores PR141 e PR142	03/03/08	62 dias	02/06/08	
103	Aquisição - Motoredutores PR141 e PR142	03/03/08	10 dias	14/03/08	22;63
104	Fabricação - Motoredutores PR141 e PR142	17/03/08	44 dias	20/05/08	103
105	Testes Finais com presença GA - Motoredutores PR141 e PR142	21/05/08	5 dias	28/05/08	104
106	Entrega - Motoredutores PR141 e PR142	29/05/08	3 dias	02/06/08	105
107	Freios PR1 e PR2	20/03/08	52 dias	05/06/08	
108	Aquisição - Freios PR141 e PR142	20/03/08	5 dias	27/03/08	28;69
109	Fabricação - Freios PR141 e PR142	28/03/08	44 dias	02/06/08	108
110	Entrega - Freios PR141 e PR142	03/06/08	3 dias	05/06/08	109
111	Redutores PR141 e PR142	03/03/08	72 dias	17/06/08	
112	Aquisição - Redutores PR141 e PR142	03/03/08	10 dias	14/03/08	22;63
113	Fabricação - Redutores PR141 e PR142	17/03/08	54 dias	04/06/08	112
114	Testes Finais com presença GA - Redutores PR141 e PR142	05/06/08	5 dias	11/06/08	113
115	Entrega - Redutores PR141 e PR142	12/06/08	3 dias	17/06/08	114
116	Lubrificação centralizada	20/03/08	60 dias	18/06/08	
117	Aquisição - Lubrificação Centralizada PR141 e PR142	20/03/08	5 dias	27/03/08	28;69
118	Fabricação - Lubrificação Centralizada PR141 e PR142	28/03/08	50 dias	10/06/08	117
119	Entrega - Lubrificação Centralizada PR141 e PR142	11/06/08	5 dias	18/06/08	118
120	Chapas	03/03/08	21 dias	01/04/08	
121	Aquisição - Chapas PR141 e PR142	03/03/08	10 dias	14/03/08	21;62
122	Fabricação - Chapas PR141 e PR142	17/03/08	10 dias	31/03/08	121
123	Entrega - Chapas PR141 e PR142	01/04/08	1 dia	01/04/08	122
124	Cabine	03/03/08	82 dias	01/07/08	
125	Aquisição - Cabine PR141 e PR142	03/03/08	10 dias	14/03/08	10
126	Fabricação - Cabine PR141 e PR142	17/03/08	69 dias	26/06/08	125
127	Inspeção da GA - Cabine PR141 e PR142	27/06/08	1 dia	27/06/08	126

Id	Nome	Início	Duração	Término	Predecessoras
128	Entrega - Cabine PR141 e PR142	30/06/08	2 dias	01/07/08	126;127
129	Eletróimãs	03/03/08	106 dias	04/08/08	
130	Aquisição - Eletróimãs PR141 e PR142	03/03/08	10 dias	14/03/08	10
131	Fabricação - Eletróimãs PR141 e PR142	10/03/08	70 dias	20/06/08	
132	Eletrímãs e Painéis PR141	10/03/08	70 dias	20/06/08	
133	Fabricação de componentes dos eletróimãs PR141	10/03/08	30 dias	22/04/08	130TI-5 dias
134	Montagem dos eletróimãs PR141	23/04/08	30 dias	05/06/08	133
135	Fabricação dos painéis dos eletróimãs PR141	17/03/08	30 dias	29/04/08	130
136	Montagem elétrica dos Painéis Eletróimãs PR141	30/04/08	30 dias	12/06/08	135
137	Pintura - Conjunto de Eletróimãs PR141	16/06/08	5 dias	20/06/08	136;134
138	Eletróimãs e Painéis PR142	10/03/08	70 dias	20/06/08	
139	Fabricação de componentes dos eletróimãs PR142	10/03/08	30 dias	22/04/08	130TI-5 dias
140	Montagem dos eletróimãs PR142	23/04/08	30 dias	05/06/08	139
141	Fabricação dos painéis dos eletróimãs PR142	17/03/08	30 dias	29/04/08	130
142	Montagem elétrica dos Painéis Eletróimãs PR142	30/04/08	30 dias	12/06/08	141
143	Pintura - Conjunto de Eletróimãs PR142	16/06/08	5 dias	20/06/08	142;140
144	Testes Finais com presença GA - Eletróimãs PR141 e PR142 (conjunto completo com barra estabilizadora, sapatas e painéis do eletrímã)	19/06/08	2 dias	20/06/08	143TI-2 dias;137TI-2 dias
145	Apresentação de documentação do eletróima	20/06/08	0 dias	20/06/08	144
146	Transporte de eletróimãs e painéis - PR141 e PR142	23/06/08	20 dias	18/07/08	144
147	Desembarço alfandegário eletróimãs e painéis - PR141 e PR142	21/07/08	10 dias	01/08/08	146
148	Entrega do conjunto de Eletróimãs e painéis - PR141 e PR142	04/08/08	1 dia	04/08/08	145;147
149	Painéis Eletricos	10/03/08	67 dias	17/06/08	
150	Aquisição - Painéis Eletricos PR141 e PR142	10/03/08	10 dias	24/03/08	10TI+5 dias
151	Fabricação - Painéis Eletricos PR141 e PR142	25/03/08	55 dias	12/06/08	150
152	Testes Finais com presença da GA- PR141 - Painéis Eletricos	16/06/08	1 dia	16/06/08	151
153	Testes Finais com presença da GA - PR142 - Painéis Eletricos	16/06/08	1 dia	16/06/08	151
154	Entrega - Painéis Eletricos - PR141	17/06/08	1 dia	17/06/08	152
155	Entrega - Painéis Eletricos - PR142	17/06/08	1 dia	17/06/08	153
156	Aços diversos	06/03/08	82 dias	04/07/08	
157	Aquisição - Aços Diversos PR141 e PR142 (Rodas, mancais e eixos)	06/03/08	10 dias	19/03/08	64;65;66;67;23;24;25;26
158	Fabricação - Aços Diversos PR141 e PR142 (Rodas, mancais e eixos)	20/03/08	10 dias	03/04/08	157
159	Entrega - Aços Diversos PR141 e PR142 (Rodas, mancais e eixos)	04/04/08	5 dias	10/04/08	158

Id	Nome	Início	Duração	Término	Predecessoras
160	Aquisição - Aços Diversos PR141 e PR142 (Miscelânea)	04/06/08	22 dias	04/07/08	35;76
161	Fabricação - Aços Diversos PR141 e PR142 (Miscelânea)	04/06/08	22 dias	04/07/08	160II
162	Entrega - Aços Diversos PR141 e PR142 (Miscelânea)	04/06/08	22 dias	04/07/08	161II
163	Sobressalentes	21/05/08	15 dias	11/06/08	
164	Apresentar lista de sobressalentes	21/05/08	5 dias	28/05/08	28;32;48;52;69;73;89;93
165	Aprovar lista de sobressalentes	29/05/08	10 dias	11/06/08	164
166	Fabricação	03/03/08	90 dias	11/07/08	
167	PR141	03/03/08	72 dias	17/06/08	
168	Vigas PR141	02/04/08	51 dias	17/06/08	
169	Vigas principais PR141	02/04/08	51 dias	17/06/08	
170	Preparar Chapas - Vigas Principais - PR141	02/04/08	18 dias	28/04/08	10;123
171	Montar - Vigas Principais - PR141	29/04/08	13 dias	16/05/08	170
172	Soldar - Vigas Principais - PR141	19/05/08	5 dias	26/05/08	171
173	Teste de Ultra som com presença GA - Vigas Principais - PR141	27/05/08	1 dia	27/05/08	172
174	Pintura - Vigas Principais - PR141	12/06/08	3 dias	17/06/08	269
175	Viga de Cabeceira PR141	02/04/08	51 dias	17/06/08	
176	Preparar Chapas - Vigas Cabeceiras PR141	02/04/08	18 dias	28/04/08	123
177	Montar Estrutura - Vigas Cabeceiras PR141	29/04/08	13 dias	16/05/08	176
178	Soldar - Vigas Cabeceiras PR141	19/05/08	5 dias	26/05/08	177
179	Teste de Ultra som com presença GA - Vigas Cabeceiras PR141	27/05/08	1 dia	27/05/08	178
180	Usinagem de Rodas - Vigas Cabeceiras PR141	11/04/08	30 dias	27/05/08	159
181	Usinagem de Eixos - Vigas Cabeceiras PR141	11/04/08	30 dias	27/05/08	159
182	Usinagem de Mancais - Vigas Cabeceiras PR141	11/04/08	30 dias	27/05/08	159
183	Usinagem na viga de Cabeceira - Vigas Cabeceiras PR141	23/05/08	3 dias	27/05/08	176;182TT
184	Pintura - Vigas Cabeceiras PR141	12/06/08	3 dias	17/06/08	269
185	Passadiço PR141	02/04/08	51 dias	17/06/08	
186	Preparar Chapas - Passadiço PR141	02/04/08	22 dias	05/05/08	123
187	Montar - Passadiço PR141	06/05/08	10 dias	19/05/08	186
188	Soldar - Passadiço PR141	06/05/08	10 dias	19/05/08	187II
189	Pintura - Passadiço PR141	12/06/08	3 dias	17/06/08	270
190	Rodas PR141	03/03/08	64 dias	04/06/08	
191	Comprar material para fabricar rodas PR141	03/03/08	30 dias	14/04/08	25
192	Fabricar rodas PR141	15/04/08	33 dias	03/06/08	191

Id	Nome	Início	Duração	Término	Predecessoras
193	Inspeção da GA - Rodas PR141	04/06/08	1 dia	04/06/08	192
194	Carros PR141	02/04/08	38 dias	28/05/08	
195	Carros A PR141	02/04/08	38 dias	28/05/08	
196	Preparar Chapas - Carro A PR141	02/04/08	18 dias	28/04/08	123
197	Montar Estrutura - Carro A PR141	29/04/08	13 dias	16/05/08	196
198	Soldar - Carro A PR141	19/05/08	4 dias	23/05/08	197
199	Usinagem de Roldanas - Carro A PR141	11/04/08	30 dias	27/05/08	159
200	Usinagem de Eixos - Carro A PR141	11/04/08	30 dias	27/05/08	159
201	Usinagem de Mancais - Carro A PR141	11/04/08	30 dias	27/05/08	159
202	Usinagem da Célula de Carga - Carro A PR141	11/04/08	30 dias	27/05/08	159
203	Usinagem Tambor - Carro A PR141	11/04/08	30 dias	27/05/08	159
204	Pintura - Carro A PR141	26/05/08	3 dias	28/05/08	198
205	Inspeção da GA - Carro A PR141	28/05/08	1 dia	28/05/08	203;202;201;200;199;198
206	Carros B PR141	02/04/08	38 dias	28/05/08	
207	Preparar Chapas - Carro B PR141	02/04/08	18 dias	28/04/08	123
208	Montar Estrutura - Carro B PR141	29/04/08	13 dias	16/05/08	207
209	Soldar - Carro B PR141	19/05/08	4 dias	23/05/08	208
210	Usinagem de Roldanas - Carro B PR141	11/04/08	30 dias	27/05/08	159
211	Usinagem de Eixos - Carro B PR141	11/04/08	30 dias	27/05/08	159
212	Usinagem de Mancais - Carro B PR141	11/04/08	30 dias	27/05/08	159
213	Usinagem da Célula de Carga - Carro B PR141	11/04/08	30 dias	27/05/08	159
214	Usinagem Tambor - Carro B PR141	11/04/08	30 dias	27/05/08	159
215	Pintura - Carro B PR141	26/05/08	3 dias	28/05/08	209
216	Inspeção da GA - Carro B PR141	28/05/08	1 dia	28/05/08	214;213;212;211;210;209
217	PR142	03/03/08	90 dias	11/07/08	
218	Vigas PR142	01/04/08	54,75 dias	23/06/08	
219	Vigas principais PR142	01/04/08	54,5 dias	23/06/08	
220	Preparar Chapas - Vigas Principais PR142	01/04/08	18 dias	24/04/08	123;10
221	Montar - Vigas Principais PR142	24/04/08	15 dias	13/05/08	220
222	Soldar - Vigas Principais PR142	13/05/08	5 dias	20/05/08	221
223	Teste de Ultra som com presença GA - Vigas Principais PR142	20/05/08	1 dia	21/05/08	222
224	Pintura - Vigas Principais PR142	18/06/08	3 dias	23/06/08	277

Id	Nome	Início	Duração	Término	Predecessoras
225	Viga de Cabeceira PR142	01/04/08	54,5 dias	23/06/08	
226	Preparar Chapas - Vigas Cabeceiras PR142	01/04/08	22 dias	29/04/08	123
227	Montar Estrutura - Vigas Cabeceiras PR142	29/04/08	15 dias	19/05/08	226
228	Soldar - Vigas Cabeceiras PR142	19/05/08	5 dias	26/05/08	227
229	Teste de Ultra som com presença GA - Vigas Cabeceiras PR142	26/05/08	1 dia	27/05/08	228
230	Usinagem de Rodas - Vigas Cabeceiras PR142	10/04/08	44 dias	05/06/08	159
231	Usinagem de Eixos - Vigas Cabeceiras PR142	10/04/08	44 dias	05/06/08	159
232	Usinagem de Mancais - Vigas Cabeceiras PR142	10/04/08	44 dias	05/06/08	159
233	Usinagem na viga de Cabeceira - Vigas Cabeceiras PR142	05/06/08	3 dias	10/06/08	229;232
234	Pintura - Vigas Cabeceiras PR142	18/06/08	3 dias	23/06/08	277
235	Passadiço PR142	02/04/08	54,75 dias	23/06/08	
236	Preparar Chapas - Passadiço PR142	02/04/08	22 dias	05/05/08	123
237	Montar - Passadiço PR142	06/05/08	10 dias	19/05/08	236
238	Soldar - Passadiço PR142	06/05/08	10 dias	19/05/08	237II
239	Pintura - Passadiço PR142	18/06/08	3 dias	23/06/08	278
240	Rodas PR142	03/03/08	64 dias	04/06/08	
241	Comprar material para fabricar rodas PR142	03/03/08	30 dias	14/04/08	66
242	Fabricar rodas PR142	15/04/08	33 dias	03/06/08	241
243	Inspeção da GA - Rodas PR142	04/06/08	1 dia	04/06/08	242
244	Carros PR 142	01/04/08	69 dias	11/07/08	
245	Carros A PR142	01/04/08	68,63 dias	11/07/08	
246	Preparar Chapas - Carro A PR142	01/04/08	22 dias	29/04/08	123
247	Montar Estrutura - Carro A PR142	29/04/08	15 dias	19/05/08	246
248	Soldar - Carro A PR142	19/05/08	4 dias	23/05/08	247
249	Usinagem de Roldanas - Carro A PR142	10/04/08	44 dias	05/06/08	159
250	Usinagem de Eixos - Carro A PR142	10/04/08	44 dias	05/06/08	159
251	Usinagem de Mancais - Carro A PR142	10/04/08	44 dias	05/06/08	159
252	Usinagem da Célula de Carga - Carro A PR142	10/04/08	37 dias	28/05/08	159
253	Usinagem Tambor - Carro A PR142	10/04/08	44 dias	05/06/08	159
254	Pintura - Carro A PR142	08/07/08	3 dias	11/07/08	281
255	Inspeção da GA - Carro A PR142	09/07/08	1 dia	09/07/08	253;252;251;250;249;248;281;273
256	Carros B PR142	01/04/08	69 dias	11/07/08	

Id	Nome	Início	Duração	Término	Predecessoras
257	Preparar Chapas - Carro B PR142	01/04/08	22 dias	29/04/08	123
258	Montar Estrutura - Carro B PR142	29/04/08	15 dias	19/05/08	257
259	Soldar - Carro B PR142	19/05/08	4 dias	23/05/08	258
260	Usinagem de Roldanas - Carro B PR142	10/04/08	44 dias	05/06/08	159
261	Usinagem de Eixos - Carro B PR142	10/04/08	44 dias	05/06/08	159
262	Usinagem de Mancais - Carro B PR142	10/04/08	44 dias	05/06/08	159
263	Usinagem da Célula de Carga - Carro B PR142	10/04/08	44 dias	05/06/08	159
264	Usinagem Tambor - Carro B PR142	11/04/08	44 dias	17/06/08	159
265	Pintura - Carro B PR142	09/07/08	3 dias	11/07/08	281
266	Inspeção da GA - Carro B PR142	09/07/08	1 dia	09/07/08	264;263;262;261;260;259;281;273
267	Montagem na Empresa K&L	05/06/08	34 dias	23/07/08	
268	PR141	05/06/08	26 dias	11/07/08	
269	Viga de Cabeceira/Vigas Principais - Montagem na K&L da Viga de Cabeceira PR141	05/06/08	5 dias	11/06/08	180;181;182;183;172;178;173;193
270	Passadiço - Montagem do Passadiço na K&L - PR141	05/06/08	5 dias	11/06/08	269II;187;188
271	Parte Elétrica - Montagem na K&L da Parte Elétrica - PR141	18/06/08	13 dias	04/07/08	154;269;270
272	Montagem da Barra de Carga - Motoredutor - PR141	02/07/08	3 dias	04/07/08	144;115;137;269;273;106;110
273	Carros - Montagem dos Carros na K&L - PR141	18/06/08	10 dias	01/07/08	115;199;200;201;202;203;210;211;214;209;198;212;213;106;110
274	Testes finais na K&L com presença da GA - PR141	07/07/08	1 dia	07/07/08	269;271;272;273;162TI-15 dias;161TI-15 dias;160TI-15 dias;215;204;184;189;174
275	Desmontagem para transporte - PR141	08/07/08	4 dias	11/07/08	274
276	PR142	10/06/08	30,25 dias	23/07/08	
277	Viga de Cabeceira/Vigas Principais - Montagem na K&L da Viga de Cabeceira PR142	10/06/08	5 dias	18/06/08	230;231;232;233;228;222;223;243
278	Passadiço - Montagem do Passadiço na K&L- PR142	10/06/08	5 dias	18/06/08	238;237;277II
279	Parte Elétrica - Montagem na K&L da Parte Elétrica - PR142	18/06/08	13 dias	07/07/08	155;277;278
280	Montagem da Barra de Carga - Motoredutor - PR142	09/07/08	5 dias	15/07/08	144;115;143;277;281;106;110
281	Carros - Montagem dos Carros na K&L- PR142	18/06/08	15 dias	08/07/08	115;249;250;251;253;260;261;262;263;264;248;259;252;106;110

Id	Nome	Início	Duração	Término	Predecessoras
282	Testes finais na K&L com presença da GA - PR142	16/07/08	1 dia	16/07/08	128;277;279;280;281;162;161;160;265;254;239;234;224
283	Desmontagem para transporte - PR142	17/07/08	5 dias	23/07/08	282
284	Transporte	14/07/08	11 dias	28/07/08	
285	Transporte PR 141	14/07/08	3 dias	16/07/08	
286	Vigas Principais - Transporte PR141	14/07/08	3 dias	16/07/08	
287	Embarcar Viga Principal PR141	14/07/08	1 dia	14/07/08	275
288	Receber Viga Principal PR141	15/07/08	2 dias	16/07/08	287
289	Conferir Viga Principal PR141	16/07/08	0 dias	16/07/08	288
290	Carros - Transporte PR141	14/07/08	3 dias	16/07/08	
291	Embarcar Carros PR141	14/07/08	1 dia	14/07/08	275;205;216
292	Receber Carros PR141	15/07/08	2 dias	16/07/08	291
293	Conferir Carros PR141	16/07/08	0 dias	16/07/08	292
294	Passadiços - Transporte PR141	14/07/08	3 dias	16/07/08	
295	Embarcar Passadiço PR141	14/07/08	1 dia	14/07/08	275
296	Receber Passadiço PR141	15/07/08	2 dias	16/07/08	295
297	Conferir Passadiço PR141	16/07/08	0 dias	16/07/08	296
298	Componentes diversos - Transporte PR141	14/07/08	3 dias	16/07/08	
299	Embarcar Componentes Diversos PR141	14/07/08	1 dia	14/07/08	275;193
300	Receber Componentes Diversos PR141	15/07/08	2 dias	16/07/08	299
301	Conferir Componentes Diversos PR141	16/07/08	0 dias	16/07/08	300
302	Transporte PR142	24/07/08	3 dias	28/07/08	
303	Vigas Principais - Transporte PR142	24/07/08	3 dias	28/07/08	
304	Embarcar Viga Principal PR142	24/07/08	1 dia	24/07/08	283
305	Receber Viga Principal PR142	25/07/08	2 dias	28/07/08	304
306	Conferir Viga Principal PR142	28/07/08	0 dias	28/07/08	305
307	Carros - Transporte PR142	24/07/08	3 dias	28/07/08	
308	Embarcar Carros PR142	24/07/08	1 dia	24/07/08	283;255;266
309	Receber Carros PR142	25/07/08	2 dias	28/07/08	308
310	Conferir Carros PR142	28/07/08	0 dias	28/07/08	309
311	Passadiços - Transporte PR142	24/07/08	3 dias	28/07/08	
312	Embarcar Passadiço PR142	24/07/08	1 dia	24/07/08	283
313	Receber Passadiço PR142	25/07/08	2 dias	28/07/08	312

Id	Nome	Início	Duração	Término	Predecessoras
314	Conferir Passadiço PR142	28/07/08	0 dias	28/07/08	313
315	Componentes diversos - Transporte PR142	24/07/08	3 dias	28/07/08	
316	Embarcar Componentes Diversos PR142	24/07/08	1 dia	24/07/08	283;243
317	Receber Componentes Diversos PR142	25/07/08	2 dias	28/07/08	316
318	Conferir Componentes Diversos PR142	28/07/08	0 dias	28/07/08	317
319	Eventos de pagamento	18/02/08	170 dias	17/10/08	
393	IMPLANTAÇÃO	10/03/08	123 dias	03/09/08	
394	Montagem final Açominas - Laminação Perfis	26/05/08	59 dias	15/08/08	
395	Montagem final GA PR141	26/05/08	59 dias	15/08/08	
396	Destelamento região do galpão da PR141 GA	23/07/08	5 dias	29/07/08	399TI+19 dias
397	Telhamento região do galpão da PR141 GA	30/07/08	5 dias	05/08/08	396;401;402
398	Mobilização de Guindaste - Montagem Final PR141	26/05/08	22 dias	25/06/08	2TI+66 dias
399	Mobilização de Pessoal - Montagem Final PR141	26/05/08	22 dias	25/06/08	2TI+66 dias
400	Preparação das Vigas Principais - Montagem Final PR141	17/07/08	1 dia	17/07/08	289
401	Elevação das vigas - Montagem Final PR141	18/07/08	1 dia	18/07/08	398;400;399;297
402	Montagem dos carros - Montagem Final PR141	21/07/08	3 dias	23/07/08	401;398;399;293
403	Montagem da Cabine - Montagem Final PR141	21/07/08	3 dias	23/07/08	401;399;398
404	Montagem Elétrica - Montagem Final PR141	05/08/08	4 dias	08/08/08	402;403;401;148
405	Montagem dos componentes diversos - Montagem Final PR141	24/07/08	10 dias	06/08/08	402;403;401;301
406	Parametrização - Montagem Final PR141	11/08/08	1 dia	11/08/08	402;403;404;405
407	Teste Elétrico a Frio - Montagem Final PR141	12/08/08	1 dia	12/08/08	406
408	Ajuste in loco - Montagem Final PR141	13/08/08	1 dia	13/08/08	407
409	Teste de Eletroímãs - Montagem Final PR141	14/08/08	2 dias	15/08/08	408
410	Término de Montagem PR141	15/08/08	0 dias	15/08/08	409
411	Entrega Sobressalentes PR141	15/08/08	0 dias	15/08/08	412
412	Inop PR141	15/08/08	0 dias	15/08/08	410;409;408;407;406;405;404;403;402;401;400;399;398;396;397
413	Emissão do PAC PR141 - Certificado de Aceitação Preliminar	15/08/08	0 dias	15/08/08	411;412;165;179
414	Emissão de Relatório de montagem - Montagem Final PR141	15/08/08	0 dias	15/08/08	412
415	Montagem final GA PR142	26/05/08	59 dias	15/08/08	
416	Destelamento região do galpão da PR142 GA	23/07/08	5 dias	29/07/08	419TI+19 dias
417	Telhamento região do galpão da PR142 GA	05/08/08	5 dias	11/08/08	416;421;422

Id	Nome	Início	Duração	Término	Predecessoras
418	Mobilização de Guindaste - Montagem Final PR142	26/05/08	22 dias	25/06/08	2TI+66 dias
419	Mobilização de Pessoal - Montagem Final PR142	26/05/08	22 dias	25/06/08	2TI+66 dias
420	Preparação das Vigas Principais - Montagem Final PR142	29/07/08	1 dia	29/07/08	306
421	Elevação das vigas - Montagem Final PR142	30/07/08	1 dia	30/07/08	418;420;419IT;314
422	Montagem dos carros - Montagem Final PR142	31/07/08	3 dias	04/08/08	421;418;419;310
423	Montagem da Cabine - Montagem Final PR142	31/07/08	3 dias	04/08/08	421;418;419
424	Montagem Elétrica - Montagem Final PR142	05/08/08	4 dias	08/08/08	422;423;421;148
425	Montagem dos componentes diversos - Montagem Final PR142	05/08/08	4 dias	08/08/08	422;423;318
426	Parametrização - Montagem Final PR142	11/08/08	1 dia	11/08/08	422;423;424;425
427	Teste Elétrico a Frio - Montagem Final PR142	12/08/08	1 dia	12/08/08	426
428	Ajuste in loco - Montagem Final PR142	13/08/08	1 dia	13/08/08	427
429	Teste de Eletroímãs - Montagem Final PR142	14/08/08	2 dias	15/08/08	428
430	Término de Montagem PR142	15/08/08	0 dias	15/08/08	429;417
431	Entrega Sobressalentes PR142	15/08/08	0 dias	15/08/08	432
432	Inop PR142	15/08/08	0 dias	15/08/08	430;429;428;427;426;425;424;423;422;421;420;419;418;417;416
433	Emissão do PAC PR142 - Certificado de Aceitação Preliminar	15/08/08	0 dias	15/08/08	431;432
434	Emissão de Relatório de montagem - Montagem Final PR142	15/08/08	0 dias	15/08/08	432

Tabela 5: Cronograma de fornecimento da ponte rolante do fornecedor

ANEXO II

Id	Nome	Duração Otimista	Duração Pessimista	Duração Mais Provável
2	Contrato Assinado - Etapa de Aquisição Concluída	0	0	0
5	Kick Off do Projeto	2	2	2
9	Elaborar Plano de Comunicação	1	1	1
10	Aprovar Plano de Fabricação	2	7	7
21	Dimensionar vigas principais e de cabeceira da PR141	10	62	10
22	Escolher moto redutor da PR141	10	62	10
23	Dimensionar cabo de aço da PR141	10	62	10
24	Dimensionar eixos PR141	10	62	10
25	Dimensionar rodas e trilhos PR141	10	62	10
26	Dimensionar Tambor PR141	3	53	3
27	Verificação da GA Cálculos Engenharia Mecânica PR141	3	5	5
28	Aprovar Cálculos Engenharia Mecânica PR141	2	10	5
30	Elaborar Arranjo Geral Mecânico - A - PR141	5	30	10
31	Verificação da GA Arranjo Geral Mecânico - A - PR141	3	5	5
32	Aprovar - Arranjo Geral Mecânico - A - PR141	5	10	5
33	Elaborar Engenharia Mecânica Básica - Desenhos tipo B - PR141	10	39	20
34	Verificação da GA Engenharia Mecânica Básica - desenho tipo B - PR141	3	5	5
35	Aprovar - Engenharia Mecânica Básica - Desenhos tipo B - PR141	2	10	5
36	Elaborar Engenharia Mecânica Detalhada desenhos tipo C e D -PR141	15	26	22
37	Verificação Engenharia Mecânica Detalhada desenhos tipo C e D - PR141	3	5	5
38	Aprovar Engenharia Mecânica Detalhada desenhos tipo C e D - PR141	2	10	5

Id	Nome	Duração Otimista	Duração Pessimista	Duração Mais Provável
41	Dimensionar cabos elétricos - PR141	4	57,5	5
42	Escolher tipo de comando da alimentação - PR141	4	54,25	5
43	Dimensionar do Conversor de Frequência - PR141	2	49,75	3
44	Dimensionar chaves, disjuntores, resistores - PR141	2	46,38	3
45	Escolher dos CLP's - PR141	2	4	3
46	Dimensionar Painéis -PR141	2	42	3
47	Verificar Cálculos Engenharia Elétrica - PR141	3	5	5
48	Aprovar Cálculos Engenharia Elétrica - PR141	2	10	5
50	Elaborar Desenhos Elétricos do Tipo A - PR141	10	15	15
51	Verificar Desenhos Elétricos do Tipo A - PR141	3	5	5
52	Aprovar Desenhos Elétricos do Tipo A - PR141	2	11,13	5
53	Elaborar Desenhos Elétricos do Tipo B - PR141	5	10	10
54	Verificar Desenhos Elétricos do Tipo B - PR141	3	5	5
55	Aprovar Desenhos Elétricos do Tipo B - PR141	2	10	5
56	Elaborar Desenhos Elétricos do Tipo C e D - PR141	5	55	10
57	Verificar Desenhos Elétricos do Tipo C e D - PR141	3	5	5
58	Aprovar Desenhos Elétricos do Tipo C e D - PR141	2	27	5
62	Dimensionar vigas principais e de cabeceira - PR142	10	64	10
63	Escolher moto redutor - PR142	10	64	10
64	Dimensionar cabo de aço - PR142	10	64	10
65	Dimensionar eixos - PR142	10	64	10
66	Dimensionar rodas e trilhos - PR142	10	64	10
67	Dimensionar Tambor - PR142	3	53,72	3
68	Verificar Cálculos Engenharia Mecânica - PR142	3	5	5
69	Aprovar Cálculos Engenharia Mecânica - PR142	2	10,6	5
71	Elaborar Arranjo Geral Mecânico - A -PR142	5	30	10

Id	Nome	Duração Otimista	Duração Pessimista	Duração Mais Provável
72	Verificar - Arranjo Geral Mecânico - A - PR142	3	5	5
73	Aprovar - Arranjo Geral Mecânico - A - PR142	2	10	5
74	Elaborar Engenharia Mecânica Básica - Desenhos tipo B - PR142	10	39	20
75	Verificar - Engenharia Mecânica Básica - Desenhos tipo B - PR142	3	5	5
76	Aprovar - Engenharia Mecânica Básica - Desenhos tipo B - PR142	2	10	5
77	Elaborar Engenharia Mecânica Detalhada desenhos tipo C e D - PR142	15	73,63	22
78	Verificar Engenharia Mecânica Detalhada desenhos tipo C e D - PR142	3	5	5
79	Aprovar Engenharia Mecânica Detalhada desenhos tipo C e D - PR142	2	26	5
82	Dimensionar cabos elétricos -PR142	4	57,5	5
83	Escolher tipo de comando da alimentação PR142	4	54,25	5
84	Dimensionar Conversor de Frequencia -PR142	2	49,75	3
85	Dimensionar chaves, disjuntores, resistores - PR142	2	46,38	3
86	Escolher CLP's - PR142	2	5	3
87	Dimensionar Painéis - PR142	2	42	3
88	Verificar Cálculos Engenharia Elétrica - PR142	3	5	5
89	Aprovar Cálculos Engenharia Elétrica - PR142	2	10	5
91	Elaborar Desenhos Elétricos do Tipo A - PR142	10	15	15
92	Verificar Desenhos Elétricos do Tipo A - PR142	3	5	5
93	Aprovar Desenhos Elétricos do Tipo A - PR142	2	12,13	5
94	Elaborar Desenhos Elétricos do Tipo B - PR142	5	10	10
95	Verificar Desenhos Elétricos do Tipo B - PR142	3	5	5
96	Aprovar Desenhos Elétricos do Tipo B - PR142	2	10	5
97	Elaborar Desenhos Elétricos do Tipo C e D - PR142	5	55	10
98	Verificar Desenhos Elétricos do Tipo C e D - PR142	3	5	5
99	Aprovar Desenhos Elétricos do Tipo C e D - PR142	2	27	5
112	Aquisição - Redutores PR141 e PR142	5	10	10

Id	Nome	Duração Otimista	Duração Pessimista	Duração Mais Provável
113	Fabricação - Redutores PR141 e PR142	50	76,88	54
114	Testes Finais com presença GA - Redutores PR141 e PR142	1	5	5
115	Entrega - Redutores PR141 e PR142	1	3	3
130	Aquisição - Eletroímãs PR141 e PR142	5	10	10
135	Fabricação dos painéis dos eletroímãs PR141	27	30	30
136	Montagem elétrica dos Painéis Eletroímãs PR141	27	30	30
137	Pintura - Conjunto de Eletroímãs PR141	3	5	5
141	Fabricação dos painéis dos eletroímãs PR142	27	30	30
142	Montagem elétrica dos Painéis Eletroímãs PR142	27	30	30
143	Pintura - Conjunto de Eletroímãs PR142	3	5	5
144	Testes Finais com presença GA - Eletroímãs PR141 e PR142 (conjunto completo com barra estabilizadora, sapatas e painéis do eletrímã)	2	2	2
146	Transporte de eletroímãs e painéis - PR141 e PR142	15	20	20
147	Desembarço alfandegário eletroímãs e painéis - PR141 e PR142	7	10	10
148	Entrega do conjunto de Eletroímãs e painéis - PR141 e PR142	1	1	1
157	Aquisição - Aços Diversos PR141 e PR142 (Rodas, mancais e eixos)	5	10	10
158	Fabricação - Aços Diversos PR141 e PR142 (Rodas, mancais e eixos)	5	10	10
159	Entrega - Aços Diversos PR141 e PR142 (Rodas, mancais e eixos)	1	5,38	5
254	Pintura - Carro A PR142	3	3	3
264	Usinagem Tambor - Carro B PR142	22	69,5	44
265	Pintura - Carro B PR142	3	3	3
280	Montagem da Barra de Carga - Motoredutor - PR142	5	21	5
281	Carros - Montagem dos Carros na K&L- PR142	15	15,4	15
282	Testes finais na K&L com presença da GA - PR142	1	5,5	1
283	Desmontagem para transporte - PR142	5	9,88	5
304	Embarcar Viga Principal PR142	1	1	1
305	Receber Viga Principal PR142	2	2	2

Id	Nome	Duração Otimista	Duração Pessimista	Duração Mais Provável
306	Conferir Viga Principal PR142	0	0	0
404	Montagem Elétrica - Montagem Final PR141	4	4	4
406	Parametrização - Montagem Final PR141	1	3	1
407	Teste Elétrico a Frio - Montagem Final PR141	1	3	1
408	Ajuste in loco - Montagem Final PR141	1	1	1
409	Teste de Eletroímãs - Montagem Final PR141	1	2	2
410	Término de Montagem PR141	0	0	0
412	Inop PR141	0	0	0
420	Preparação das Vigas Principais - Montagem Final PR142	1	1	1
421	Elevação das vigas - Montagem Final PR142	1	1	1
422	Montagem dos carros - Montagem Final PR142	3	3	3
423	Montagem da Cabine - Montagem Final PR142	3	3	3
424	Montagem Elétrica - Montagem Final PR142	4	4	4
425	Montagem dos componentes diversos - Montagem Final PR142	4	4	4
426	Parametrização - Montagem Final PR142	1	3	1
427	Teste Elétrico a Frio - Montagem Final PR142	1	1	1
428	Ajuste in loco - Montagem Final PR142	1	1	1
429	Teste de Eletroímãs - Montagem Final PR142	1	2	2
430	Término de Montagem PR142	0	0	0
432	Inop PR142	0	0	0

Tabela 6: Atividades críticas identificadas pelo time do projeto