

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LUIZ FELIPE HILÁRIO TISCOSKI

**COMPARAÇÃO ENTRE CRONOGRAMAS FEITOS DE
MANEIRA CONVENCIONAL, APLICANDO O MODELO
PROBABILÍSTICO DE MONTE CARLO E O REAL. PARA A
EXECUÇÃO DO CONTRATO EPC DE UMA PEQUENA
CENTRAL HIDRELÉTRICA.**

Florianópolis, novembro de 2014

LUIZ FELIPE HILÁRIO TISCOSKI

COMPARAÇÃO ENTRE CRONOGRAMAS FEITOS DE MANEIRA CONVENCIONAL, APLICANDO O MODELO PROBABILÍSTICO DE MONTE CARLO E O REAL. PARA A EXECUÇÃO DO CONTRATO EPC DE UMA PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA

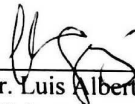
Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Engenheiro Civil. Sob a orientação do Professor Dr. Luis Alberto Gómez.

Florianópolis, novembro de 2014

LUIZ FELIPE HILÁRIO TISCOSKI

COMPARAÇÃO ENTRE CRONOGRAMAS FEITOS DE MANEIRA
CONVENCIONAL, APLICANDO O MODELO PROBABILÍSTICO
DE MONTE CARLO E O REAL. PARA A EXECUÇÃO DO
CONTRATO EPC DE UMA PEQUENA CENTRAL HIDRELÉTRICA

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Universidade Federal de Santa Catarina como
parte dos requisitos necessários para a
obtenção do título de engenheiro civil.



Professor, Dr. Luis Alberto Gómez,
Orientador

Florianópolis, novembro de 2014

Resumo

Com a proposta de avaliar a eficácia da utilização do método probabilístico de Monte Carlo na elaboração de cronogramas e analisar os resultados obtidos durante a execução de parte de uma Pequena Central Hidrelétrica confrontando com os objetivos previstos, este trabalho monitorou o andamento da obra durante 40 meses e elaborou um cronograma utilizando o método probabilístico, afim de confrontar os resultados previstos e o realizado, além de analisar os impactos na relação entre custo e prazo de execução do projeto.. Para elaborar o cronograma foi necessário utilizar um roteiro de planejamento compreendendo a identificação das atividades, definição das durações das etapas, definição da precedência, montagem do diagrama de barras, identificação dos caminhos críticos, montagem do cronograma, estimativa ocorrência de tempos otimistas e pessimistas. Após a elaboração, o cronograma foi monitorado diariamente através do contato com gestores de cada área do projeto, semanalmente através de relatórios fotográficos e mensalmente através de relatórios de progresso. Desta forma, verificou-se os prazos das atividades monitorando o andamento e tomando ações para o cumprimento dos objetivos. Com a conclusão das atividades foi possível avaliar os resultados obtidos e apontar os principais motivos pelo acréscimo de vinte meses ao cronograma inicial. Durante a avaliação dos resultados foi possível identificar atrasos nas obrigações da contratante, por tanto, imprevisíveis e sem responsabilidade da contratada. Por outro lado, houveram também desvios consideráveis nas atividades da empresa responsável que impactaram diretamente no cronograma do empreendimento. Tais ocorrências somente puderam ser monitoradas e mitigadas através da elaboração e monitoramento do cronograma inicial, que se confirmou como ferramenta indispensável para planejamento e gestão do contrato.

Palavras chave: planejamento, cronograma, pequena central hidrelétrica, PCH, EPC, Método de Monte Carlo.

ABSTRACT

With the purpose of evaluating the effectiveness of the use of probabilistic Monte Carlo in preparation of schedules and analyze the results obtained during the execution of part of a SHP confronted with the planned objectives, this study monitored the progress of the work during 40 months and drew up a schedule using the probabilistic method, in order to confront the expected results and the performed, and analyze the impacts on the relationship between cost and schedule of the project implementation .. to prepare the schedule was necessary to use a script planning including the identification activities, defining the duration of the stages, the precedence setting, mounting the bar chart, identification of critical paths, schedule installation, estimated occurrence of optimistic and pessimistic times. After the development, the schedule was monitored daily through contact with managers of each project area, through weekly and monthly reports of photographic through progress reports. Thus, there was the timing of the activities monitoring the progress and taking actions to meet the objectives. With the completion of activities was possible to evaluate the results and identify the main reasons for the twenty months addition to the initial schedule. During the evaluation of the results was possible to identify delays in the contractor's obligations, therefore, unpredictable and without liability of the contractor. On the other hand, there were also considerable deviations in the activities of responsible company that impacted directly on the project schedule. Such occurrences could only be monitored and mitigated through the development and monitoring of the initial schedule, which was confirmed as an indispensable tool for planning and contract management.

Keywords: planning, scheduling, small hydropower plant, SHP, EPC, Monte Carlo method.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Atividade básica de um projeto (Limmer, 2013)..... | 13 |
| Figura 2 - Ciclo de retroalimentação do projeto (Limmer, 2013). | 14 |
| Figura 3 - Variação tempo – custo (Limmer, 2013)..... | 22 |
| Figura 4 - Curva para classificação ABC..... | 24 |
| Figura 5 - Modelo de contrato EPC | 28 |
| Figura 6 - Concepção do EPC..... | 29 |
| Figura 7 - PCH Veracruz - Casa de Força e Subestação. (Foto: Engevix SA)..... | 33 |
| Figura 8 - Localização PCH Veracruz | 34 |
| Figura 9 - Arranjo geral da casa de força e subestação. (Fonte Engevix SA)..... | 35 |
| Figura 10 - Casa de força. (Fonte: Engevix SA)..... | 36 |
| Figura 11 - Composição custo unitário/Produtividade (DNIT, 2003)... | 39 |
| Figura 12 - Oxidação de partes da turbina (ENGEVIX SA)..... | 48 |
| Figura 13 - Grande volume de chuvas (ENGEVIX SA)..... | 49 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Exemplo de cálculo para definição de prazo de atividades.. | 16 |
| Tabela 2 - Ficha técnica - Dados gerais | 33 |
| Tabela 3 - Resumo de quantidades..... | 39 |
| Tabela 4 - Caminho crítico, utilizando cronograma convencional..... | 40 |
| Tabela 5 - Calculo de duração otimista, pessimista e normal. | 43 |
| Tabela 6 – Duração de cada simulação realizada para o projeto..... | 44 |
| Tabela 7 - Caminho crítico, utilizando Monte Carlo..... | 45 |
| Tabela 8 - Atrasos com responsabilidades do cliente..... | 48 |
| Tabela 9 - Atrasos com responsabilidades do EPCista | 49 |
| Tabela 10 – Comparativo entre cronogramas..... | 52 |
| Tabela 11 - Classificação ABC do custo previsto | 54 |
| Tabela 12 - Classificação ABC do custo realizado | 55 |
| Tabela 13 - Comparação entre custos previstos e realizados | 56 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Gráfico 1 - Gráfico de Gantt (Limmer, 2013) | 18 |
| Gráfico 2 - Curva S - Recurso x Tempo (Limmer, 2013)..... | 19 |
| Gráfico 3 - Escolha do tipo de turbina (ELETROBRÁS S.A, 2000)..... | 26 |
| Gráfico 4 - Capacidade efetiva instalada (SENER, 2012)..... | 29 |
| Gráfico 5 - Gráfico de Gantt - Cronograma convencional | 41 |
| Gráfico 6 - Gráfico de Gantt - Método de Monte Carlo | 46 |
| Gráfico 7 - Curva S - Relação Custo x Prazo de execução..... | 51 |
| Gráfico 8 - Curva S - Avanços físico previstos e realizado..... | 53 |
| Gráfico 9 - Curva ABC Previsto e Realizado | 55 |

SUMARIO

| | |
|--|----|
| 1 - Introdução..... | 8 |
| 1.1 - Justificativa | 9 |
| 1.2 - Objetivos..... | 9 |
| 1.2.1 - Objetivo geral..... | 9 |
| 1.2.2 - Objetivos específicos..... | 9 |
| 1.3 - Definições do Trabalho de Conclusão de Curso..... | 10 |
| 2 - Revisão bibliográfica..... | 11 |
| 2.1 - Planejamento..... | 11 |
| 2.1.1 - Definições de planejamento | 11 |
| 2.1.2 - Planejamento do empreendimento | 12 |
| 2.1.3 - Controle do projeto..... | 13 |
| 2.1.4 - Planejamento do tempo | 14 |
| 2.1.4.1. Estrutura Analítica de Projeto (EAP)..... | 14 |
| 2.1.4.2. Definição de duração das atividades e quantidade de serviços | 15 |
| 2.1.4.3. Caminho crítico | 16 |
| 2.1.4.4. Cronograma | 17 |
| 2.2 - Métodos e ferramentas para elaboração e controle de um cronograma..... | 17 |
| 2.2.1 - Gráfico de Gantt ou diagrama de barras..... | 17 |
| 2.2.2 - Curva S..... | 18 |
| 2.3 - Modelo probabilístico – Método de Monte Carlo..... | 19 |
| 2.3.1 - Distribuições probabilísticas Uniforme | 20 |
| 2.3.2 - Desvio padrão..... | 21 |
| 2.4 - Relação entre custo e tempo de execução do contrato | 21 |
| 2.5 - Universo a ser controlado | 22 |
| 2.5.1 - Classificação ABC | 22 |
| 2.6 - Pequena Central Hidrelétrica – PCH | 24 |
| 2.6.1 - Classificações de uma PCH..... | 24 |
| 2.6.2 - Facilidades econômicas..... | 26 |
| 2.7 - Contratos EPC – Turnkey | 27 |
| 2.8 - Sistema elétrico Mexicano..... | 29 |
| 3 - Metodologia | 32 |
| 3.1 - Estudo de caso - PCH Veracruz..... | 32 |
| 3.1.1 - Ficha técnica da PCH Veracruz..... | 32 |
| 3.1.2 - Localização..... | 34 |
| 3.1.3 - Arranjo geral da casa de força e subestação | 35 |
| 3.2 - Cronograma convencional – PCH Veracruz..... | 37 |
| 3.2.1 - Identificação das atividades - (EAP)..... | 37 |

| | |
|---|----|
| 3.2.2 - Duração das atividades..... | 37 |
| 3.2.3 - Cronograma Convencional..... | 39 |
| 3.2.3.1. Caminho crítico para cronograma convencional... | 39 |
| 3.2.3.2. Gráfico de Gantt..... | 40 |
| 3.3 - Cronograma Utilizando Método Probabilístico de Monte Carlo | 42 |
| 3.3.1 - Caminho crítico para cronograma utilizando o método de Monte Carlo..... | 44 |
| 3.4 - Gráfico de Gantt – Método de Monte Carlo | 45 |
| 3.5 - Cronograma Realizado | 47 |
| 3.5.1 - Coleta de dados | 47 |
| 3.5.2 - Acompanhamento mensal | 47 |
| 3.5.3 - Identificação de atrasos significativos..... | 47 |
| 3.6 - Relação entre tempo e custo | 50 |
| 4 - Análise dos resultados..... | 52 |
| 4.1 - Desvios no cronograma | 52 |
| 4.2 - Desvios no orçamento devido a prorrogação do prazo | 54 |
| 5 - Conclusão..... | 57 |
| 6 - Bibliografia | 59 |

APENDICES

APENDICE I - Cronograma utilizando o método de Monte Carlo

APENDICE II - Acompanhamento mensal do cronograma

ANEXOS

ANEXO I - EAP do projeto

ANEXO II – Cronograma convencional

LISTA DE SIGLAS

CAP - Certificado de Aceitação Provisória
CFE - Comisión Federal de Eletricidad
CRE - Comissão Reguladora de Energia
EAP – Estrutura Analítica de Projeto
EPC – Engenieer Procure and Construct
PCH – Pequena Central Hidrelétrica
SEM - Sistema Elétrico Nacional mexicano
SENER - Secretária de Energia Mexicana

1 - INTRODUÇÃO

Mudanças institucionais feitas em meados de 2010, introduzindo incentivos, financeiros e fiscais, e removendo burocracias estimularam à entrada de novos investidores na indústria de energia elétrica. A revisão do conceito de pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) tem alavancado a proliferação de aproveitamentos hidrelétricos de pequeno porte no Brasil (Carneiro, 2010). Assim, as empresas do setor tornam-se sólidas e capazes de disputarem espaço no mercado internacional.

Desta forma, para superar o desafio de empreender em países com culturas, leis e recursos diferentes o planejamento se destaca como peça fundamental para atingir uma rentabilidade satisfatória. Prazos e custos precisam ser acompanhados detalhadamente, afim de, possibilitarem aos gestores tomar decisões com segurança e agilidade. E com isso, garantir o desenvolvimento do empreendimento conforme planejamento estratégico traçado.

Com uma estimativa de crescimento na produção de energia, somente no setor público, de 76% nos próximos dez anos, os Estados Unidos Mexicanos surgem no mercado mundial como um grande atrativo para investimentos de empresas especializadas em geração e transmissão de energia elétrica (SENER, 2012). Empreendedores de diferentes partes do mundo têm concentrado esforços para garantir sua parte na distribuição destes novos negócios. Seja participando da construção de usinas geradoras de energia, linhas de transmissão ou mesmo investindo capital.

Pequenas centrais hidroelétricas (PCH), podem ser considerados empreendimentos de grande porte, com alta complexidade no momento construção, onde são envolvidas novas tecnologias e diferentes disciplinas de engenharia, como bem, os setores jurídico, financeiro e recursos humanos. Por estes motivos e a perspectiva que o melhor preço final deve ser garantido torna-se vantajoso para os investidores que o contrato seja executado em modelo EPC. Desta forma a contratante atua como proprietária do empreendimento, negociando melhores condições de pagamento e construção, sem perder qualidade no produto final. Já a contratada possui autonomia na tomada de decisões, desde que, cumpra metas estabelecidas no contrato (Gómez, Duclós Filho, Coelho, & Xavier, 2006).

Neste trabalho serão abordadas diferentes metodologias para acompanhamento físico de um empreendimento, que aliadas a um controle financeiro detalhado possibilitam retratos fiéis de quão rentável

o contrato pode se tornar. Estes procedimentos serão aplicados no contrato EPC Turnkey para construção de uma Pequena Central Hidrelétrica, executada no México entre os anos de 2010 e 2013.

1.1 - Justificativa

Após quatro anos trabalhando com gerenciamento de projetos e diretamente com a gestão do contrato EPC da PCH Veracruz. Considerei valida a oportunidade de aplicar os conhecimentos obtidos durante a graduação e a experiência adquirida durante os anos de estágio.

Atuando na gestão contratual do projeto, convivi diariamente com o planejamento e controle para a execução do empreendimento. Desta maneira propus durante o trabalho analisar o cronograma elaborado pela empresa, o cronograma utilizando o método estatístico de Monte Carlo e o cronograma real monitorado pelo graduando durante toda a execução do projeto.

1.2 - Objetivos

1.2.1 - Objetivo geral

Analisar parte do planejamento de um empreendimento de grande porte. Confrontando os cronogramas inicial elaborado de forma convencional, o cronograma utilizando o método probabilístico de Monte Carlo e o cronograma realizado. Desta maneira, verificar possíveis falhas no planejamento.

1.2.2 - Objetivos específicos

O empreendimento monitorado localiza-se no estado de Veracruz, situado nos Estados Unidos Mexicanos e foi executado em modelo contrato EPC. Desta forma, serão apresentados os seguintes pontos:

- Conhecer o sistema de energia elétrica mexicano;
- Principais características de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH);
- Particularidades, vantagens e desvantagens do modelo de contrato EPC (Engineer Procure and Construct);
- Definição de estrutura analítica de projeto EAP;

- Apresentação e controle dos cronogramas, convencional, aplicando o método de probabilístico de Monte Carlo e realizado, utilizando o gráfico de Gantt;
- Identificar possíveis equívocos no planejamento;
- Indicar a utilidade do modelo probabilístico de Monte Carlo;
- Verifica a relação entre tempo e custo do projeto.

1.3 - Definições do Trabalho de Conclusão de Curso.

Informações cedidas pela empresa responsável pelo empreendimento:

- Quantidades, volumes, áreas;
- Cronograma convencional;
- Orçamento previsto.

Informações elaboradas pelo graduando durante o período em que prestou serviço a empresa:

- Controle do cronograma convencional;
- Avanço físico;
- Controle de custos (Avanço financeiro).

Informações elaboradas exclusivamente para o trabalho acadêmico:

- Pesquisa bibliográfica;
- Cronograma utilizando Método probabilístico de Monte Carlo;
- Análises utilizando curva S;
- Análises utilizando classificação ABC;
- Relação entre tempo e custo do contrato.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A revisão bibliográfica tem o intuito de dar embasamento teórico ao trabalho de conclusão de curso.

2.1 - Planejamento

2.1.1 - Definições de planejamento

“O oposto de improvisar. Pensar antes de agir. Levar o futuro em consideração, preparar-se para o inevitável, prevenindo o indesejável e controlando o que for controlável”. (Yazigi, 2004).

Conforme define o dicionário Aurélio, planejar é o ato de elaborar um plano e plano, é o conjunto de métodos e medidas para elaboração de um empreendimento. Já segundo Rui Varella, “o processo de previsão de decisões, que envolve o estabelecimento de metas e definições dos recursos necessários para atingi-las” define a palavra planejar. (Varella, 2003)

Definimos meta como o ponto ou resultado ao qual queremos alcançar, assim, para que ela seja atingida é preciso determinar um conjunto de medidas e previsões baseadas em experiências de trabalhos já concluídos. Tais medidas e previsões, tendem a diminuir o grau de incertezas, direcionando a execução das tarefas ao cumprimento das metas e a conquista de um objeto.

Desta maneira, conseguimos enxergar o planejamento como um processo onde são estabelecidos objetivos, discutidas situações previstas e encaminhados os resultados pretendidos entre os interessados (Limmer, 2013).

É importante frisar que o planejamento não pode ser considerado algo preciso e uma vez elaborado deva ser seguido a todo custo. Temos a necessidade entende-lo como algo em constante transformação, adaptando-o as situações diferentes situações a medida em que é executado.

A princípio o planejamento deve ser elaborado em nível estratégico e tático e posteriormente em nível operacional, a partir deste momento obter um plano de trabalho.

O planejamento está intimamente ligado ao controle, não há sentido em planejar algo que não se tenha controle e não podemos controlar algo que não foi planejado. (Limmer, 2013)

2.1.2 - Planejamento do empreendimento

Para que todo o escopo de um projeto seja entregue, dentro do prazo, do custo previsto, do padrão de qualidade exigido e executado dentro dos riscos definidos previamente. É necessário desenvolver e manter atualizado um plano de execução do projeto em paralelo com todas as disciplinas envolvidas para sua execução.

Deve-se iniciar pelo chamado Plano Mestre Preliminar, onde com base nos dados fornecidos, experiências em projetos similares e estudos preliminares elabora-se o planejamento inicial. A medida que as hipóteses iniciais são ou não confirmadas e o prazo total para a execução do projeto avança, os níveis de incerteza diminuem, desta forma, pode-se ajustar o plano preliminar para obter o Plano Mestre Definitivo. (Limmer, 2013)

O Plano Mestre tem como características conter (Limmer, 2013):

- Resumo descritivo do projeto;
- Especificações das características e níveis de desempenho do produto final;
- Definição da metodologia de execução;
- Cronograma mestre;
- Procedimentos e práticas de projeto;
- Alocação de recursos;
- Matriz de responsabilidades;
- Organização do projeto (estrutura operacional);
- Plano gerencial;
- Plano de alocação qualitativa de pessoal;
- Sistemas de informações do projeto;
- Sistemas de controle do projeto.

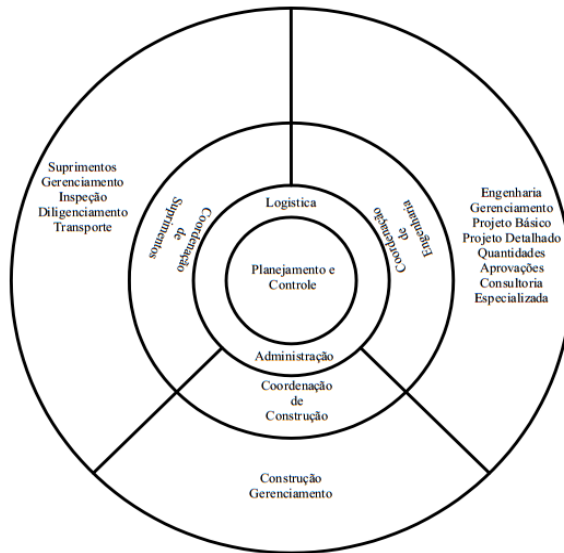
Já a metodologia para elaborar o planejamento de qualquer projeto, deve seguir os seguintes passos (Limmer, 2013):

- a) Identificação das atividades a serem executadas. Através de especificações e projeto básico;
- b) Listar as atividades em uma sequência lógica, em função da metodologia de trabalho adotada;
- c) Estabelecer marcos e objetivos;
- d) Determinar a duração das atividades;
- e) Determinar o prazo de execução do projeto;
- f) Alocar e nivelar recursos, reavaliar prazo de execução;

- g) Estimativa básica de custos;
- h) Determinar o sistema de controle.

A figura 1, indica as principais atividades básicas utilizadas, afim de, determinar uma estrutura operacional adequada para organização de um projeto.

Figura 1 - Atividade básica de um projeto (Limmer, 2013).

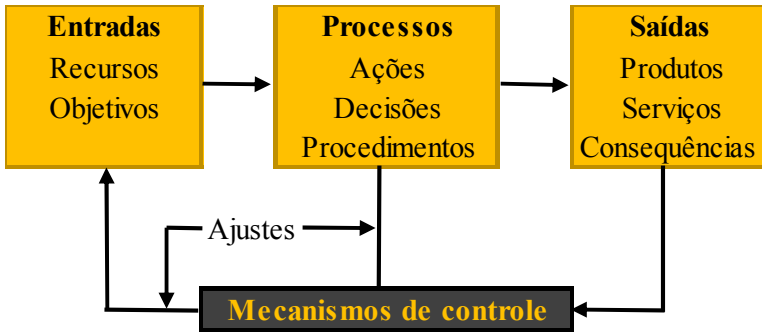


2.1.3 - Controle do projeto

Todo projeto ao longo de seu desenvolvimento apresentara desvios no seu Plano Mestre. Estes erros por assim dizer são conseqüências de má interpretação, entendimento ou mesmo percepção dos fatores que afetam seu andamento. Para aferir estes desvios é necessário controlar o desenvolvimento do projeto, sempre comparando-o com as metas estabelecidas no Plano Mestre.

O Plano Mestre deve ser adaptado conforme a magnitude dos desvios. Também é preciso tomar providencias para reajustar as atividades ainda pendentes, afim de, atender aos objetivos traçados no início da execução do projeto. As atividades de planejamento e de controle devem ser desenvolvidas continuamente, ambas são complementares e a aplicação delas ao Plano Mestre constitui o ciclo de retroalimentação do projeto. Conforme mostra a figura 2.

Figura 2 - Ciclo de retroalimentação do projeto (Limmer, 2013).



2.1.4 - Planejamento do tempo

O tempo de duração é um dos principais componentes do planejamento do projeto. Determinado a partir da soma das durações de todas as atividades envolvidas, respeitando a relação de precedência definida de acordo com o método executivo escolhido dispostas na estrutura analítica de projeto.

2.1.4.1. Estrutura Analítica de Projeto (EAP).

Ao ordenar as atividades a serem realizadas segundo uma ordem lógica e cronológica de execução, será obtida uma Estrutura Analítica de Projeto (EAP). Esta ferramenta é utilizada no gerenciamento de projetos com o objetivo de identificar elementos importantes que devem ser controlados (produtos, serviços e resultados) e serve como base para o do planejamento do empreendimento.

“Por alocação de recursos entende-se que cada atividade a ser executada tem a garantia de que possuirá os recursos de que necessita”. (Prado, 1988)

Passos para elaboração de uma EAP:

1. Definição dos níveis de controle desejados;
2. Elaboração do conjunto de atividades ou tarefas a serem executadas e controladas;
3. Determinação da ordem de precedência, dependência ou execução (obedecendo a lógica);
4. Definição de atributos de cada atividades, duração, custo e recursos (tecnológicos, materiais e humanos);

5. Identificação dos responsáveis.

Organizar o escopo do projeto, visualizar todas as atividades do projeto, facilitar a localização e introdução de novas tarefas são algumas das vantagens de utilização de uma EAP.

Sempre é possível fragmentar um projeto em subprojetos mais simples, de modo a facilitar o seu entendimento, por mais complexo que ele possa ser. (Prado, 1988)

Além de tornar mais simples o entendimento do projeto, através da visualização de cada tarefa envolvida no processo, a divisão de um projeto em subprojetos possibilita que se determine com precisão as responsabilidades de cada departamento responsável pela execução do empreendimento. (Prado, 1988)

2.1.4.2. Definição de duração das atividades e quantidade de serviços

Intelectualmente o trabalho para levantar as quantidades de tempo e recurso de um empreendimento exige muito. Afinal, é preciso consultar todos os desenhos, calcular áreas, volumes consultar diferentes tabelas de engenharia, entre outros parâmetros a serem considerados (Mattos, 2006). Este trabalho deve ser feito na fase de planejamento da obra num grau de detalhamento compatível com o controle que se deseja exercer sobre as atividades do empreendimento. (Limmer, 2013)

A estrutura analítica de projeto, facilita a identificação de todas as tarefas que compõem o projeto. A definição da duração das atividades tem relação direta entre a quantidade de serviço a ser executada, a produtividade das equipes disponíveis e o prazo para execução do empreendimento como um todo. Ou seja, caso o prazo para execução da atividade necessite ser menor, é possível aumentar o número de equipes. Por outro lado um maior número de colaboradores, acarretará em maiores custos de execução. Neste ponto deve entrar a sensibilidade dos gestores do empreendimento (Limmer, 2013).

Assim, formulou-se a seguinte equação para determinar o tempo de duração (t_i) em função do resultado da razão entre a quantidade de serviço (Q_i) e a produtividade da equipe envolvida na execução (P_i).

Equação 1 - Tempo de duração da atividade (Limmer, 2013)

$$t_i = \frac{Q_i}{P_i}$$

Vale ressaltar que o prazo para o término de cada atividade depende diretamente da mão-de-obra e dos materiais necessários estarem disponíveis no momento certo. Cabe ao responsável pelo planejamento dimensionar a quantidade de recursos que estarão disponíveis, e assim, estimar o controlar o término de cada atividade de acordo com sua importância e o impacto no cronograma do projeto.

Outra forma de estimar o prazo das atividades, é a partir da experiência dos profissionais e da empresa em projetos semelhantes. Porém não podemos esquecer que cada empreendimento possui suas características próprias, gerando certa margem de incerteza.

A tabela 1 mostra um exemplo de cálculo para estimativa da duração de tempo para a atividade de desmatamento:

Tabela 1 - Exemplo de cálculo para definição de prazo de atividades.

| Escavação canal de fuga | | |
|---------------------------------------|-----------|---------------------|
| Quantidade de serviço Q_i | 5.300 | m ³ |
| Produtividade de uma equipe P_i | 20 | m ³ /dia |
| Tempo necessário com uma equipe t_i | 265 | Dias |
| Meta para execução | 35 | Dias |
| Equipes necessárias | 7,6 | Equipes |
| Equipes contratadas | 8 | Equipes |
| Possibilidade de término | 33 | Dias |

2.1.4.3. Caminho crítico

Pode ser definido como o conjunto de atividades que determinam o prazo total do empreendimento. Estas atividades não possuem folga para sua execução. No entanto, o caminho crítico pode variar durante a execução das atividades, dependendo de atrasos, falta de recursos e diferentes problemas que possam surgir, algumas das atividades classificadas como não críticas podem consumir suas folgas e desta maneira tornarem-se críticas (Limmer, 2013).

2.1.4.4. Cronograma

Cronograma pode ser definido como uma representação gráfica da execução de um empreendimento, indicando os prazos em que devem ser executadas as atividades. Estas devem ser demonstradas de forma simples para que o objetivo inicial seja atingido. Assim, cronograma é a ferramenta do planejamento que permitem acompanhar o avanço físico dos empreendimentos, efetuar previsões de mão de obra, materiais e equipamentos (Limmer, 2013).

2.2 - Métodos e ferramentas para elaboração e controle de um cronograma

2.2.1 - Gráfico de Gantt ou diagrama de barras

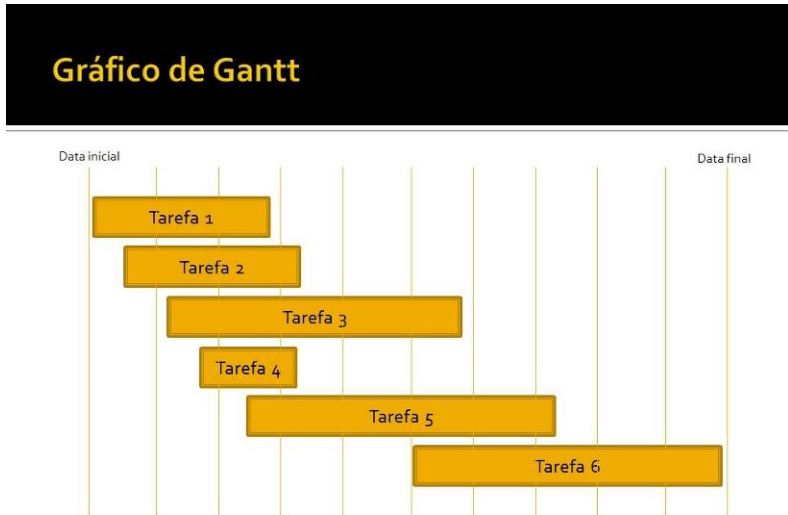
Desenvolvido em 1917 pelo engenheiro mecânico Henry Gantt, o diagrama das barras ou gráfico de Gantt, é utilizado para planificar diferentes etapas de um empreendimento. Através de barras dispostas horizontalmente ao longo de um eixo que representa o tempo, é possível visualizar de forma clara o início, o fim e a duração de cada etapa do trabalho. (Limmer, 2013)

Utilizado em diferentes campos da engenharia, devido ao fato de ser de fácil entendimento e simples aplicação. O gráfico de Gantt possibilita visualizar diferentes etapas do processo de execução de um projeto, identificando de forma rápida o tempo de duração de cada tarefa dando agilidade a tomada de decisões e prevendo futuras dificuldades. (Limmer, 2013)

No entanto, o diagrama das barras não indica de forma clara a interdependência das atividades. Pode-se ilustrar essa interdependência através de setas, o que de certa maneira polui a representação do diagrama que a tem como principal vantagem a simplicidade (Limmer, 2013).

Abaixo na grafico 1, segue exemplo da representação grafica proposta por Gantt.

Gráfico 1 - Gráfico de Gantt (Limmer, 2013)



2.2.2 - Curva S

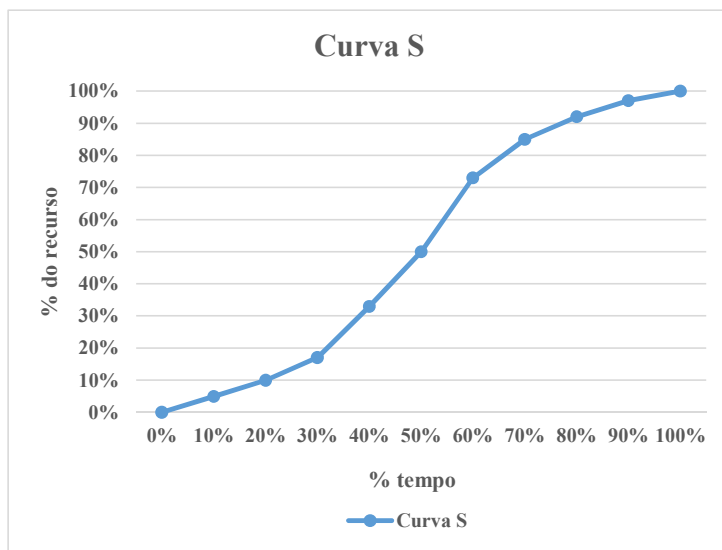
Valores acumulados, mensurados em intervalos de tempo pré-definidos podem ser representados através de gráfico, denominado curva S. A curva S, mostra a distribuição de recursos de forma cumulativa. Este gráfico é amplamente utilizado no planejamento e controle de projetos. Ele representa o projeto de forma geral, permitindo identificar até mesmo o ritmo de execução das atividades através da inclinação da curva. Quanto maior o ritmo das atividades, a curva será representada mais inclinada em relação ao eixo horizontal (Limmer, 2013).

Seguem abaixo, algumas das principais utilidades da curva S.

- Acompanhamento de fluxo de caixa;
- Monitorar orçamento previsto e realizado;
- Monitorar trabalho previsto e realizado;
- Definir o montante de recursos ao longo do tempo;
- Definir o máximo e mínimo de gastos ao longo da execução do projeto

No gráfico 2 segue exemplo de curva S, representando a relação entre utilização de um recurso genérico em função do tempo.

Gráfico 2 - Curva S - Recurso x Tempo (Limmer, 2013).



A curva S, será aplicada para analisar o avanço físico do empreendimento, permitindo comparar os diferentes cronogramas propostos e o avanço financeiro onde pode-se verificar a variação dos custos devido ao tempo de execução do empreendimento.

2.3 - Modelo probabilístico – Método de Monte Carlo

Método de Monte Carlo baseia-se em resultados numéricos obtidos através de inúmeras repetições de cálculos com valores de entrada aleatórios. Assim, como se apresentam os resultados de jogos em cassinos. Por este motivo o nome em homenagem ao famoso cassino de Monte Carlo em Mônaco.

Segundo Gómez, 2012, “este método é especialmente útil em sistemas complexos, com grande quantidade de variáveis associadas e cujos comportamentos não são determinísticos”.

O método de simulações de Monte Carlo, consiste em gerar durações aleatórias a cada atividade do projeto, a partir de parâmetros pré-estabelecidos.

Para solucionar problemas reais utilizando o método de Monte Carlo deve-se seguir quatro pontos:

- Definir os domínios das entradas (prazos para execução de cada atividade);
Para os domínios de entrada devemos estimar prazos otimistas ou de menor duração onde supomos que todos os recursos estarão presentes no momento em que forem necessários. Prazos prováveis, calculados e determinados conforme o conhecimento da empresa. E prazos pessimistas onde presume-se que os recursos necessários não estarão presentes no momento esperado, devido a diferentes motivos.
- Gerar valores de forma aleatória;
A distribuição de valores, pode dar-se de algumas formas. Duas maneiras usuais utilizadas são a distribuição normal e uniforme.
- Realizar cálculos determinísticos para cada dado;
- Resumir os resultados obtidos com cada conjunto de dados de entrada.

2.3.1 - Distribuições probabilísticas Uniforme

A distribuição Uniforme pode-se considerar a mais simples distribuição contínua, entretanto uma das mais importantes e utilizadas dentro da teoria de probabilidade. A probabilidade de gerar qualquer ponto em um intervalo contido no espaço amostral é proporcional ao tamanho do intervalo.

Sendo x uma variável aleatória contínua, dentro do intervalo pré-definido $[a,b]$, sendo $a \neq b$ e ambos finitos. Sendo a função de probabilidade dada por:

Equação 2 - Distribuição Uniforme

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ 0 & , \text{para qualquer outro valor} \end{cases}$$

Podemos considerar x uniformemente distribuído entre $[a,b]$.

Para qualquer subintervalo $[x_1,x_2]$, em que $a \leq x_1 \leq x_2 \leq b$, temos:

Equação 3 - Distribuição Uniforme subintervalo

$$P(x_1 \leq x \leq x_2) = \int_{x_1}^{x_2} f(x) = \frac{x_2 - x_1}{b - a}$$

Desta maneira o valor esperado $E(x)$ e de variância $V(x)$ serão respectivamente:

Equação 4 - Valor esperado $E(x)$ e variância $V(x)$

$$E(x) = \frac{a + b}{2} \quad V(x) = \frac{(b - a)^2}{12}$$

2.3.2 - Desvio padrão

Desvio Padrão é a medida de dispersão probabilístico mais usual, pode ser considerada como uma medida de variabilidade dos dados de uma distribuição de frequências. Isto é, o desvio padrão mede a dispersão dos valores individuais em torno da média. O desvio padrão, que é a raiz quadrada da variância, pode ser usado para descrever a quantidade de dispersão na distribuição da frequência.

A variância tende a ser um número grande e de difícil manejo e o seu valor sai dos limites dos valores observados em um conjunto de dados. E indica a distância que os valores se encontram do valor esperado.

2.4 - Relação entre custo e tempo de execução do contrato

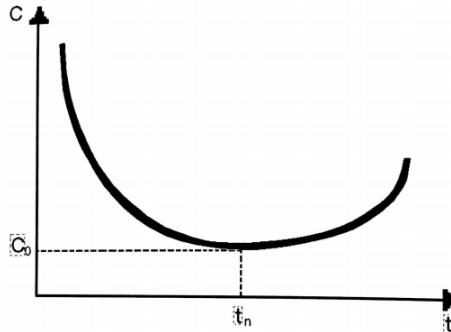
Comumente em contratos de grande porte, como os feitos para a execução de Pequenas Centrais hidrelétricas, o prazo de contrato é estipulado pelo contratante. Desta forma, a empresa contratada necessita adaptar seus métodos de execução para atender esta exigência. Estas mudanças impactam diretamente nos custos do projeto e devem ser estudadas antes da tomada de decisões.

Encurtar o prazo de execução de um empreendimento, torna necessário aumentar a quantidade de mão de obra, equipamentos e horas trabalhadas por dia, podendo-se utilizar dois ou três turnos de trabalho diários, dependendo da necessidade. Além disso, muitas vezes é necessário alterar métodos construtivos o que também gera maiores custos.

Por outro lado, para estender o prazo por muitos meses é necessário manter mão de obra e custos fixos, além de possíveis novas despesas como a desvalorização da moeda local, índices de reajustes de preços e inflação, que geram um aumento significativo do custo projeto.

Na figura 3, abaixo podemos verificar a representação da variação custo em função do tempo de projeto.

Figura 3 - Variação tempo – custo (Limmer, 2013).



2.5 - Universo a ser controlado

A execução de um empreendimento é comumente formada de diferentes atividades. Cada uma delas é formada por diferentes insumos, como mão de obra, equipamentos e materiais. Para diferenciar os itens de maior importância dos itens de menor importância pode-se utilizar o princípio dos elementos “poucos significativos e muitos insignificativos” conhecido também como princípio de Pareto.

Tomando como base este princípio, F. Dixie criou a classificação ABC (Limmer, 2013).

2.5.1 - Classificação ABC

A classificação ABC é composta por três faixas de controle definidas. No entanto, no controle de projetos o número de itens é variável por faixa e utilizasse o método ABC de classificação para determinar o grupo de itens que demandam maior controle. Abaixo uma possível classificação para as três faixas de controle (Limmer, 2013):

- Faixa A, de maior importância, corresponde aproximadamente 70% do montante total dos itens e 10% do número de itens.
- Faixa B, corresponde a aproximadamente 20% do montante total e 30% do número de itens

- Faixa C, de menor importância, corresponde a aproximadamente 10% do montante e 60% dos itens.

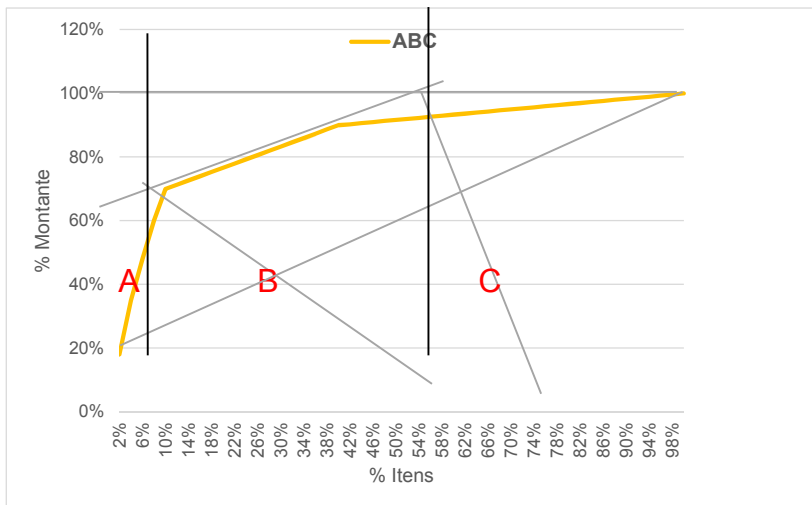
A classificação ABC, permite concluir quais os itens presentes no projeto devem ser controlados com maior atenção.

Para selecionar as faixas de controle com isenção, diminuir a possibilidade do erro e padronizar a escolha o engenheiro Wilson N. Rodrigues desenvolveu o seguinte método (Limmer, 2013):

- Traçar eixos ortogonais de mesma escala;
- Traçar a curva ABC com as porcentagens acumuladas;
- Unir as extremidades da curva com uma reta;
- Traçar uma tangente à curva, paralela à reta traçada, obtendo pontos de interseção com o eixo das ordenadas e a horizontal que passa pela extremidade superior da curva ABC;
- A partir destes pontos traçar bissetrizes dos ângulos que tangem a curva com o eixo das ordenadas e com a horizontal que passa pela extremidade superior da curva;
- Marcar a separação de classes nos pontos onde as bissetrizes

Abaixo figura 4, onde através das relações trigonométricas indicadas a cima encontra-se a classificação ABC.

Figura 4 - Curva para classificação ABC



2.6 - Pequena Central Hidrelétrica – PCH

Pequena Central Hidroelétrica – PCH, no Brasil, define-se como todo aproveitamento hidroelétrico com potência definida entre 1 MW e 30 MW com área de reservatório inferior a 3,0 km², conforme resolução da Aneel 652, de 09 de dezembro de 2003. Esta definição coincide com o padrão adotado nos Estados Unidos Mexicanos, PCH conforme CFE (CFE, Comisión Federal de Eletricidad - México, 2014)

Este tipo usina de energia é instalado principalmente em rios de pequeno e médio portes, onde existem desníveis significativos durante seu percurso, possibilitando gerar uma potência hidráulica suficiente para movimentar as turbinas.

2.6.1 - Classificações de uma PCH

Quanto ao tipo de reservatório, PCHs são geralmente classificadas em dois tipos. Reservatórios de acumulo ou a fio d'água.

Reservatório de acumulo, utilizado quando a vazão de água na época de estiagem for inferior a capacidade da usina.

Principais características de usinas com reservatório de acumulo:

- Possibilidade de maximizar o potencial hidrelétrico do rio;

- Controle de vazão do rio, permitindo o acúmulo de água em épocas de cheias.

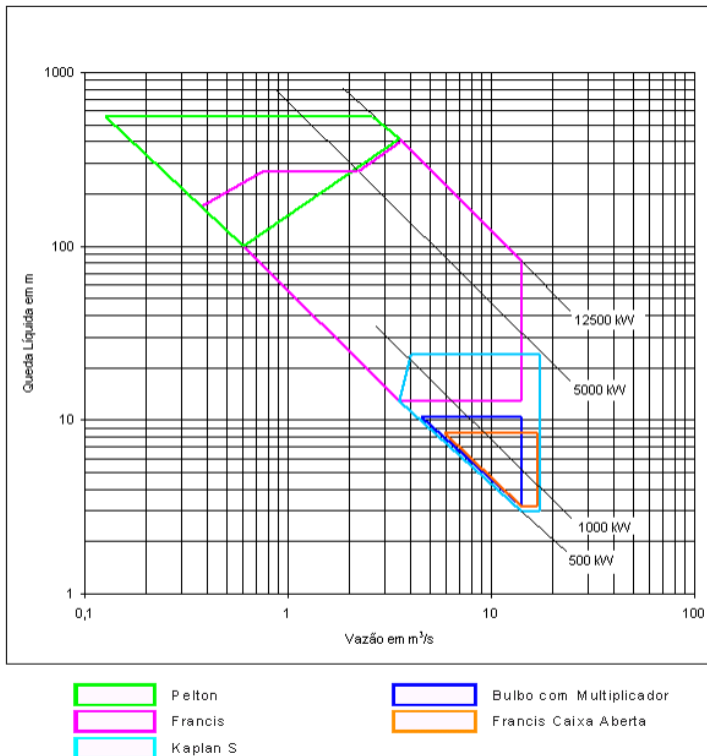
O reservatório a fio d'água, é utilizado quando o volume de água durante o período de estiagem do rio é menor que o volume necessário para operar a usina instalada.

Principais características de usinas a fio d'água:

- Menor área inundada;
- Barragens mais baixas, uma vez que as barragens servem apenas para direcionar o volume de água para o canal de adução.

A definição das turbinas dá-se pela queda líquida, a vazão por turbina disponíveis no projeto e a capacidade de produção de energia que deseja-se instalar. Assim, utilizando o gráfico abaixo, podemos escolher o modelo de turbina com melhor rendimento:

Gráfico 3 - Escolha do tipo de turbina



Fonte: ELETROBRÁS S.A, 2000

A escolha do tipo de turbina é importante e um dos primeiros passos do planejamento do empreendimento, haja vista que modelos diferentes de turbinas exigem arranjos diferentes da futura instalação da casa de força, barragens e sistemas de entrada de água.

2.6.2 - Facilidades econômicas

Aliando praticidade na construção com incentivos dos governos federais o investimento na construção de PCHs tem se tornado muito atrativo para empresas públicas e privadas (Carneiro, 2010).

Listando algumas vantagens quando comparadas a grandes empreendimentos, Carneiro indica porque as Pequenas Centrais Hidroelétricas tornam-se destaque no mercado de energia:

- Possibilidade de maximização da taxa de retorno do investimento (TIR);
- Exigir baixo investimento inicial;
- Custo final da energia compatível a grandes empreendimentos;
- Equipamentos padrão e crescimento constante de fornecedores eletromecânicos no mercado;
- Possibilidade de localização próxima à demanda consumidora, gerando menores custos com transmissão de energia;
- Obras civis de menor porte;
- Menor tempo de desenvolvimento, geralmente entre 16 e 24 meses;
- Incentivos fiscais;

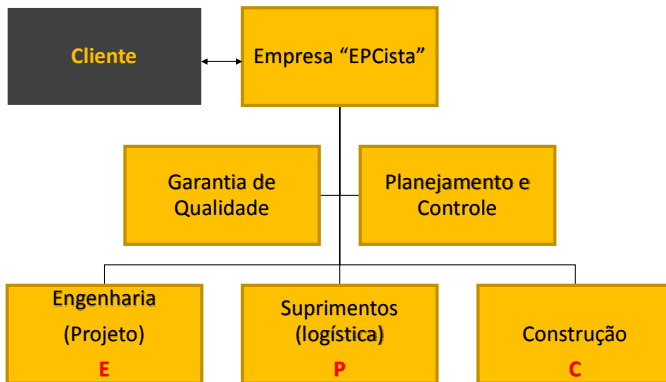
2.7 - Contratos EPC – Turnkey

Durante a execução de grandes empreendimentos de engenharia diversos modelos de contrato são utilizados, porém, devido à predisposição ao confronto entre as empresas responsáveis por projeto, construção e fornecimentos, a intermediação entre as partes é de suma importância para alcançar as expectativas do cliente e proprietário (Carneiro, 2010).

O modelo de contrato EPC (Engenieer – Procure – Construct) é uma alternativa para o método de gerenciamento tradicional, onde o cliente tem contrato com uma única empresa ou consórcio de empresas, que serão responsáveis por todas as fases do empreendimento. Desde o projeto, passando por fornecimento de serviços, materiais e equipamentos, bem como toda a construção, montagem de equipamentos e testes, entregando tudo em funcionamento. A contratante transfere a contratada os riscos e a responsabilidade de entrega do projeto concluído e em funcionamento atendendo a data contratual. (Fontanela, 2007).

No mercado de engenharia, existem empresas especializadas em contratos no modelo EPC, tais empresas são comumente conhecidas como EPCistas.

A seguir na figura 5, a relação entre as diferentes áreas que compõem a execução de um projeto executado em modelo de contrato EPC.

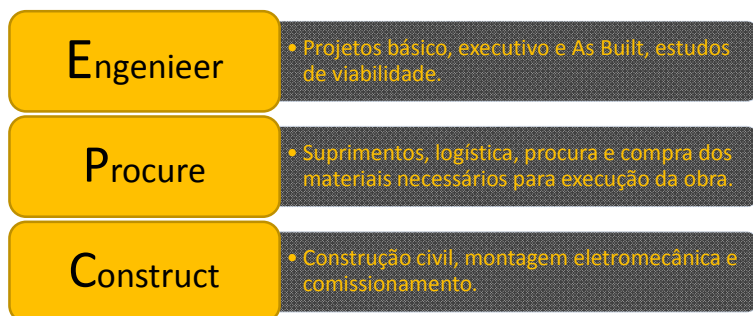
Figura 5 - Modelo de contrato EPC

Fonte: Limmer, 2013

Apesar de amplamente difundido o modelo de contrato EPC não tem padrão definido, porém a Internacional Federation of Consulting Engineers (FIDIC), estabelece um modelo de contrato onde detalha condições e define conceitos a serem seguidos, chamado Silver Book. Nele são propostas responsabilidades de contratante e contratada, assim como formas de pagamento, reajustes, riscos, entre outros itens. (Gómez, Duclós Filho, Coelho, & Xavier, 2006)

Conforme Luis Gómez, o setor privado, onde recursos e prazos são mais importantes que o baixo custo, deu origem ao modelo de contrato EPC (Gómez, Duclós Filho, Coelho, & Xavier, 2006).

Figura 6 - Concepção do EPC



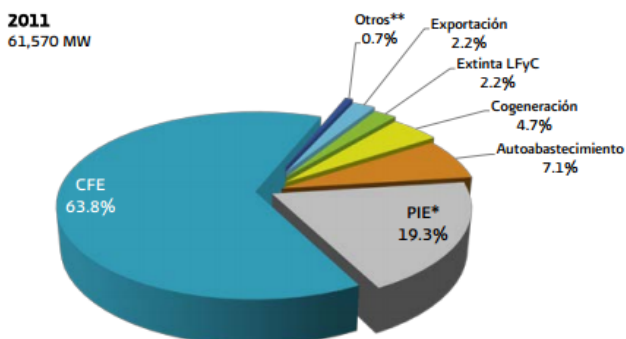
Fonte: Gómez, Duclós Filho, Coelho, & Xavier, 2006

2.8 - Sistema elétrico Mexicano

O Sistema Elétrico Nacional mexicano (SEN) é constituído pela Comissão Federal de Eletricidade (CFE) e produtores independentes, sendo que a capacidade de produção de energia instalada chega a 61.570 MW e destes 52.512 MW pertencem ao setor público. (SENER, 2012)

No gráfico 4 está representada a distribuição da capacidade de produção de energia instalada no México.

Gráfico 4 - Capacidade efetiva instalada.



Fonte: SENER, 2012

Desde meados de 1995, após a sanção da lei de la Comisión Reguladora de Energía a Comissão Reguladora de Energia (CRE), se constituiu como autoridade reguladora. Passando a ser um órgão

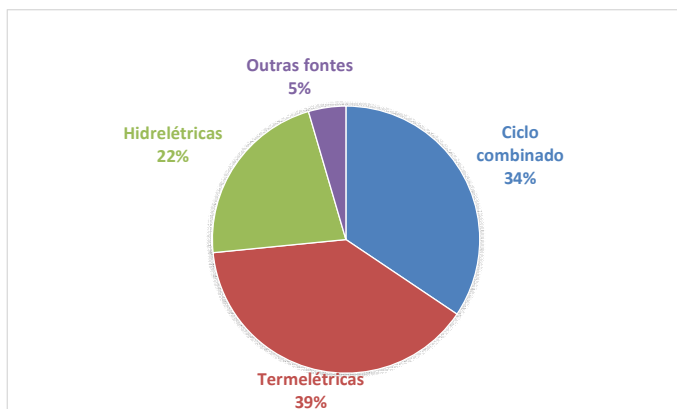
consultivo em matéria de eletricidade independente da Secretária de Energia Mexicana, tendo autonomia técnica, operativa, de gestão e decisão. A criação da CRE tem como objetivos promover e desenvolver:

- O Fornecimento e venda de energia elétrica;
- A geração de energia;
- Os serviços de condução, transformação e entrega de energia.

Com o controle do estado, o setor de energia é gerido pela empresa estatal denominada CFE (Comissão Federal de Eletricidade). Criada em 14 de agosto de 1937, com o objetivo de auxiliar o desenvolvimento do país, a CFE busca organizar e dirigir o sistema nacional de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, sem propósito de lucro e com a finalidade de obter um custo mínimo, sempre atuando em interesse da população, conforme lei sancionada na cidade de Mérida, Yucatán em 14 de agosto de 1937 e publicada em Diário Oficial da Federação em 24 de agosto de 1937.

A seguir no gráfico 5, apresenta-se a contribuição das diferentes formas de geração de energia na república do México.

Gráfico 5 - Distribuição de geração de energia CFE



Fonte: SENER, 2012

Conforme o estudo da Secretária de Energia Mexicana (SENER, 2012) grande parte da energia produzida pelo governo Mexicano provém de usinas que utilizam combustíveis fósseis, responsáveis por 73,6% da capacidade instalada, enquanto 26,4 utilizam não-fósseis. Usinas hidroelétricas representam apenas 21,9% deste valor. Com estimativa de crescimento entre os anos de 2010 a 2025 de 3,5% ao ano

do PIB, a república dos Estados Unidos Mexicanos pretende incrementar o sistema elétrico nacional a fim de atender as demandas necessárias para o desenvolvimento da nação Latino Americana. Somente no serviço público a estimativa de crescimento na produção de energia é de 76% partindo de 235.107GWh para 414.604GWh conforme gráfico abaixo (SENER, 2012).

3 - METODOLOGIA

Através da elaboração do cronograma de maneira convencional, utilizando o método probabilístico de Monte Carlo e do estudo de caso do empreendimento PCH Veracruz, foram expostos os resultados possibilitando a análise detalhada de todas as particularidades deste do contrato EPC.

3.1 - Estudo de caso - PCH Veracruz

3.1.1 - Ficha técnica da PCH Veracruz

Nome: PH Veracruz

Capacidade: 27 MW

Turbina: 01 unidades Pelton.

Localização: Zongolica / Veracruz – México

Cliente: Empresa privada Mexicana.

Escopo do EPCista: Implantação da Casa de Força e Subestação, na modalidade EPC Turnkey. Compreendendo:

- Projetos básico e executivo;
- Obras civis;
- Montagem eletromecânica;
- Comissionamento;
- Gerenciamento das operações.

Segue na tabela 2 a ficha técnica da Usina Estudada e na figura 7, pode-se observar a usina já em operação.

Tabela 2 - Ficha técnica - Dados gerais

| 1. LOCALIZAÇÃO | | | |
|---|-----------|---------------------|-------------------------|
| RÍO: Del Río Apatlahuaya hasta el Río Zongolica | | | |
| LAT.: entre 18°30'00" e 18°40'00" | | ESTADO: Veracruz | |
| LONG.: entre 96°53'00"e 97°07'00" | | CIDADE: Zongolica | |
| 2. CASA DE FORÇA | | | |
| TIPO : | PROTEGIDA | ESCAVAÇÃO COMÚM: | 7.520,00 m ³ |
| Nº DE UNIDADES GERADORES: | 1 | ESCAVAÇÃO EM ROCHA: | 4.880,00 m ³ |
| LARG. DO BLOCO: | 27,5 m | CONCRETO: | 6.756,40 m ³ |
| LARG. DA ÁREA DE MONTAGEM: | 7,6 m | | |
| COMPRIMENTO TOTAL: | 20 m | | |
| 3. TURBINA | | | |
| TIPO : | Pelton | VAZÃO NOMINAL: | 4,62 m ³ /s |
| POTÊNCIA UNIT. NOMINAL : | 31.480 kW | RENDIMENTO MÁXIMO: | 91,03 % |
| ROTAÇÃO: | 600 rpm | | |
| QUEDA DE PROJETO: | 745 m | | |
| 4. GERADOR | | | |
| POTÊNCIA UNIT. NOMINAL: | 30.499 MW | RENDIMENTO MÁXIMO: | 98,00 % |
| ROTAÇÃO: | 1.800 rpm | FATOR DE POTENCIA: | 0,95 |
| TENSÃO NOMINAL: | 13,8 kV | | |

Figura 7 - PCH Veracruz - Casa de Força e Subestação. (Foto: Engevix SA)



3.1.2 - Localização

As obras que compõem o projeto da PCH Veracruz estão localizadas no centro-sudoeste do estado de Veracruz, na denominada Sierra Negra Zongolica que faz parte da região natural das Grandes Montanhas. As obras estão localizadas em três municípios: o município de Mixtla de Altamirano, Texhuacán e Zongolica. O reservatório está parte no município de Mixtlan, parte em Texhuacán (cortina, obra da entrada do túnel, túnel e oscilação do eixo) e a outra parte - tubulação de pressão, casa de máquinas e subestação - no município de Zongolica.

Na figura 8, é indicada a localização aproximada da usina dentro do território mexicano.

Figura 8 - Localização PCH Veracruz



3.1.3 - Arranjo geral da casa de força e subestação

Figura 9 - Arranjo geral da casa de força e subestação. (Fonte Engevix SA)

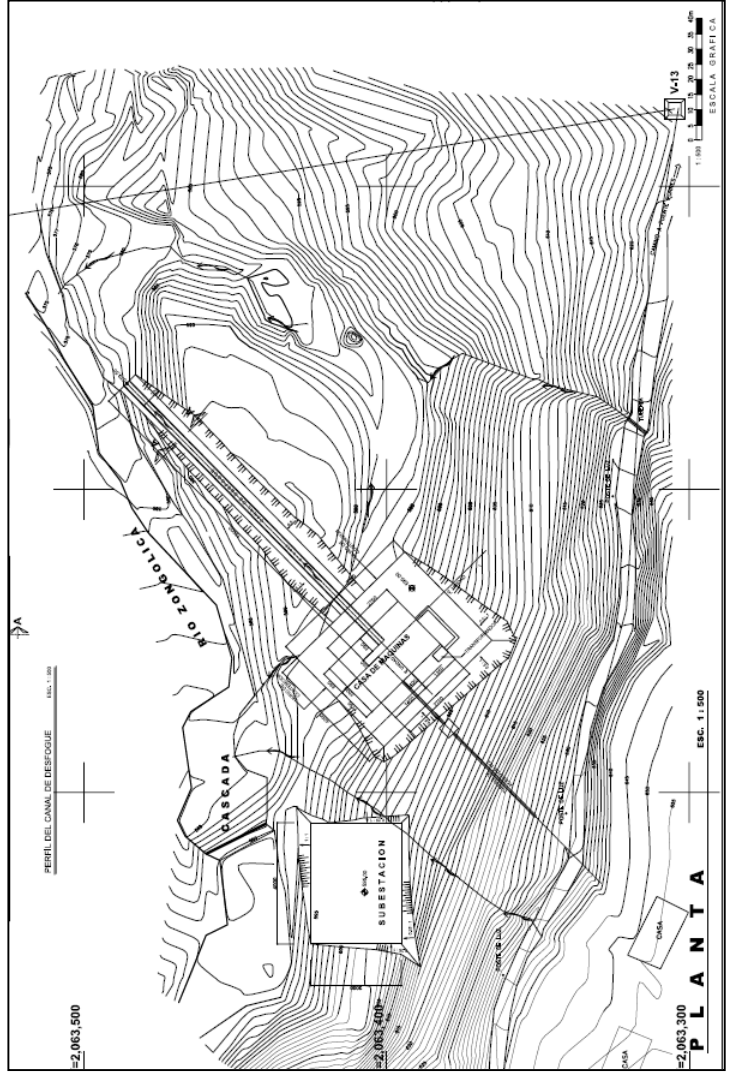
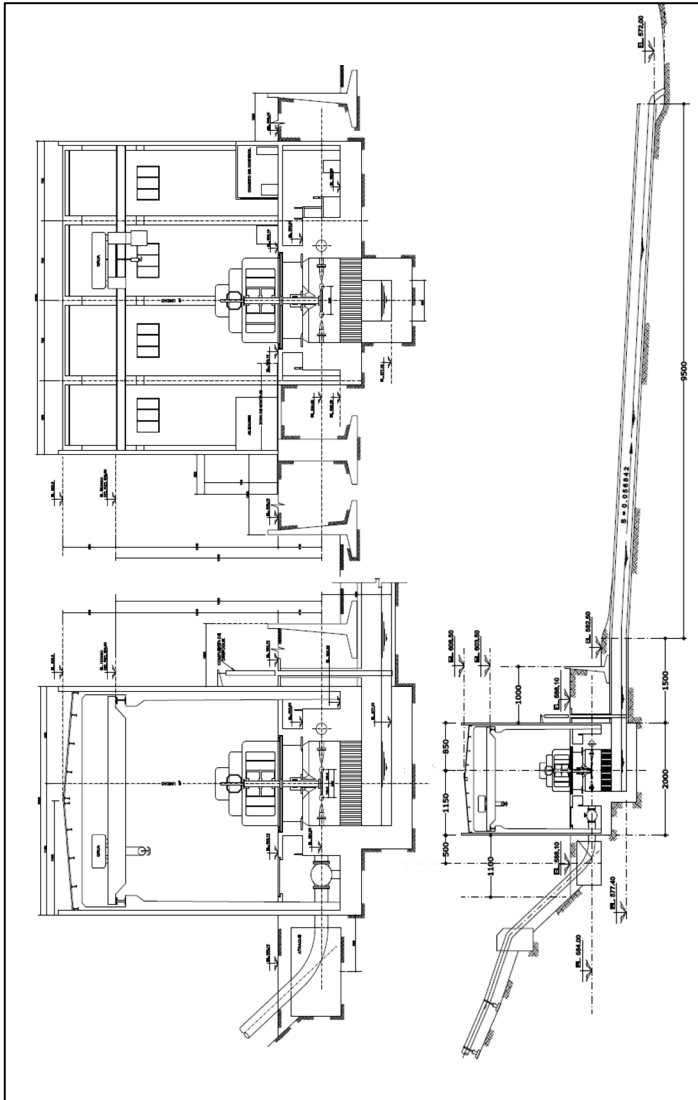


Figura 10 - Casa de força. (Fonte: Engevix SA)



3.2 - Cronograma convencional – PCH Veracruz

Afim de aplicar as técnicas propostas no trabalho, será apresentado um cronograma para a execução do contrato EPC, com foco em obras civis e montagem eletromecânica.

Para estruturar o cronograma do estudo de caso, foi necessário utilizar um roteiro de planejamento:

- Identificação das atividades (EAP);
- Definições das durações;
- Definições da precedência;
- Montagem do cronograma (MS Project);
- Montagem do diagrama de Gantt (MS Project);
- Identificação do caminho crítico (MS Project).

3.2.1 - Identificação das atividades - (EAP).

Tomando como base as atividades envolvidas no cronograma real a estrutura analítica de projeto foi montada com o objetivo de dar suporte aos cronogramas. Foi estabelecido o nível de controle do projeto, bem como a sequencia das atividades e interdependência entre elas.

Atividades como a entrega de equipamentos foram consideradas sem tempo de duração, somente a data de entrega contratual foi mantida e integrada aos cronogramas. A entrega dos equipamentos impacta diretamente em diversas atividades. No entanto, cláusulas contratuais permitem a EPCista de possíveis atrasos e perdas devido ao impacto que podem gerar no contrato.

No ANEXO 1 está definida de EAP para monitorar o a execução do projeto da PCH Veracruz.

3.2.2 - Duração das atividades

A empresa EPCista, através de sua experiência em outras obras, possui um banco de dados que possibilita estimar a produtividade para cada grupo de trabalho. Além do conhecimento da empresa obtido através de inúmeros projetos de hidroelétricas e PCHs, foram utilizados os dados do DNIT SICRO2 para definições do tempo de execução das atividades.

Afim de, determinar a duração de tempo para execução de cada atividade foram levantados, utilizando o projeto básico, os quantitativos de trabalho para as atividades envolvidas na execução do empreendimento.

Através de modelagens 3D utilizando o programa MicroStation foram levantados os volumes de concreto, aterro, escavação em solo e rocha. Em alguns casos, na falta de projetos em três dimensões foram usados cálculos trigonométricos convencionais. Com os volumes pode-se estimar a quantidade de tempo necessária para executar a atividade dependendo da quantidade de mão de obra e equipamentos disponíveis.

Com as quantidades de serviço estimadas, o tempo de contrato e o valor total contratual pré-definidos pelo contratante no momento da proposta, é tarefa da equipe de planejamento manejar equipes e recursos disponíveis para executar as atividades dentro dos prazos disponíveis.

O prazo máximo de vinte meses é uma exigência do cliente. O valor total do contrato foi estipulado pela EPCista no momento da licitação ou concorrência de mercado. Assim, a tarefa de adequar a quantidade ideal de equipes de trabalho para executarem cada atividade no menor tempo possível, sem que gerar grandes custos, é difícil e demanda experiência dos engenheiros.

Com o prazo de execução de todo o projeto pré-defino, foram estimadas as possíveis durações de cada atividade envolvida. Após esta definição, foram calculadas as equipes necessárias para realização das atividades e analisado o possível impacto no orçamento. Caso o impacto fosse considerado grande a equipe de tal atividades seria diminuída, desde que houvesse folga para a execução do trabalho ou possível compensação nas atividades subsequentes, aumentando assim seu tempo de duração.

A baixo na figura 11, temos um exemplo dos dados fornecidos pelo DNIT utilizados para definição da duração das atividades envolvidas na execução do empreendimento.

Figura 11 - Composição custo unitário/Produtividade (DNIT, 2003)

| DNIT - Sistema de Custos Rodoviários | | SICRO2 | |
|--|----------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| Composição de Custo Unitário de Referência | | RCTR0220 | |
| Conservação Rodoviária | | | |
| Atividade / Serviço: 3 S 04 001 00 - Escavação mecaniz. de vala em mater. de 1a cat. | | | |
| Produção da Equipe: | 15,0000 m3 | Adicional de Mão-de-Obra: | 5,00 (%) |
| Lucro e Despesas Indiretas: | | (Ferramentas: 5,00%) | |
| A - Equipamento | | Quantidade | Utilização Operativa Impror |
| E011 | Retroescavadeira - (57 kW) | 1,00 | 1,00 0,00 |
| B - Mão-de-Obra | | Quantidade | |
| T501 | Encarregado de turma | 0,10 | |
| T701 | Servente | 1,00 | |

Os prazos para a montagem dos equipamentos eletromecânicos foram estimados pelos subcontratados e equipe de montagem da EPCista, assim como, a definição de prazo de entrega dos equipamentos foram indicadas pelos fornecedores.

Segue abaixo a Tabela 3, contento as principais quantidades relacionadas ao projeto.

Tabela 3 - Resumo de quantidades previstas

| Resumo de quantidades | |
|-------------------------------|---------|
| QUEDA NOMINAL (m) | 745 |
| TOTAL CONCRETO (m³) | 6.553 |
| TOTAL ESCAVAÇÃO EM SOLO (m³) | 23.100 |
| TOTAL ESCAVAÇÃO EM ROCHA (m³) | 4.730 |
| TOTAL ATERRO (m³) | 39.753 |
| TOTAL AÇO (kg) | 509.122 |

3.2.3 - Cronograma Convencional

No ANEXO II, encontra-se cronograma elaborado de maneira convencional. Abaixo no item 3.2.3.1 o caminho crítico do cronograma com as principais atividades a serem monitoradas.

3.2.3.1. Caminho crítico para cronograma convencional

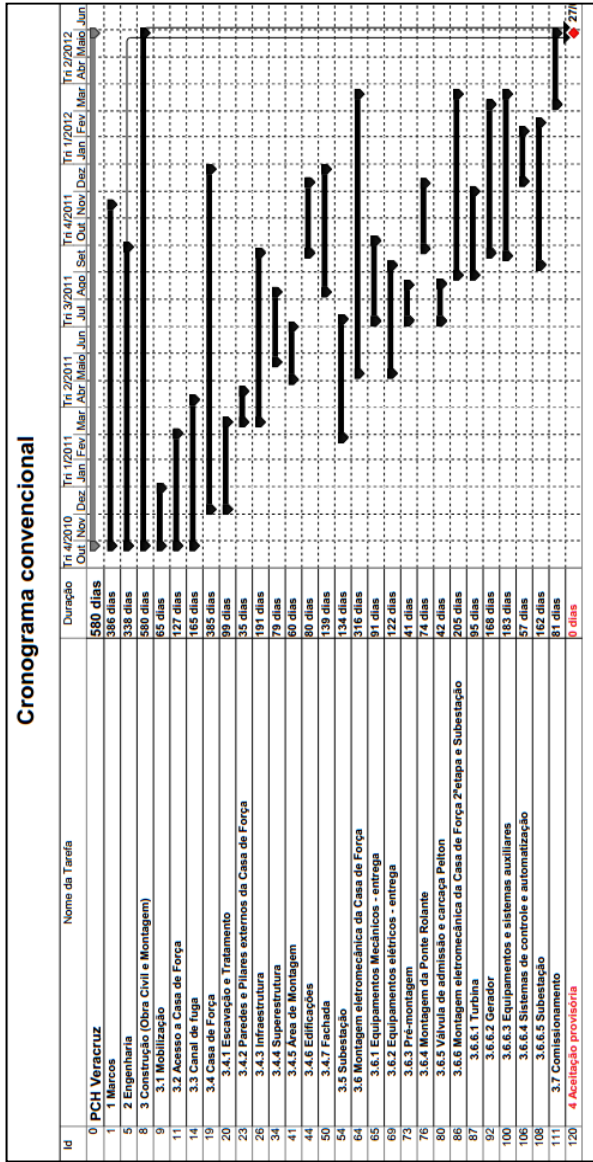
Tabela 4 - Caminho crítico, utilizando cronograma convencional

| Caminho Crítico | Início | Término |
|--|---------------|----------------|
| Notificação de início | Ter 26/10/10 | Ter 26/10/10 |
| Ponte Rolante - Fornecedor Mexicano | Ter 27/09/11 | Ter 27/09/11 |
| Trilhos - instalação e concretagem | Qua 28/09/11 | Qui 06/10/11 |
| Montagem do guincho | Sex 07/10/11 | Qui 01/12/11 |
| Provas e teste | Sex 02/12/11 | Seg 12/12/11 |
| Montagem do gerador | Ter 13/12/11 | Ter 03/01/12 |
| Montagem do rotor do gerador | Qua 04/01/12 | Ter 31/01/12 |
| Sistema de freios | Qua 01/02/12 | Ter 14/02/12 |
| Sistema de lubrificação | Sex 10/02/12 | Qui 08/03/12 |
| Provas a seco | Sex 09/03/12 | Qua 28/03/12 |
| Obras da tomada d'água concluídas pelo cliente | Qua 28/03/12 | Qua 28/03/12 |
| Provas com água | Qui 29/03/12 | Ter 17/04/12 |
| Linhas de transmissão e conexão com rede CFE | Ter 17/04/12 | Ter 17/04/12 |
| Sincronização | Ter 17/04/12 | Ter 17/04/12 |
| Provas de eficiência e potencia | Qua 18/04/12 | Sáb 28/04/12 |
| Início da geração | Sáb 28/04/12 | Sáb 28/04/12 |
| Reliability Test | Dom 29/04/12 | Seg 28/05/12 |
| Aceitação provisória | Seg 28/05/12 | Seg 28/05/12 |

3.2.3.2. Gráfico de Gantt

Abaixo na tabela 5, o gráfico de Gantt com as atividades macro referente ao cronograma convencional.

Gráfico 6 - Gráfico de Gantt - Cronograma convencional



3.3 - Cronograma Utilizando Método Probabilístico de Monte Carlo

Usando a experiência do gerente do projeto, assim como da equipe da empresa EPCista, pode-se estimar as durações variáveis para cada atividade prevista na execução do empreendimento. Desta maneira valores de tempo otimista, pessimista e a duração normal, são estimados, assim como, a possibilidade para que cada uma das estimativas ocorra (Gómez, 2012).

Para a estimativa de duração das atividades, conforme orientação de engenheiros da empresa e para fins acadêmicos, foram adotados os seguintes critérios:

- Para duração Normal, foi adotado o cronograma convencional, calculado de maneira usual, conforme item 3.2 - Elaboração do cronograma convencional;
- Duração de tempo Otimista, o prazo de duração adotado será 15% menor que a duração normal;
- Já para a duração de tempo pessimista, o prazo de duração adotado será 15% maior que a duração normal, para tarefas com maior nível de controle (entrega de equipamentos, execução de estruturas simples) e 30% maior que a duração normal para tarefas complexas, onde existe maior incerteza (escavações, montagem de equipamentos complexos, como o conjunto de turbina e gerador).

Afim, de atenuar o otimismo dos gerentes de projeto e mitigar prováveis imprevisto, neste trabalho adotaremos a seguinte relação entre previsões de duração das atividades:

- Duração normal 60% de probabilidade de ocorrência;
- Duração otimista 10% de probabilidade de ocorrência;
- Duração pessimista 30% de probabilidade de ocorrência.

Abaixo a tabela 5 apresenta a duração de algumas das atividades presentes no cronograma conforme parâmetros adotados no trabalho:

Tabela 5 - Calculo de duração otimista, pessimista e normal.

| Probabilidade de ocorrência | Duração da atividade Monte Carlo (dias) | | |
|--|---|--------------|----------------|
| | Normal 60% | Otimista 10% | Pessimista 30% |
| Engenharia | | | |
| Projeto Civil | 239 | 203 | 275 |
| Projeto Eletromecânico | 239 | 203 | 275 |
| Construção (Obra Civil e Montagem) | | | |
| Mobilização | 65 | 55 | 75 |
| Acesso a Casa de Força | | | |
| Escavação e terraplanagem | 75 | 64 | 98 |
| Drenagem | 60 | 51 | 69 |
| Canal de Fuga | | | |
| Escavação comum | 35 | 30 | 46 |
| Concretagem do canal de fuga | 20 | 17 | 23 |
| Tratamento do canal de fuga - concreto | 15 | 13 | 17 |
| Canaletas de drenagem | 10 | 9 | 12 |
| Casa de Força | | | |
| Escavação e Tratamento | | | |
| Escavação comum | 20 | 17 | 26 |
| Tratamento de fundações | 15 | 13 | 17 |
| Paredes e Pilares externos da Casa de Força | | | |
| Paredes | 35 | 30 | 40 |
| Pilares | 20 | 17 | 23 |

Foram simuladas a execução de 50 hidroelétricas nos mesmos moldes da PCH Veracruz, utilizando o método probabilístico de Monte Carlo com valores aleatórios e distribuição uniforme.

Utilizando a ferramenta de geração de números aleatórios do Microsoft Excel, foram gerados cinquenta valores aleatórios entre 0 e 1 para todas as atividades do projeto. Com isso, estipulou-se o critério onde valores menores que 0,60, correspondem a duração normal, valores entre 0,61 e 0,70 duração otimista e maiores que 0,71 as durações pessimistas.

Mantendo a relação de sequencia das atividades e interdependência entre elas. Os valores de duração encontrados foram inseridos no MS Project, onde a duração total do projeto foi calculada e um possível novo caminho crítico identificado.

Segue tabela 6, onde são demonstradas as durações totais, em dias, do projeto para cada uma das 50 simulações realizadas. Nota-se que o maior prazo encontrado foi de 607 dias e o menor 570 dias.

Tabela 6 – Duração de cada simulação realizada para o projeto.

| | | | | | |
|----------------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Simulação | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Duração | 594 | 590 | 592 | 582 | 570 |
| Simulação | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Duração | 598 | 606 | 607 | 594 | 589 |
| Simulação | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| Duração | 603 | 601 | 586 | 586 | 599 |
| Simulação | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| Duração | 589 | 589 | 597 | 601 | 580 |
| Simulação | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| Duração | 595 | 576 | 595 | 594 | 594 |
| Simulação | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| Duração | 584 | 594 | 602 | 582 | 585 |
| Simulação | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 |
| Duração | 599 | 587 | 586 | 598 | 590 |
| Simulação | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
| Duração | 590 | 581 | 590 | 596 | 595 |
| Simulação | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 |
| Duração | 599 | 584 | 593 | 584 | 592 |
| Simulação | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
| Duração | 597 | 590 | 579 | 584 | 582 |
| Maior duração | | 607 | | | |
| Menor duração | | 570 | | | |

No ANEXO 3, é apresentado o cronograma do projeto utilizando o método probabilístico de Monte Carlo.

3.3.1 - Caminho crítico para cronograma utilizando o método de Monte Carlo

Devido ao grande intervalo de tempo estimado para fabricação e entrega dos equipamentos como a ponte rolante, o caminho crítico do projeto não foi alterado. A entrega da ponte rolante, montagem de equipamentos e testes continuam sendo os principais elementos do cronograma a serem monitorados.

Abaixo segue tabela 7, onde o caminho crítico do cronograma utilizando o método probabilístico de Monte Carlo é apresentado.

Tabela 7 - Caminho crítico, utilizando Monte Carlo

| Caminho Crítico | Início | Término | Duração Média |
|---|---------------|----------------|----------------------|
| Notificação de início | 26/10/2010 | 26/10/2010 | 0 |
| Ponte Rolante - Fornecedor Mexicano | 27/09/2011 | 27/09/2011 | 0 |
| Trilhos - instalação e concretagem | 28/09/2011 | 06/10/2011 | 8 |
| Montagem do guincho | 07/10/2011 | 05/12/2011 | 59 |
| Provas e teste | 06/12/2011 | 14/12/2011 | 8 |
| Montagem do gerador | 15/12/2011 | 06/01/2012 | 22 |
| Montagem do rotor do gerador | 09/01/2012 | 06/02/2012 | 28 |
| Sistema de freios | 07/02/2012 | 21/02/2012 | 14 |
| Sistema de lubrificação | 16/02/2012 | 16/03/2012 | 29 |
| Provas a seco | 17/03/2012 | 06/04/2012 | 20 |
| Obras da tomada d'água concluídas pelo cliente | 06/04/2012 | 06/04/2012 | 0 |
| Provas com água | 07/04/2012 | 26/04/2012 | 19 |
| Linhas de transmissão e conexão com rede CFE | 26/04/2012 | 26/04/2012 | 0 |
| Sincronização | 26/04/2012 | 26/04/2012 | 0 |
| Provas de eficiência e potencia | 27/04/2012 | 08/05/2012 | 11 |
| Início da geração | 08/05/2012 | 08/05/2012 | 0 |
| Reliability Test | 09/05/2012 | 08/06/2012 | 30 |
| Aceitação provisória | 08/06/2012 | 08/06/2012 | 0 |
| Entrega da ponte rolante +7 dias cura viga concreto | 343 | Duração total= | 591 |
| Desvio Padrão = | | | 10 |

3.4 - Gráfico de Gantt – Método de Monte Carlo

Abaixo gráfico 7 de Gantt, com as atividades macro referente ao cronograma utilizando o método probabilístico de Monte Carlo.

3.5 - Cronograma Realizado

3.5.1 - Coleta de dados

Engenharia, suprimentos e construção, foram monitoradas diariamente por seus gestores e seu avanço informado mensalmente a coordenação do contrato EPC.

Semanalmente foram elaborados relatórios fotográficos e mensalmente relatórios de progresso, onde contêm informações gerais da obra, monitoramento das atividades realizadas, atividades pendentes e os avanços físico e financeiro.

3.5.2 - Acompanhamento mensal

Para o monitoramento das atividades realizadas e avanço físico dispostos no relatório de progresso. As quantidades executadas na obra foram mensuradas pelos colaboradores da EPCista presentes em campo e também divulgadas pelos subcontratados responsáveis pela execução trabalhos. Possibilitando assim o controle do que foi realizado.

Com informações das diferentes áreas do contrato EPC a evolução do avanço físico foi monitorada utilizando os softwares da Microsoft MS Project e Excel.

No ANEXO IV, apresenta-se o acompanhamento mensal do cronograma realizado do empreendimento. Onde estão dispostas as principais atividades realizadas mês a mês e a evolução do avanço físico.

3.5.3 - Identificação de atrasos significativos

Abaixo estão listados os problemas encontrados durante a execução do projeto nas atividades referente ao caminho crítico. Assim, tornam-se claros os motivos do atraso na entrega da obra e obtenção do Certificado de Aceitação Provisória (CAP).

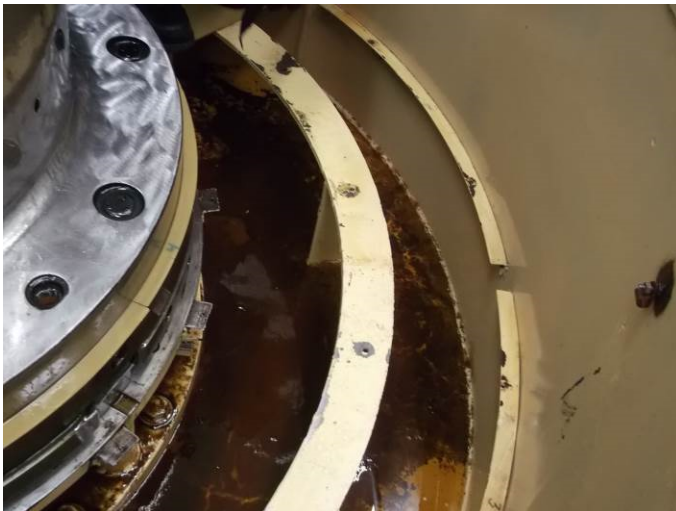
Atrasos ocorrem em atividades com responsabilidade do cliente e do EPCista, desta forma foram negociados pleitos financeiros e multas, além de aditivos de prazo contratual.

A seguir na tabela 8, estão dispostas as atividades onde houveram atrasos com responsabilidade do cliente, em relação ao cronograma previsto e impactaram diretamente o cronograma do empreendimento.

Tabela 8 - Atrasos com responsabilidades do cliente

| Cliente | |
|--|--------------|
| Desvios no cronograma | Meses |
| Troca da empresa responsável pelas obras civis | 2 |
| Obras da tomada d'água concluídas pelo cliente | 8 |
| Problemas relativos ao atraso nas obras de tomada d'água | 1 |
| Linhas de transmissão e conexão com rede CFE | 2 |
| Total de atrasos por com responsabilidades do cliente | 13 |

Devido ao atraso na entrega das obras do cliente, o sistema ficou um longo período parado e por consequência sem lubrificação. Parte dos equipamentos oxidaram gerando transtornos consideráveis. Abaixo a figura 12, mostrando os impactos da falta de lubrificação do sistema.

Figura 12 - Oxidação de partes da turbina (ENGEVIX SA)

Na tabela 9 abaixo, apresenta-se as atividades onde houveram atrasos com responsabilidade do EPCista, em relação ao cronograma previsto e impactaram diretamente o cronograma do empreendimento.

Tabela 9 - Atrasos com responsabilidades do EPCista

| EPCista | |
|--|--------------|
| Desvios no cronograma | Meses |
| Troca da coordenação do contrato | 1 |
| Dificuldades na interface com o fornecedor Chinês (Turbina e Gerador) | 2 |
| Dificuldades montagem dos equipamentos (Turbina e Gerador), in experiência da subcontratada. | 2 |
| Chuvas (paralisação nas atividades da Casa de Força) | 1 |
| Negociações financeiras para obter o CAP | 2 |
| Total de atrasos por com responsabilidades do EPCista | 8 |

Após curto período de chuvas com enorme volume de água, os sistemas de drenagem, ainda provisórios, não foram suficientes para escoar a água. Com isso, grande parte da casa de força foi inundada, gerando a necessidade de trabalhos extras de limpeza e manutenção não previstos, relocando grande parte da mão de obra.

Figura 13 - Grande volume de chuvas (ENGEVIX SA).

3.6 - Relação entre tempo e custo

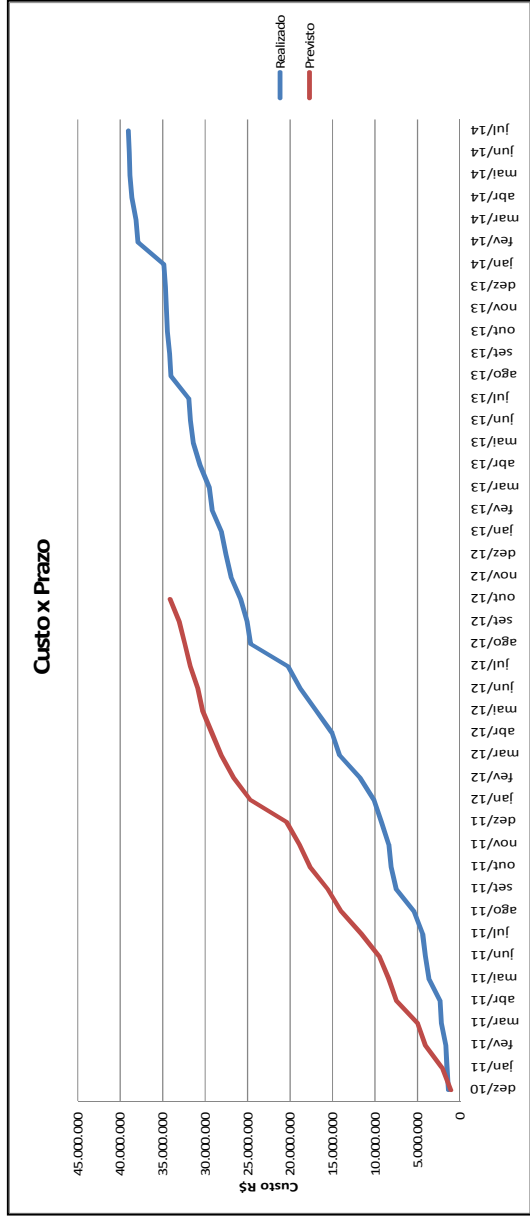
Afim de complementar a análise do planejamento do empreendimento, elaborou-se a relação entre tempo e custo na execução do projeto.

Com a duração para execução das atividades prevista através do cronograma convencional, a duração realizada e o custo previsto e realizados. Pode-se expor através de gráficos com as curvas S, os desvios ocorridos no orçamento.

Para elaboração das curvas foram monitoradas a evolução dos custos em relação ao tempo.

Abaixo no gráfico 8, a disposição das curvas S, prevista e realizada. Como o principal impacto do custo total do empreendimento é decorrente do aumento dos custos fixos como mão de obra, encargos sociais e custos indiretos, nota-se que o a curva referente ao custo realizado mostra o custo aumentando quase linearmente e com um ângulo menor que a curva prevista. O que identifica custos mais distribuídos ao longo do tempo e aumento da importância dos custos fixos.

Gráfico 8 - Curva S - Relação Custo x Prazo de execução



4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 - Desvios no cronograma

Com relação aos cronogramas convencional e utilizando o método de Monte Carlo, não houve diferença significativa de prazos devido aos poucos itens que representavam o caminho crítico e as folgas consideráveis para as demais tarefas.

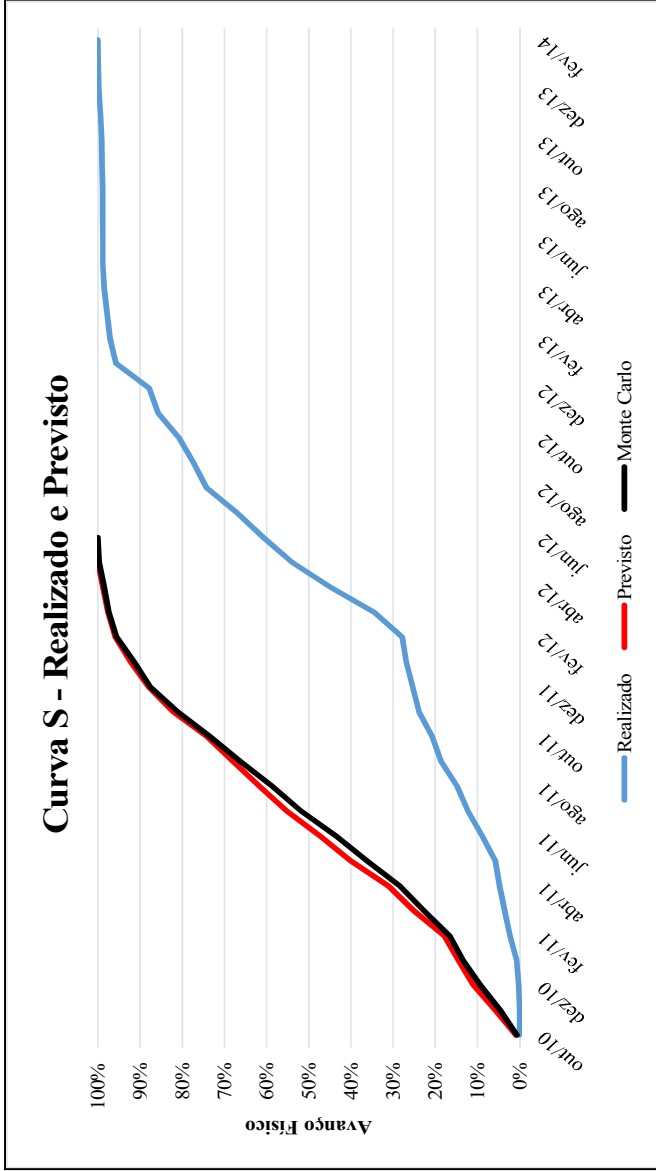
Já relacionando os cronogramas anteriores com o realizado, notamos uma diferença expressiva. O empreendimento estudado teve como prazo de duração praticamente o dobro do previsto. Este desvio foi justificado no item 4.5 – Cronograma Realizado, onde foram relatadas as principais ocorrências que justificam o aumento na duração da execução do empreendimento.

Segue quadro comparativo relacionando a duração do projeto da PCH Veracruz com os diferentes cronogramas.

Tabela 10 – Comparativo entre cronogramas

| Método de análise | Início | Término | Dias | Meses |
|--------------------------|---------------|----------------|-------------|--------------|
| Cronograma convencional | 26/10/2010 | 29/05/2012 | 581 | 19 |
| Cronograma Monte Carlo | 26/10/2010 | 08/06/2012 | 591 | 20 |
| Cronograma Realizado | 26/10/2010 | 14/02/2014 | 1207 | 40 |

Gráfico 9 - Curva S - Avanços físico previstos e realizado.



4.2 - Desvios no orçamento devido a prorrogação do prazo

Analisando os custos previsto e realizados, pode-se evidenciar o aumento dos gastos para execução do empreendimento. Dividindo estes custos em grupos menores, é possível identificar os principais itens impactados com pela extensão do prazo de execução do projeto.

Os custos previstos foram estimados pelo corpo de engenheiros da empresa e cedidos para a elaboração do trabalho. Já os custos realizados foram monitorados pelo autor deste trabalho durante os anos em que fez parte da equipe responsável pela execução do contrato.

Dispondo estes grupos em ordem crescente e utilizando a classificação ABC para análise, podemos observar que os custos fixos como mão de obra e custos indiretos sofrem a maior variação com o prazo.

Seguem na Tabela 11, com a classificação a ABC referente aos custos previstos. Percebe-se que os custos fixos como Mão de obra, encargos sociais e custos indiretos somam apenas 8% dos custos previstos.

Tabela 11 - Classificação ABC do custo previsto

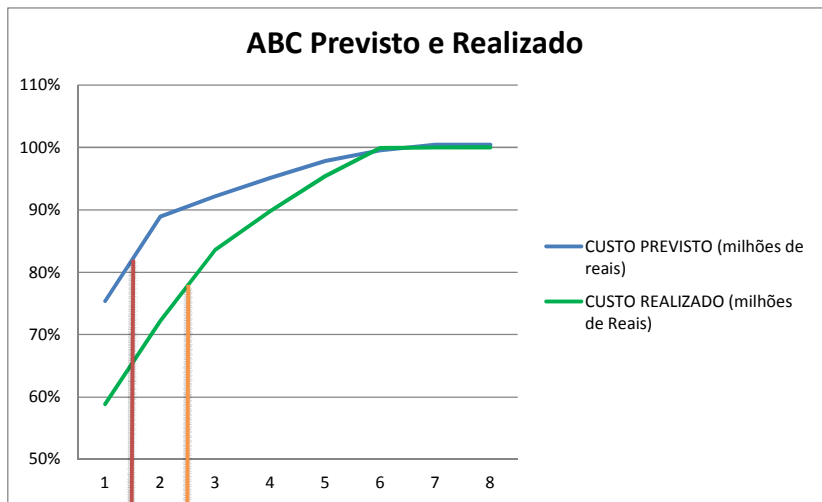
| CUSTO PREVISTO (milhões de reais) | 34,14 | ABC | |
|--|--------------|------------|------------|
| Fornecimento de Bens e Materiais | 25,73 | 75% | 75% |
| Parcerias e Subcontratados | 4,62 | 14% | 89% |
| Outros Custos Diretos | 1,12 | 3% | 92% |
| Mão de Obra Direta | 1,00 | 3% | 95% |
| Encargos Sociais | 0,93 | 3% | 98% |
| Custo Indireto | 0,43 | 2% | 100% |
| Custo da Área | 0,31 | 1% | 100% |
| Despesas Diversas | 0,00 | 0% | 100% |

Abaixo a tabela 12, com a classificação a ABC referente aos custos realizados. Pode-se perceber que os custos fixos como Mão de obra, encargos sociais e custos indiretos somam 23% dos custos previstos. Elevando consideravelmente sua participação no custo final do empreendimento.

Tabela 12 - Classificação ABC do custo realizado

| CUSTO REALIZADO (milhões de Reais) | 39,06 | ABC | |
|---|--------------|------------|------------|
| Fornecimento de Bens e Materiais | 22,99 | 59% | 59% |
| Parcerias e Subcontratados | 5,20 | 13% | 72% |
| Mão de Obra Direta | 4,45 | 11% | 84% |
| Encargos Sociais | 2,43 | 6% | 90% |
| Custo Indireto | 2,19 | 6% | 95% |
| Outros Custos Diretos | 1,77 | 5% | 100% |
| Despesas Diversas | 0,02 | 0% | 100% |
| Custo da Área | 0,01 | 0% | 100% |

Gráfico 10 - Curva ABC Previsto e Realizado



Na tabela 13, pode-se observar o ganho de custos em relação ao tempo total de execução. O custo total teve um acréscimo de 5 milhões de reais, sendo que 4,5 milhões de reais somente com relação a mão de obra. Principal item impactado com a prorrogação do prazo de término do empreendimento.

Tabela 13 - Comparação entre custos previstos e realizados

| Custos Total (milhões de Reais) | | |
|--|-------|------|
| Previstos | 34,14 | 100% |
| Realizados | 39,06 | 114% |
| Diferença | 4,92 | 14% |

| Custo Mão De Obra (milhões de Reais) | | |
|---|------|------|
| Previstos | 1,00 | 100% |
| Realizados | 4,45 | 444% |
| Diferença | 3,45 | 344% |

5 - CONCLUSÃO

No trabalho de conclusão de curso, foi proposto confrontar os cronogramas inicial elaborado de forma convencional, o cronograma utilizando o método probabilístico de Monte Carlo e o cronograma realizado. Desta maneira, verificar possíveis falhas no planejamento.

Grandes empreendimentos como PCHs são contratados com prazo de execução pré-definido, assim, torna-se necessário adaptar o cronograma da obra ao exigido pelo contratante. No projeto estudado, grande parte dos atrasos foram em decorrência das obras e atividades fora do escopo do EPCista. No entanto, o risco com a contratação de um fornecedor com pouco know-how no mercado internacional e possíveis problemas com a cultura local, foram subestimados e determinantes para o não cumprimentos dos objetivos.

A utilização do método probabilístico de Monte Carlo atenuaria as discrepâncias apresentadas no cronograma, porém não seria relevante devido ao enorme atraso gerado principalmente em função das obras com responsabilidade do cliente. Adotar prazos de tempo mais pessimistas no momento da execução do método, principalmente em eventos onde a responsabilidade da execução for de terceiros, traria resultados mais satisfatórios. Algo que pode ser ajustado com pratica e com as experiências adquiridas em outros trabalhos.

O impacto gerado por atividades presentes no caminho critico foi determinante para os atrasos apresentados. As entregas de equipamentos, instalação dos equipamentos e entrega das obras com responsabilidades do cliente apresentaram duração muito maior que o prazo mais pessimista previsto. Da mesma forma negociações muito prolongadas e imprevistos como a necessidade de substituição de subcontratadas contribuíram para o prazo demasiado extenso de execução do projeto.

O impacto no custo, foi sentido com maior intensidade nos custos fixos, como mão de obra, encargos sociais e custos da estrutura da empresa que dá suporte ao projeto. Estes custos podem ser considerados lineares e independem da intensidade que os trabalhos são executados, desta maneira, crescem a medida que o prazo se estende.

As metas de prazo do cronograma inicial não formam atingidas. Porém, o seu acompanhamento foi de suma importância durante toda a execução do empreendimento, dando suporte as decisões e respaldo nas negociações feitas com a contratante. Vale lembrar, que o custo final do

trabalho está diretamente ligado ao prazo de execução, assim, é indispensável manter o cronograma e o planejamento sempre atualizados. Para facilitar o controle e com o intuito de direcionar a execução do projeto ao encontro do objetivo final, o cronograma foi refeito diversas vezes durante a execução das tarefas, no entanto, não foram apresentados neste trabalho, uma vez que não fazem parte do intuito do didático procurado.

6 - BIBLIOGRAFIA

- Carneiro, D. P. (2010). PCHs, Pequenas Centrais Hidrelétricas. Rio de Janeiro: Synergia editora LTDA.
- CFE, Comissão federal de eletricidad - México. (2014). Fonte: <http://www.cfe.gob.mx/paginas/home.aspx>;
- Costa, G. S., Neto, J. d., & Matos, P. R. (5,6,7 de agosto de 2010). VI CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO. Energia, Inovação, Tecnologia e Complexidade para a Gestão Sustentável. Niterói, RJ, Brasil. Fonte: http://www.excelenciaemgestao.org/portals/2/documents/cneg6/anais/t10_0265_1234.pdf
- ELETROBRÁS S.A. (2000). Centrais elétricas brasileiras. Diretrizes para estudos de pequenas centrais hidroelétricas. Florianópolis/SC.
- FONTANELA, E. A., Homrich, A. S., & Homrich, D. S. (09 de outubro de 2007). sincronia e visão global - um estudo de caso sobre PCH – modelo de contrato EPC. Foz do Iguaçu, PR, Brasil: XXVII encontro nacional de engenharia de produção.
- Gómez, L. A. (2012). EXCEL para Engenheiros 2ªed. Florianópolis: Visual Books.
- Gómez, L. A., Duclós Filho, E. O., Coelho, C. C., & Xavier, S. M. (2006). Contratos EPC Turnkey. Florianópolis: Visual Books.
- Limmer, C. V. (2013). Planejamento, orçamento e controle de projetos e obras. Rio de Janeiro/RJ: LTC.
- Mattos, A. D. (2006). Como preparar orçamentos de obras. São Paulo/SP: PINI.
- Prado, D. (1988). Administração de Projetos com PERT/COM. 2ª ed. . Belo Horizonte/MG: editora UFMG.
- SCHREIBER, G. P. (1977). Usinas Hidroelétricas. Engevix Engenharia S.A. Florianópolis/SC: Edgard Blucher LTDA.

- SENER. (2012). Prospectiva del Sector Eléctrico 2012 - 2026. Cidade do México.
- SENER secretaría de energia mexicana. (2014). Fonte: SENER:
<http://www.energia.gob.mx/>
- Sistema de información energética de Mexico. (2014). Fonte:
<http://sie.energia.gob.mx/>
- Varella, R. (2003). Planejamento e Controle de Obras. 1ª ed. São Paulo/SP: O nome da Rosa editora.
- Yazigi, W. (2004). A Técnica de Edificar 6ªed. São Paulo/SP: PINI.

ANEXOS

ANEXO I - EAP do projeto

| EAP - PCH Veracruz |
|--|
| Marcos |
| Início do contrato |
| Notificação de início |
| Sincronização |
| Início da geração de energia |
| Aceitação provisória |
| Engenharia |
| Projeto Civil |
| Projeto Eletromecânico |
| Construção (Obra Civil e Montagem) |
| Mobilização |
| Acesso a Casa de Força |
| Escavação e terraplanagem |
| Drenagem |
| Canal de fuga |
| Escavação comum |
| Concretagem do canal de fuga |
| Tratamento do canal de fuga - concreto e ancoragem |
| Canaletas de drenagem |
| Casa de Força |
| Escavação e Tratamento |
| Escavação comum |
| Tratamento de fundações |
| Paredes e Pilares externos da Casa de Força |
| Paredes |
| Pilares |
| Infraestrutura |
| Concretagem: entre cotas 584,10m até 588,00m |

EAP - PCH Veracruz

Paredes: entre cotas 588,00m até 590,75m

Vigas e laje: cota 591,30m

Paredes: entre cotas 590,75m. até 594,65m.

Concreto de segundo estágio na carcaça Pelton: até cota 591,30m

Concreto de segundo estágio e paredes do gerador - até cota 595,20m.

Vigas e laje: até cota 595,20m.

Superestrutura

Pilares: cota 594,65m. até 599,40m.

Vigas: cota 599,40m.

Pilares: cota 599,40m. Até 602,90m.

Vigas: cota 602,90m.

Pilares: cota 602,90m. até 609,50m.

Viga da ponte rolante

Área de Montagem

Aterro na casa de força. Proctor 90%

Laje da área de montagem

Edificações

Sala de painéis, ventilação, bateria e diesel

Depósito, sala de comando, cozinha e sanitários

Instalações hidros antarias

Instalações elétricas

Acabamentos

Fachada

Estrutura metálica

Painéis metálicos

Pátio exterior y drenagem

Subestação

Escavação comum

Aterro compactado a 90% Proctor

EAP - PCH Veracruz

Fundações para equipamentos e casa de maquinas

Suportes para equipamentos

Trincheiras para os cabos

Drenagem e sistema de aterramento

Aterro compactado a 90% Proctor 2ª etapa

Casa de painéis elétricos

Acabamentos

Montagem eletromecânica da Casa de Força

Equipamentos Mecânicos - entrega

Turbina - Fornecedor Chinês

Ponte Rolante - Fornecedor Mexicano

Equipamentos elétricos - entrega

Gerador, Estator, Transformador de potência - Fornecedor Chinês

Subestação - Fornecedor Mexicano

Pré-montagem

Conjunto Pelton

Conjunto Gerador

Montagem da Ponte Rolante

Trilhos - instalação e concretagem

Montagem do guincho

Provas e teste

Válvula de admissão e carcaça Pelton

Válvula esférica

Acionamento

Tubulações, suportes e ancoragem

Tubulação de injeção, suporte dos mancais e ancoragem Pelton

Liberar concretagem do poço da turbina

Montagem eletromecânica da Casa de Força 2ªetapa e Subestação

Comissionamento

EAP - PCH Veracruz

Provas a seco

Obras da tomada d'água concluídas pelo cliente

Provas com água

Linhas de transmissão e conexão com rede CFE

Sincronização

Provas de eficiência e potencia

Início da geração

Reliability Test

Aceitação provisória

ANEXO II – Cronograma convencional

| Nº | Nome da tarefa | Duração | Início | Término | Predecessoras |
|----|--|-----------------|-------------------------|-------------------------|------------------|
| 1 | PCH Veracruz | 581 dias | Ter 26/10/10 | Seg 28/05/12 | |
| 2 | Marcos | 386 dias | Ter 26/10/10 | Ter 15/11/11 | |
| 3 | Período de chuvas - 2011 | 110 dias | Qua 15/06/11 | Ter 15/11/11 | |
| 4 | Início do contrato | 1 dia | Ter 26/10/10 | Ter 26/10/10 | |
| 5 | Notificação de início | 1 dia | Ter 26/10/10 | Ter 26/10/10 | |
| 6 | Engenharia | 338 dias | Qua 27/10/10 | Qui 29/09/11 | |
| 7 | Projeto Civil | 239 dias | Qua 27/10/10 | Qui 29/09/11 | 4 |
| 8 | Projeto Eletromecânico | 239 dias | Qua 27/10/10 | Qui 29/09/11 | 4 |
| 9 | Construção (Obra Civil e Montagem) | 580 dias | Qua 27/10/10 | Seg 28/05/12 | |
| 10 | Mobilização | 65 dias | Qua 27/10/10 | Qui 30/12/10 | |
| 11 | Mobilização | 45 dias | Qua 27/10/10 | Qui 30/12/10 | 4 |
| 12 | Acesso a Casa de Força | 127 dias | Qua 27/10/10 | Qua 02/03/11 | |
| 13 | Escavação e terraplanagem | 75 dias | Qua 27/10/10 | Sex 11/02/11 | 10II |
| 14 | Drenagem | 60 dias | Seg 06/12/10 | Qua 02/03/11 | 12TT+13 dias |
| 15 | Canal de fuga | 165 dias | Qua 27/10/10 | Sáb 09/04/11 | |
| 16 | Escavação comum | 35 dias | Qua 27/10/10 | Seg 06/12/10 | 10II |
| 17 | Concretagem do canal de fuga | 20 dias | Seg 21/02/11 | Ter 15/03/11 | 15;10IT+120 dias |
| 18 | Tratamento do canal de fuga - concreto e ancoragem | 15 dias | Qua 16/03/11 | Qua 30/03/11 | 16 |
| 19 | Canaletas de drenagem | 10 dias | Qui 31/03/11 | Sáb 09/04/11 | 17 |
| 20 | Casa de Força | 385 dias | Ter 07/12/10 | Seg 26/12/11 | |
| 21 | Escavação e Tratamento | 99 dias | Ter 07/12/10 | Ter 15/03/11 | |
| 22 | Escavação comum | 20 dias | Ter 07/12/10 | Qua 29/12/10 | 15 |
| 23 | Tratamento de fundações | 15 dias | Sáb 26/02/11 | Ter 15/03/11 | 21;10IT+120 dias |
| 24 | Paredes e Pilares externos da Casa de Força | 35 dias | Qua 16/03/11 | Ter 19/04/11 | |
| 25 | Paredes | 35 dias | Qua 16/03/11 | Ter 19/04/11 | 22 |

| Nº | Nome da tarefa | Duração | Início | Término | Predecessoras |
|----|--|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 26 | Pilares | 20 dias | Qua 16/03/11 | Seg 04/04/11 | 22 |
| 27 | Infraestrutura | 191 dias | Qua 16/03/11 | Qui 22/09/11 | |
| 28 | Concretagem: entre cotas 584,10m até 588,00m | 28 dias | Qua 16/03/11 | Ter 12/04/11 | 22 |
| 29 | Paredes: entre cotas 588,00m até 590,75m | 20 dias | Qua 13/04/11 | Seg 02/05/11 | 27 |
| 30 | Vigas e laje: cota 591,30m | 15 dias | Ter 03/05/11 | Ter 17/05/11 | 28 |
| 31 | Paredes: entre cotas 590,75m. até 594,65m. | 20 dias | Ter 03/05/11 | Dom 22/05/11 | 28 |
| 32 | Concreto de segundo estágio na carcaça Pelton: até cota 591,30m | 10 dias | Sex 19/08/11 | Dom 28/08/11 | 85;66 |
| 33 | Concreto de segundo estágio e paredes do gerador - até cota 595,20m. | 10 dias | Seg 29/08/11 | Qua 07/09/11 | 31 |
| 34 | Vigas e laje: até cota 595,20m. | 15 dias | Qui 08/09/11 | Qui 22/09/11 | 30;29;32 |
| 35 | Superestrutura | 79 dias | Seg 23/05/11 | Ter 09/08/11 | |
| 36 | Pilares: cota 594,65m. até 599,40m. | 6 dias | Seg 23/05/11 | Sáb 28/05/11 | 30 |
| 37 | Vigas: cota 599.40m. | 13 dias | Dom 29/05/11 | Sex 10/06/11 | 35 |
| 38 | Pilares: cota 599,40m. Até 602,90m. | 10 dias | Sáb 11/06/11 | Seg 20/06/11 | 36 |
| 39 | Vigas: cota 602,90m. | 20 dias | Ter 21/06/11 | Dom 10/07/11 | 37 |
| 40 | Pilares: cota 602,90m. até 609,50m. | 10 dias | Seg 11/07/11 | Qua 20/07/11 | 38 |
| 41 | Viga da ponte rolante | 20 dias | Qui 21/07/11 | Ter 09/08/11 | 39 |
| 42 | Área de Montagem | 60 dias | Ter 03/05/11 | Sex 01/07/11 | |
| 43 | Aterro na casa de força. Proctor 90% | 45 dias | Ter 03/05/11 | Qui 16/06/11 | 28;22;23;29TT+15 dias;13 |
| 44 | Laje da área de montagem | 15 dias | Sex 17/06/11 | Sex 01/07/11 | 42 |
| 45 | Edificações | 80 dias | Sex 23/09/11 | Dom 11/12/11 | |
| 46 | Sala de painéis, ventilação, bateria e diesel | 25 dias | Sex 23/09/11 | Seg 17/10/11 | 33 |
| 47 | Depósito, sala de comando, cozinha e sanitários | 25 dias | Ter 18/10/11 | Sex 11/11/11 | 45 |
| 48 | Instalações hidros antarias | 15 dias | Sáb 12/11/11 | Sáb 26/11/11 | 46 |
| 49 | Instalações elétricas | 15 dias | Sáb 12/11/11 | Sáb 26/11/11 | 46 |
| 50 | Acabamentos | 15 dias | Dom 27/11/11 | Dom 11/12/11 | 47;48 |
| 51 | Fachada | 139 dias | Qua 10/08/11 | Seg 26/12/11 | |

| Nº | Nome da tarefa | Duração | Início | Término | Predecessoras |
|-----------|---|-----------------|-------------------------|-------------------------|---------------|
| 52 | Estrutura metálica | 20 dias | Qua 10/08/11 | Seg 29/08/11 | 40;42 |
| 53 | Painéis metálicos | 6 dias | Ter 30/08/11 | Dom 04/09/11 | 51 |
| 54 | Pátio exterior y drenagem | 30 dias | Dom 27/11/11 | Seg 26/12/11 | 48;43 |
| 55 | Subestação | 136 dias | Sáb 26/02/11 | Seg 11/07/11 | |
| 56 | Escavação comum | 15 dias | Sáb 26/02/11 | Ter 15/03/11 | 10IT+120 dias |
| 57 | Aterro compactado a 90% Proctor | 20 dias | Qua 16/03/11 | Seg 04/04/11 | 55 |
| 58 | Fundações para equipamentos e casa de maquinas | 30 dias | Ter 05/04/11 | Seg 09/05/11 | 56 |
| 59 | Suportes para equipamentos | 30 dias | Ter 10/05/11 | Qua 08/06/11 | 57 |
| 60 | Trincheiras para os cabos | 15 dias | Ter 05/04/11 | Qui 21/04/11 | 56 |
| 61 | Drenagem e sistema de aterramento | 15 dias | Ter 10/05/11 | Qui 26/05/11 | 57;59 |
| 62 | Aterro compactado a 90% Proctor 2ª etapa | 15 dias | Sex 27/05/11 | Seg 13/06/11 | 57;59;60 |
| 63 | Casa de painéis elétricos | 30 dias | Ter 10/05/11 | Seg 13/06/11 | 57 |
| 64 | Acabamentos | 20 dias | Ter 14/06/11 | Seg 11/07/11 | 62;61 |
| 65 | Montagem eletromecânica da Casa de Força | 316 dias | Ter 10/05/11 | Ter 20/03/12 | |
| 66 | Equipamentos Mecânicos - entrega | 91 dias | Qui 07/07/11 | Qui 06/10/11 | |
| 67 | Turbina - Fornecedor Chinês | 0 dias | Qui 07/07/11 | Qui 07/07/11 | 4TI+254 dias |
| 68 | Turbina - Fornecedor Chinês 2ª parte | 0 dias | Qui 06/10/11 | Qui 06/10/11 | 4TI+345 dias |
| 69 | Ponte Rolante - Fornecedor Mexicano | 0 dias | Ter 27/09/11 | Ter 27/09/11 | 4TI+336 dias |
| 70 | Equipamentos elétricos - entrega | 122 dias | Ter 10/05/11 | Qui 08/09/11 | |
| 71 | Gerador, Estator - Fornecedor Chinês | 0 dias | Qui 07/07/11 | Qui 07/07/11 | 66II |
| 72 | Transformador de potencia - Fornecedor Chinês 2 | 0 dias | Qui 07/07/11 | Qui 07/07/11 | 70II |
| 73 | Subestação - Fornecedor Mexicano | 105 dias | Ter 10/05/11 | Qui 08/09/11 | 57 |
| 74 | Pré-montagem | 41 dias | Sex 17/08/11 | Qua 17/08/11 | |
| 75 | Conjunto Pelton | 20 dias | Sex 08/07/11 | Sáb 30/07/11 | 66;43 |
| 76 | Conjunto Gerador | 35 dias | Sex 08/07/11 | Qua 17/08/11 | 70;43 |
| 77 | Montagem da Ponte Rolante | 76 dias | Qua 28/09/11 | Seg 12/12/11 | |
| 78 | Trilhos - instalação e concretagem | 7 dias | Qua 28/09/11 | Qui 06/10/11 | 40;68 |

| Nº | Nome da tarefa | Duração | Início | Término | Predecessoras |
|------------|--|-----------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| 79 | Montagem do guincho | 40 dias | Sex 07/10/11 | Qui 01/12/11 | 77 |
| 80 | Provas e teste | 7 dias | Sex 02/12/11 | Seg 12/12/11 | 78 |
| 81 | Válvula de admissão e carcaça Pelton | 42 dias | Sex 08/07/11 | Qui 18/08/11 | |
| 82 | Válvula esférica | 12 dias | Sex 08/07/11 | Seg 25/07/11 | 30;66 |
| 83 | Acionamento | 16 dias | Sex 15/07/11 | Sex 05/08/11 | 81II+5 dias |
| 84 | Tubulações, suportes e ancoragem | 14 dias | Seg 11/07/11 | Qui 28/07/11 | 82II-4 dias;81II+1 dia |
| 85 | Tubulação de injeção, suporte dos mancais e ancoragem Pelton | 15 dias | Sex 29/07/11 | Qui 18/08/11 | 81TI+1 dia;83 |
| 86 | Liberar concretagem do poço da turbina | 0 dias | Qui 18/08/11 | Qui 18/08/11 | 84 |
| 87 | Montagem eletromecânica da Casa de Força 2ªetapa e Subestação | 205 dias | Seg 29/08/11 | Ter 20/03/12 | |
| 88 | Turbina | 95 dias | Seg 29/08/11 | Qui 01/12/11 | |
| 89 | Montagem da roda Pelton | 22 dias | Seg 29/08/11 | Seg 19/09/11 | 31;66 |
| 90 | Montagem dos injetores | 18 dias | Ter 20/09/11 | Qui 13/10/11 | 88 |
| 91 | Mecanismo distribuidor, regulador, acessórios | 35 dias | Sex 14/10/11 | Qui 01/12/11 | 89 |
| 92 | Servomotor, tubulações e outros | 35 dias | Sex 14/10/11 | Qui 01/12/11 | 89;7 |
| 93 | Gerador | 168 dias | Sex 23/09/11 | Qui 08/03/12 | |
| 94 | Montagem da base do gerador | 5 dias | Sex 23/09/11 | Qui 29/09/11 | 32;33;66 |
| 95 | Concretagem das bases | 7 dias | Sex 30/09/11 | Seg 10/10/11 | 93 |
| 96 | Montagem do gerador | 15 dias | Ter 13/12/11 | Ter 03/01/12 | 94;75;79;76II+17 dias |
| 97 | Montagem do rotor do gerador | 20 dias | Qua 04/01/12 | Ter 31/01/12 | 95;75 |
| 98 | Sistema de freios | 10 dias | Qua 01/02/12 | Ter 14/02/12 | 96 |
| 99 | Sistema de lubrificação | 20 dias | Sex 10/02/12 | Qui 08/03/12 | 97II+7 dias |
| 100 | Sistema de excitação | 15 dias | Qua 01/02/12 | Ter 21/02/12 | 96 |
| 101 | Equipamentos e sistemas auxiliares | 183 dias | Ter 20/09/11 | Ter 20/03/12 | |
| 102 | Sistema de iluminação | 80 dias | Sex 23/09/11 | Sex 13/01/12 | 33;71 |
| 103 | Ar condicionado | 35 dias | Sex 11/11/11 | Sex 30/12/11 | 63;101II+35 dias |
| 104 | Sistema de combate a incêndio | 30 dias | Seg 02/01/12 | Sex 10/02/12 | 109TI-10 dias;71 |

| Nº | Nome da tarefa | Duração | Início | Término | Predecessoras |
|------------|---|-----------------|-------------------------|-------------------------|--|
| 105 | Sistema de ventilação | 35 dias | Qua 01/02/12 | Ter 20/03/12 | 95;96;101III+3 dias |
| 106 | Sistemas auxiliares (água potável, esgoto,...) | 55 dias | Ter 20/09/11 | Seg 05/12/11 | 88 |
| 107 | Sistemas de controle e automatização | 57 dias | Seg 12/12/11 | Seg 06/02/12 | |
| 108 | Painéis, computadores e outros | 40 dias | Seg 12/12/11 | Seg 06/02/12 | 71;49;88 |
| 109 | Subestação | 162 dias | Sex 09/09/11 | Sex 17/02/12 | |
| 110 | Montagem de equipamentos | 90 dias | Sex 09/09/11 | Sex 13/01/12 | 57;58;59;72 |
| 111 | Provas e testes | 25 dias | Seg 16/01/12 | Sex 17/02/12 | 109 |
| 112 | Comissionamento | 81 dias | Sex 09/03/12 | Seg 28/05/12 | |
| 113 | Provas a seco | 20 dias | Sex 09/03/12 | Qua 28/03/12 | 7;92;100IT-10 dias;107TI+2 dias;87;108 |
| 114 | Obras da tomada d'água concluídas pelo cliente | 0 dias | Qua 28/03/12 | Qua 28/03/12 | 112TT |
| 115 | Provas com água | 20 dias | Qui 29/03/12 | Ter 17/04/12 | 112;113;104;105 |
| 116 | Linhas de transmissão e conexão com rede CFE | 0 dias | Ter 17/04/12 | Ter 17/04/12 | 114TT |
| 117 | Sincronização | 0 dias | Ter 17/04/12 | Ter 17/04/12 | 114;115 |
| 118 | Provas de eficiência e potencia | 10 dias | Qua 18/04/12 | Sáb 28/04/12 | 116 |
| 119 | Início da geração | 0 dias | Sáb 28/04/12 | Sáb 28/04/12 | 117 |
| 120 | Reliability Test | 30 dias | Dom 29/04/12 | Seg 28/05/12 | 118 |
| 121 | Aceitação provisória | 0 dias | Seg 28/05/12 | Seg 28/05/12 | 5;8 |

APENDICES

APENDICE I - Cronograma utilizando o método de Monte Carlo

| Nome da Tarefa | Duração | Início | Término |
|--|-----------------|---------------------|---------------------|
| PCH Veracruz | 592 dias | Ter 26/10/10 | Sex 08/06/12 |
| Marcos | 386 dias | Ter 26/10/10 | Ter 15/11/11 |
| Período de chuvas - 2011 | 110 dias | Qua 15/06/11 | Ter 15/11/11 |
| Início do contrato | 1 dia | Ter 26/10/10 | Ter 26/10/10 |
| Notificação de início | 1 dia | Ter 26/10/10 | Ter 26/10/10 |
| Engenharia | 349 dias | Qua 27/10/10 | Seg 10/10/11 |
| Projeto Civil | 246 dias | Qua 27/10/10 | Seg 10/10/11 |
| Projeto Eletromecânico | 246 dias | Qua 27/10/10 | Seg 10/10/11 |
| Construção (Obra Civil e Montagem) | 591 dias | Qua 27/10/10 | Sex 08/06/12 |
| Mobilização | 99 dias | Qua 27/10/10 | Qua 02/02/11 |
| Mobilização | 68 dias | Qua 27/10/10 | Qua 02/02/11 |
| Acesso a Casa de Força | 132 dias | Qua 27/10/10 | Seg 07/03/11 |
| Escavação e terraplanagem | 78 dias | Qua 27/10/10 | Qua 16/02/11 |
| Drenagem | 62 dias | Ter 07/12/10 | Seg 07/03/11 |
| Canal de fuga | 165 dias | Qua 27/10/10 | Sáb 09/04/11 |
| Escavação comum | 37 dias | Qua 27/10/10 | Qua 08/12/10 |
| Concretagem do canal de fuga | 21 dias | Sáb 19/02/11 | Ter 15/03/11 |
| Tratamento do canal de fuga - concreto e ancoragem | 15 dias | Qua 16/03/11 | Qua 30/03/11 |
| Canaletas de drenagem | 10 dias | Qui 31/03/11 | Sáb 09/04/11 |
| Casa de Força | 390 dias | Qui 09/12/10 | Seg 02/01/12 |
| Escavação e Tratamento | 97 dias | Qui 09/12/10 | Ter 15/03/11 |
| Escavação comum | 21 dias | Qui 09/12/10 | Sáb 01/01/11 |
| Tratamento de fundações | 16 dias | Sex 25/02/11 | Ter 15/03/11 |
| Paredes e Pilares externos da Casa de Força | 36 dias | Qua 16/03/11 | Qua 20/04/11 |
| Paredes | 36 dias | Qua 16/03/11 | Qua 20/04/11 |
| Pilares | 21 dias | Qua 16/03/11 | Ter 05/04/11 |
| Infraestrutura | 195 dias | Qua 16/03/11 | Seg 26/09/11 |
| Concretagem: entre cotas 584,10m até 588,00m | 29 dias | Qua 16/03/11 | Qua 13/04/11 |

| Nome da Tarefa | Duração | Início | Término |
|--|-----------------|---------------------|---------------------|
| Paredes: entre cotas 588,00m até 590,75m | 21 dias | Qui 14/04/11 | Qua 04/05/11 |
| Vigas e laje: cota 591,30m | 15 dias | Qui 05/05/11 | Qui 19/05/11 |
| Paredes: entre cotas 590,75m. até 594,65m. | 20 dias | Qui 05/05/11 | Ter 24/05/11 |
| Concreto de segundo estágio na carcaça Pelton: até cota 591,30m | 10 dias | Ter 23/08/11 | Qui 01/09/11 |
| Concreto de segundo estágio e paredes do gerador - até cota 595,20m. | 10 dias | Sex 02/09/11 | Dom 11/09/11 |
| Vigas e laje: até cota 595,20m. | 15 dias | Seg 12/09/11 | Seg 26/09/11 |
| Superestrutura | 81 dias | Qua 25/05/11 | Sáb 13/08/11 |
| Pilares: cota 594,65m. até 599,40m. | 6 dias | Qua 25/05/11 | Seg 30/05/11 |
| Vigas: cota 599,40m. | 13 dias | Ter 31/05/11 | Dom 12/06/11 |
| Pilares: cota 599,40m. Até 602,90m. | 10 dias | Seg 13/06/11 | Qua 22/06/11 |
| Vigas: cota 602,90m. | 20 dias | Qui 23/06/11 | Ter 12/07/11 |
| Pilares: cota 602,90m. até 609,50m. | 11 dias | Qua 13/07/11 | Sáb 23/07/11 |
| Viga da ponte rolante | 21 dias | Dom 24/07/11 | Sáb 13/08/11 |
| Área de Montagem | 61 dias | Qui 05/05/11 | Seg 04/07/11 |
| Aterro na casa de força. Proctor 90% | 46 dias | Qui 05/05/11 | Dom 19/06/11 |
| Laje da área de montagem | 15 dias | Seg 20/06/11 | Seg 04/07/11 |
| Edificações | 82 dias | Ter 27/09/11 | Sáb 17/12/11 |
| Sala de painéis, ventilação, bateria e diesel | 26 dias | Ter 27/09/11 | Sáb 22/10/11 |
| Depósito, sala de comando, cozinha e sanitários | 26 dias | Dom 23/10/11 | Qui 17/11/11 |
| Instalações hidros antarias | 15 dias | Sex 18/11/11 | Sex 02/12/11 |
| Instalações elétricas | 15 dias | Sex 18/11/11 | Sex 02/12/11 |
| Acabamentos | 15 dias | Sáb 03/12/11 | Sáb 17/12/11 |
| Fachada | 142 dias | Dom 14/08/11 | Seg 02/01/12 |
| Estrutura metálica | 21 dias | Dom 14/08/11 | Sáb 03/09/11 |
| Painéis metálicos | 6 dias | Dom 04/09/11 | Sex 09/09/11 |
| Pátio exterior y drenagem | 31 dias | Sáb 03/12/11 | Seg 02/01/12 |
| Subestação | 141 dias | Sex 25/02/11 | Sex 15/07/11 |
| Escavação comum | 16 dias | Sex 25/02/11 | Ter 15/03/11 |
| Aterro compactado a 90% Proctor | 20 dias | Qua 16/03/11 | Seg 04/04/11 |




| Nome da Tarefa | Duração | Início | Término |
|--|-----------------|---------------------|---------------------|
| Fundações para equipamentos e casa de maquinas | 32 dias | Ter 05/04/11 | Qua 11/05/11 |
| Suportes para equipamentos | 31 dias | Qui 12/05/11 | Sáb 11/06/11 |
| Trincheiras para os cabos | 15 dias | Ter 05/04/11 | Qui 21/04/11 |
| Drenagem e sistema de aterramento | 16 dias | Qui 12/05/11 | Seg 30/05/11 |
| Aterro compactado a 90% Proctor 2ª etapa | 15 dias | Ter 31/05/11 | Qui 16/06/11 |
| Casa de painéis elétricos | 30 dias | Qui 12/05/11 | Qua 15/06/11 |
| Acabamentos | 21 dias | Sex 17/06/11 | Sex 15/07/11 |
| Montagem eletromecânica da Casa de Força | 321 dias | Qui 12/05/11 | Ter 27/03/12 |
| Equipamentos Mecânicos - entrega | 91 dias | Qui 07/07/11 | Qui 06/10/11 |
| Turbina - Fornecedor Chinês | 0 dias | Qui 07/07/11 | Qui 07/07/11 |
| Turbina - Fornecedor Chinês 2ª parte | 0 dias | Qui 06/10/11 | Qui 06/10/11 |
| Ponte Rolante - Fornecedor Mexicano | 0 dias | Ter 27/09/11 | Ter 27/09/11 |
| Equipamentos elétricos - entrega | 128 dias | Qui 12/05/11 | Sex 16/09/11 |
| Gerador, Estator - Fornecedor Chinês | 0 dias | Qui 07/07/11 | Qui 07/07/11 |
| Transformador de potencia - Fornecedor Chinês 2 | 0 dias | Qui 07/07/11 | Qui 07/07/11 |
| Subestação - Fornecedor Mexicano | 110 dias | Qui 12/05/11 | Sex 16/09/11 |
| Pré-montagem | 42 dias | Sex 08/07/11 | Qui 18/08/11 |
| Conjunto Pelton | 22 dias | Sex 08/07/11 | Ter 02/08/11 |
| Conjunto Gerador | 36 dias | Sex 08/07/11 | Qui 18/08/11 |
| Montagem da Ponte Rolante | 78 dias | Qua 28/09/11 | Qua 14/12/11 |
| Trilhos - instalação e concretagem | 7 dias | Qua 28/09/11 | Qui 06/10/11 |
| Montagem do guincho | 42 dias | Sex 07/10/11 | Seg 05/12/11 |
| Provas e teste | 7 dias | Ter 06/12/11 | Qua 14/12/11 |
| Válvula de admissão e carcaça Pelton | 46 dias | Sex 08/07/11 | Seg 22/08/11 |
| Válvula esférica | 13 dias | Sex 08/07/11 | Ter 26/07/11 |
| Acionamento | 17 dias | Sex 15/07/11 | Seg 08/08/11 |
| Tubulações, suportes e ancoragem | 15 dias | Seg 11/07/11 | Sex 29/07/11 |
| Tubulação de injeção, suporte dos mancais e ancoragem Pelton | 16 dias | Seg 01/08/11 | Seg 22/08/11 |




| Nome da Tarefa | Duração | Início | Término |
|--|-----------------|---------------------|---------------------|
| Liberar concretagem do poço da turbina | 0 dias | Seg 22/08/11 | Seg 22/08/11 |
| Montagem eletromecânica da Casa de Força 2ªetapa e Subestação | 208 dias | Sex 02/09/11 | Ter 27/03/12 |
| Turbina | 173 dias | Sex 02/09/11 | Ter 21/02/12 |
| Montagem da roda Pelton | 44 dias | Sex 02/09/11 | Qui 01/12/11 |
| Montagem dos injetores | 19 dias | Sex 02/12/11 | Qui 29/12/11 |
| Mecanismo distribuidor, regulador, acessórios | 38 dias | Sex 30/12/11 | Ter 21/02/12 |
| Servomotor, tubulações e outros | 38 dias | Sex 30/12/11 | Ter 21/02/12 |
| Gerador | 172 dias | Ter 27/09/11 | Sex 16/03/12 |
| Montagem da base do gerador | 5 dias | Ter 27/09/11 | Seg 03/10/11 |
| Concretagem das bases | 8 dias | Ter 04/10/11 | Qui 13/10/11 |
| Montagem do gerador | 16 dias | Qui 15/12/11 | Sex 06/01/12 |
| Montagem do rotor do gerador | 21 dias | Seg 09/01/12 | Seg 06/02/12 |
| Sistema de freios | 11 dias | Ter 07/02/12 | Ter 21/02/12 |
| Sistema de lubrificação | 22 dias | Qui 16/02/12 | Sex 16/03/12 |
| Sistema de excitação | 16 dias | Ter 07/02/12 | Ter 28/02/12 |
| Equipamentos e sistemas auxiliares | 183 dias | Ter 27/09/11 | Ter 27/03/12 |
| Sistema de iluminação | 82 dias | Ter 27/09/11 | Qui 19/01/12 |
| Ar condicionado | 35 dias | Ter 15/11/11 | Ter 03/01/12 |
| Sistema de combate a incêndio | 31 dias | Sex 13/01/12 | Sex 24/02/12 |
| Sistema de ventilação | 36 dias | Ter 07/02/12 | Ter 27/03/12 |
| Sistemas auxiliares (água potável, esgoto,...) | 57 dias | Sex 02/12/11 | Ter 21/02/12 |
| Sistemas de controle e automatização | 58 dias | Seg 19/12/11 | Ter 14/02/12 |
| Painéis, computadores e outros | 41 dias | Seg 19/12/11 | Ter 14/02/12 |
| Subestação | 165 dias | Seg 19/09/11 | Qui 01/03/12 |
| Montagem de equipamentos | 93 dias | Seg 19/09/11 | Qui 26/01/12 |
| Provas e testes | 25 dias | Sex 27/01/12 | Qui 01/03/12 |
| Comissionamento | 84 dias | Sáb 17/03/12 | Sex 08/06/12 |



| Nome da Tarefa | Duração | Início | Término |
|--|----------------|---------------|----------------|
| Provas a seco | 21 dias | Sáb 17/03/12 | Sex 06/04/12 |
| Obras da tomada d'água concluídas pelo cliente | 0 dias | Sex 06/04/12 | Sex 06/04/12 |
| Provas com água | 20 dias | Sáb 07/04/12 | Qui 26/04/12 |
| Linhas de transmissão e conexão com rede CFE | 0 dias | Qui 26/04/12 | Qui 26/04/12 |
| Sincronização | 0 dias | Qui 26/04/12 | Qui 26/04/12 |
| Provas de eficiência e potencia | 10 dias | Sex 27/04/12 | Ter 08/05/12 |
| Início da geração | 0 dias | Ter 08/05/12 | Ter 08/05/12 |
| Reliability Test | 31 dias | Qua 09/05/12 | Sex 08/06/12 |
| Aceitação provisória | 0 dias | Sex 08/06/12 | Sex 08/06/12 |




APENDICE II - Acompanhamento mensal do cronograma




| Mês | | Avanço Físico | Resumo | Fotos |
|-----|--------|---------------|--|--|
| 1 | nov/10 | 0% | Antecipado a assinatura e início do contrato; Elaboração do projeto básico; Mobilização de equipes de campo. |  |
| 2 | dez/10 | 0% | Elaboração do projeto básico; Análise de documentos de subfornecedores; Estruturação da equipe de coordenação. |  |
| 3 | jan/11 | 1% | Elaboração do projeto básico; Mobilização de equipes de campo; Definição de especificações técnicas de obras civis; Início do desmatamento. |  |




| Mês | | Avanço Físico | Resumo | Fotos |
|-----|--------|---------------|---|---|
| 4 | fev/11 | 2% | Elaboração do projeto básico; Mobilização de equipes de campo; Desmatamento. |  |
| 5 | mar/11 | 4% | Término do projeto básico; Memorial de cálculo; Tabela de quantidades (volumes, áreas...); Mobilização da subcontratada de Obra Civil; Tratamento de acessos. |  |
| 6 | abr/11 | 5% | Elaboração de projetos executivos de geotecnia, armadura e eletromecânico; Tratamento no caminho de acesso; Escavação na área da casa de força. |  |




| Mês | | Avanço Físico | Resumo | Fotos |
|-----|--------|---------------|---|--|
| 7 | mai/11 | 6% | Elaboração de projetos executivos de geotecnia, armadura e eletromecânico; Escavações; Tratamento de taludes; Contratados fornecedores de Turbina, Gerador e Painéis de controle |  |
| 8 | jun/11 | 9% | Elaboração de projetos executivos; Escavações; Tratamento de taludes; Armadura no canal de fuga; Instalação do Almojarifado e do acampamento. |  |
| 9 | jul/11 | 12% | Elaboração de projetos executivos; Escavações; Tratamento de taludes; Enrocamento no caminho de acesso; Concretagem no canal de fuga. |  |




| Mês | | Avanço Físico | Resumo | Fotos |
|-----|--------|---------------|--|---|
| 10 | ago/11 | 15% | Elaboração de projetos executivos; Paralisação das obras civis. Problemas com o subcontratado e desmobilização. |  |
| 11 | set/11 | 19% | Elaboração de projetos executivos; Paralisação das obras civis. Problemas com o subcontratado. | |
| 12 | out/11 | 21% | Elaboração de projetos executivos; Mobilização de novo subcontratado de obras civis; |  |




| Mês | | Avanço Físico | Resumo | Fotos |
|-----|--------|---------------|--|---|
| 13 | nov/11 | 24% | Elaboração de projetos executivos; Escavações; Limpeza; Instalação de armaduras no poço da Casa de Força; Instalação de aterramento; Concreto elev. 582m. e 586m. |  |
| 14 | dez/11 | 25% | Elaboração de projetos executivos; Instalação de armadura, lajes e muros; Concretagem das lajes, elev. 582m; Contratação de fornecedores do sistema de ar condicionado e ponte rolante. |  |
| 15 | jan/12 | 27% | Elaboração de projetos executivos; Instalação de armadura 588m; Concretagem do canal de fuga; Contratação de fornecedores do sistema de resfriamento e drenagem. |  |




| Mês | | Avanço Físico | Resumo | Fotos |
|-----|--------|---------------|--|---|
| 16 | fev/12 | 28% | <p>Elaboração de projetos executivos;</p> <p>Armação e concretagem das paredes elev. 588m a 595m;</p> <p>Armação e concretagem das fundações da subestação.</p> <p>Entrega do primeiro lote de peças da turbina.</p> |  |
| 17 | mar/12 | 34% | <p>Elaboração de projetos executivos;</p> <p>Aterro próximo a casa de força;</p> <p>Concretagem do muro de contenção;</p> <p>Concretagem das paredes da casa de força 591m s 594m.</p> |  |
| 18 | abr/12 | 45% | <p>Elaboração de projetos executivos;</p> <p>Terraplanagem no acesso;</p> <p>Aterro próximo a casa de força;</p> <p>Concretagem de vigas e laje elev.595m;</p> <p>Estruturas metálicas da subestação.</p> |  |


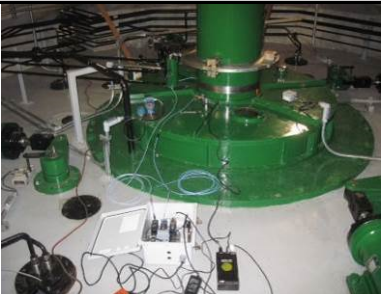

| Mês | | Avanço Físico | Resumo | Fotos |
|-----|--------|---------------|--|---|
| 19 | mai/12 | 54% | Elaboração de projetos executivos; Aterros; Concretagem da laje na 599m e pilares 602m; Armação laje elev 602m e pilares 609m. Montagem distribuidor de água (Pelton) e equipamentos subestação Entrega do transformador. |  |
| 20 | jun/12 | 61% | Elaboração de projetos executivos; Concretagem e armação pilares elev. 609m. Vigas da ponte rolante. Montagem, soldas na carcaça Pelton; Tubulações de drenagem. |  |
| 21 | jul/12 | 67% | Elaboração de projetos executivos; Concretagem das vigas na elev. 609m; Blocos na fachada; Entrega da válvula de admissão; Instalação e teste da ponte rolante. |  |

| Mês | | Avanço Físico | Resumo | Fotos |
|-----|--------|---------------|---|---|
| 22 | ago/12 | 74% | Elaboração de projetos executivos; Concretagem da base do gerador elev. 591m. a 593m; Blocos na fachada; Fundações para a válvula de admissão. |  |
| 23 | set/12 | 77% | Elaboração de projetos executivos; Armação base do gerador elev. 593m. a 594m; Estrutura metálica da cobertura. |  |
| 24 | out/12 | 81% | Elaboração de projetos executivos; Estrutura metálica da cobertura; pré-montagem do estator; Tubulações embutidas. |  |

| Mês | | Avanço Físico | Resumo | Fotos |
|-----|--------|---------------|---|--|
| 25 | nov/12 | 86% | Elaboração de projetos executivos (eletromecânicos); Drenagem; Sistema de tratamento de esgoto; Montagens eletromecânicas; Elaboração projeto As built. |  |
| 26 | dez/12 | 88% | Montagens eletromecânicas (Rotor, gerador); Acabamentos obra civil; |  |
| 27 | jan/13 | 96% | Montagens eletromecânicas (Rotor, gerador, turbina); Acabamentos obra civil. |  |

| Mês | | Avanço Físico | Resumo | Fotos |
|-----|--------|---------------|---|---|
| 28 | fev/13 | 97% | Montagens eletromecânicas; Sistemas de serviço (incêndio, resfriamento..); Inícios dos testes; Acabamentos obra civil. |  |
| 29 | mar/13 | 98% | Montagens eletromecânicas; Acabamentos obra civil. |  |
| 30 | abr/13 | 98% | Montagens eletromecânicas; Provas a seco; Acabamentos obra civil. |  |

| Mês | | Avanço Físico | Resumo | Fotos |
|---------------------|---------------------|---------------|---|---|
| 31 | mai/13 | 99% | Acabamentos obra civil; Espera do término das obras na tomada de água (obras do cliente) |  |
| 32 | jun/13 | 99% | Pintura epóxi do piso da casa de força; Reparo nos equipamentos com defeitos e entregues fora das especificações técnicas. Espera do término das obras na tomada de água (obras do cliente) |  |
| 33 34 e 35 | jul., ago. e set/13 | 99% | Espera do término das obras na tomada de água (obras de responsabilidade do cliente). Elaboração projeto As built. |  |

| Mês | | Avanço Físico | Resumo | Fotos |
|---------------------|--------------------|---------------|---|--|
| 36 | out/13 | 99% | Término das obras na tomada de água; Inícios dos testes com água; Problemas com equipamentos parados por longo tempo; Reparo dos equipamentos. Emissão projeto As built. |  |
| 37 | nov/13 | 99% | Início dos testes com água; |  |
| 38 39 e 40 | Dez, jan, e fev/14 | 100% | Término dos testes dez/13; Negociações para recebimento do certificado de aceitação provisória (CAP); Concedido o certificado de aceitação provisória (CAP); Início do período de garantia. |  |