



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO LATO SENSU EM GESTÃO DE OPERAÇÕES E LOGÍSTICA

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE SYLVIO DE CAMARGO - CIASC
CORPO DE FUZILEIROS NAVAIS DA MARINHA DO BRASIL

CT QC FN CLEBER NELSON DA ROCHA DAS NEVES

**CONTROLE DA OBRA DE REPARO DA REDE DE ESGOTO SANITÁRIO DO
COMPLEXO NAVAL DA ILHA DO GOVERNADOR: APOIANDO À DECISÃO DA
ALTA ADMINISTRAÇÃO POR MEIO DO PERT/CPM**

Rio de Janeiro, RJ

2019

CT QC FN CLEBER NELSON DA ROCHA DAS NEVES

**CONTROLE DA OBRA DE REPARO DA REDE DE ESGOTO SANITÁRIO DO
COMPLEXO NAVAL DA ILHA DO GOVERNADOR: APOIANDO À DECISÃO DA
ALTA ADMINISTRAÇÃO POR MEIO DO PERT/CPM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos necessários à obtenção do certificado de Especialista em Gestão de Operações e Logística pela Universidade Federal do Rio Grande em cooperação com o Centro de Instrução Almirante Sylvio de Camargo, Corpo de Fuzileiros Navais da Marinha do Brasil.

Orientador:

Prof. Dr. Marcos Dos Santos

CONTROLE DA OBRA DE REPARO DA REDE DE ESGOTO SANITÁRIO DO COMPLEXO NAVAL DA ILHA DO GOVERNADOR: APOIANDO À DECISÃO DA ALTA ADMINISTRAÇÃO POR MEIO DO PERT/CPM

Resumo: O principal objetivo do gerenciamento da Obra de Reparo da Rede de Esgoto Sanitário é colocar em operação a rede de esgoto existente no Complexo Naval da Ilha do Governador (CNIG), com intuito de devolver a sua funcionalidade mantendo todas as características de operação do sistema original, recuperando os sistemas de equipamentos da elevatória existente, contribuindo assim com a diminuição da poluição das águas que margeiam as instalações. Para isso, será utilizado o (PERT/CPM) analisando o período de cada atividade e aplicação do Método do Caminho Crítico em sua execução, com propósito de acompanhar as atividades da obra de reparo, o estudo encontra-se dividido em seis seções a saber: Introdução, Descrição do Problema, Fundamentos Teóricos, Introdução de Método de Estruturação de Problemas, PERT/CPM e Considerações Finais.

Palavras-Chave: Rede de Esgoto Sanitário, Complexo Naval da Ilha do Governador (CNIG), PERT/CPM

1. INTRODUÇÃO

O Complexo Naval da Ilha do Governador (CNIG) é contemplado com a presença de quase sua totalidade por reservas naturais de Mata Atlântica, com elevações de médias altitude e banhada pela Baía de Guanabara, formando um bioma muito rico.

Com isso, está sendo desenvolvido um Projeto de Execução de Obras de Reparo da Rede de Esgoto Sanitário do CNIG, que contribuirá sobremaneira com a diminuição da poluição da Baía de Guanabara, que nos últimos anos tem se agravado ainda mais, de forma a contribuir melhor com a execução da obra será aplicado no controle da mesma o (PERT/CPM) PERT “*Program Evaluation and Review Technique*” (Técnica de Avaliação de Análise de Programa) e CPM “*Critical Path Method*” (Método do Caminho Crítico). analisando o período de cada etapa e a aplicação do Método do Caminho Crítico, respectivamente, à ser gerenciado pelo responsável da obra.

Conforme Costa (2016), um elevado número de obras de construção civil tem sido realizada com base no conhecimento, através de domínios informais realizados por mestres de obras e encarregados, que mudam muito de um profissional para outro. À margem de uma norma de desempenho rigorosa e clientes mais exigentes, é necessário que a gestão de um projeto seja conseguida de forma plena, englobando recursos materiais, humanos e equipamentos, de forma a obter os melhores resultados na conclusão do projeto, dentro dos parâmetros de risco, qualidade, prazo e custo preestabelecidos.

A não vivência de um acompanhamento nos processos construtivos, a ausência de um gerenciamento, entre outras falhas de gestão, é registrada nas obras como fundamentais contribuintes no aumento dos desperdícios dos insumos e dos atrasos nas etapas construtivas, causando altas nos custos e aumento dos riscos (OLIVEIRA, et al., 2016).

Segundo Neto (2017) o planejamento é uma ferramenta indispensável tanto nos grandes como nos pequenos projetos. Sua presença, portanto, pode ser fundamental na obtenção do sucesso do empreendimento.

O acompanhamento das fases da obra é de fundamental importância com o Método do Caminho Crítico, sabendo assim, quando e onde poder intervir em tempo hábil, para que a obra não sofra com prejuízos futuros, seja por aditivos ou por contratações de funcionários em momentos inoportunos.

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Com propósito de contribuir com a diminuição da poluição da Baía de Guanabara, foi efetuado um estudo para esgotar os dejetos humanos da tripulação do Complexo Naval da Ilha do Governador (CNIG), que são compostas de 10 (Dez) Organizações Militares: Primeiro Batalhão de Infantaria de Fuzileiros Navais (Riachuelo), Segundo Batalhão de Infantaria de Fuzileiros Navais (Humaitá), Terceiro Batalhão de Infantaria de Fuzileiros Navais (Paissandu), Base de Fuzileiros Navais da Ilha do Governador (BFNIG), Batalhão de Blindados, Batalhão de Controle Aerotático e Defesa Antiaérea, Divisão Anfíbia, Batalhão de Artilharia, Centro de Instrução Almirante Sylvio de Camargo (CIASC), Batalhão de Comando e Controle, com efetivos totalizando aproximadamente 9.000 (Nove Mil) militares. Para isso, foram pensadas em duas linhas de ações para coletar e esgotar tais dejetos: Construção de uma estação de tratamento no interior do CNIG e a Canalização através de tubulações de diâmetro de 150 mm de todo esgoto, direcionando para pontos coletores da Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Estado do Rio de Janeiro (CEDAE).

Inicialmente foram efetuadas reuniões com pessoas responsáveis pela CEDAE, do setor de tratamento de água e esgotos da Ilha do Governador, e com integrantes da Diretoria de Obras Cíveis da Marinha (DOCM), com objetivo de se verificar o que seria mais viável para a nossa realidade.

Com isso, foi possível verificar que a CEDAE, tinha alguns pontos Colectores (Boca de Lobo) oriundos de Instalações de redes de Esgoto existentes de diâmetros de 250 mm, em alguns locais próximos de entradas principais do CNIG, localizado no Pórtico do BANANAL - Humaitá e Pórtico das PIXUNAS - Paissandu, que são pontos lógicos que poderão receber todos dejetos captados de todas Organizações Militares localizadas no interior do CNIG.

As reuniões foram imprescindíveis também para obter algumas informações e conclusões muito importantes no aspecto técnico e ao Custo x Benefícios:

- Construção de estação de tratamento é uma opção bastante tentadora, pois traria consigo uma possibilidade de diminuição do valor da conta de água, que por sua vez, diminuiria cerca de 50%, mas em contrapartida, teria um custo razoável de manutenção em sua operação, capacitação profissional em operar e dentre outros.

- Canalizar todo o esgoto para pontos coletores da CEDAE, trouxe uma solução mais vantajosa, pois não há custo fixo em operação, sendo possível esgotar somente para pontos pré-disposto pela CEDAE, que através de tubulações e elevatórias atenderia a necessidade das Organizações. **Sendo assim, foi o método escolhido para executar a obra.**

Diante do exposto, serão implementadas novas redes de esgotamento sanitário, em alguns pontos dentro de todo o CNIG, visando atender a demanda do mesmo. Atualmente, existem pontos dentro do CNIG, que não possuem rede coletora de esgotos sanitários, vários casos de infiltração de esgotos nas galerias de águas pluviais, assim como da utilização de fossas sépticas e sumidouros por parte de algumas Organizações Militares (OM). A implementação da nova rede coletora, visa realizar a separação por completo dos Esgotos Sanitários das águas pluviais, bem como extinguir a necessidade de utilização de sumidouros e fossas sépticas, assegurando o perfeito atendimento das OM. O sistema deverá, sempre que possível, realizar o transporte dos esgotos sanitários por gravidade e somente quando necessário, como em casos de cotas mais baixas, fazer uso de bombas para as estações elevatórias.

3. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Segundo Pereira (2017), relata que no Brasil, as questões mais impactantes no campo da materialização dos direitos fundamentais sociais, sobretudo a partir de uma leitura da efetivação do direito fundamental à saúde, é a discrepância na universalização dos serviços de saneamento básico. O contexto se põe em grandezas múltiplas e tem incitado debates instigantes na teoria e na prática do direito, sob a visão angular da dignidade da pessoa humana.

O acesso ao saneamento é objeto que se junta designadamente não apenas ao tema da saúde dos sujeitos, mas também à tutela ambiental das águas nacionais, à melhora na qualidade de vida da sociedade, à diminuição das disparidades sociais e regionais, dentre outros elementos normativos constitucionais. É, desse modo, linha temática ressaltante capaz de conectar ao seu meio e à sua essência inúmeros direitos fundamentais indispensáveis à dignidade humana e ao desenvolvimento.

A Constituição da República Federativa do Brasil de 1988 e a legislação infraconstitucional responsável pela disciplina exclusiva do tema conformam em conjunto a moldura básica dos limites e possibilidades da implementação do saneamento em sede nacional. Observa-se, a partir da leitura de tais elementos normativos, que o acesso ao saneamento precisa ser prestado de maneira sustentável e universal, de maneira que viabilize a efetivação da ampla ideia de desenvolvimento. O Estado, em tal âmbito, reconhecido como agente devedor das mais plurais prestações aptas a concretizarem direitos fundamentais sociais, aponta como ser de destaque na resolução da falta de acesso ao saneamento no Brasil. A elaboração de políticas públicas, a densificação das normativas atinentes ao assunto, a

realização de amplos investimentos no setor são apenas alguns exemplos de atos do poder público indispensáveis a melhor implementação do saneamento no país.

Nesse sentido, de forma a contribuir com as políticas públicas foi necessário confeccionar um anteprojeto certificando as situações da rede de esgoto existente como por exemplo: caixas de passagens, trechos de tubulações, profundidades de cada caixa coletoras, verificações de novas elevatórias, dentre outros.

Após a prontificação do anteprojeto, o mesmo foi apresentado junto à CEDAE e a DOCM, com objetivo de serem apreciados pelos respectivos, sendo assim, foram aprovados e após a aprovação foi confeccionado o Projeto Básico, com objetivo de contratação de empresa para enfim, efetuar a execução da obra de reparo da rede de esgoto sanitário no Complexo Naval da Ilha do Governador, utilizando em seu acompanhamento a aplicação do PERT/CPM analisando o período de cada etapa e a aplicação do Método do Caminho Crítico, para sua execução, sendo necessário elencar os serviços importantes que serão realizados durante a obra, pois é de suma importância conhecer o processo de execução para evitar transtornos administrativos e financeiros.

4. INTRODUÇÃO DE MÉTODO DE ESTRUTURAÇÃO DE PROBLEMAS

Segundo Checkland (1999) a metodologia de Sistemas Flexíveis - SSM - foi proposta por ele há cerca de quatro décadas, na Universidade de Lancaster, Inglaterra. A SSM não é uma apreciação dos sistemas descobertos no mundo real, mas uma aplicação de princípios sistêmicos para estruturar o pensamento sobre o que ocorre no mundo real. Essa metodologia considera o pensamento sistêmico (holismo), e permite que enxergamos o mundo através de filtros.

A SSM é principalmente apropriada para trabalhar situações organizacionais que utilizam sistemas de atividades humanas, cujos problemas não estão definidos claramente no início, abordando a importância da exploração das ambiguidades e do debate sobre as possíveis mudanças. Em afronte com outros tipos de sistemas, os sistemas de atividades humanas não podem ser descritos ou modelados como uma “prestação de contas” única ou generalizável. A SSM direciona a discussão das mudanças com o objetivo de construir caminhos eficientes que levem à melhoria de problemas de alta complexidade.

A SSM desenvolve-se de modo bastante efetivo por meio da pesquisa-ação e pode ser considerada um estudo de caso em que a generalização dos resultados não é possível. Implica em uma ação interativa e iterativa, conforme apresentado abaixo:

Estágio 1 - Situação Problema Não-Estruturado

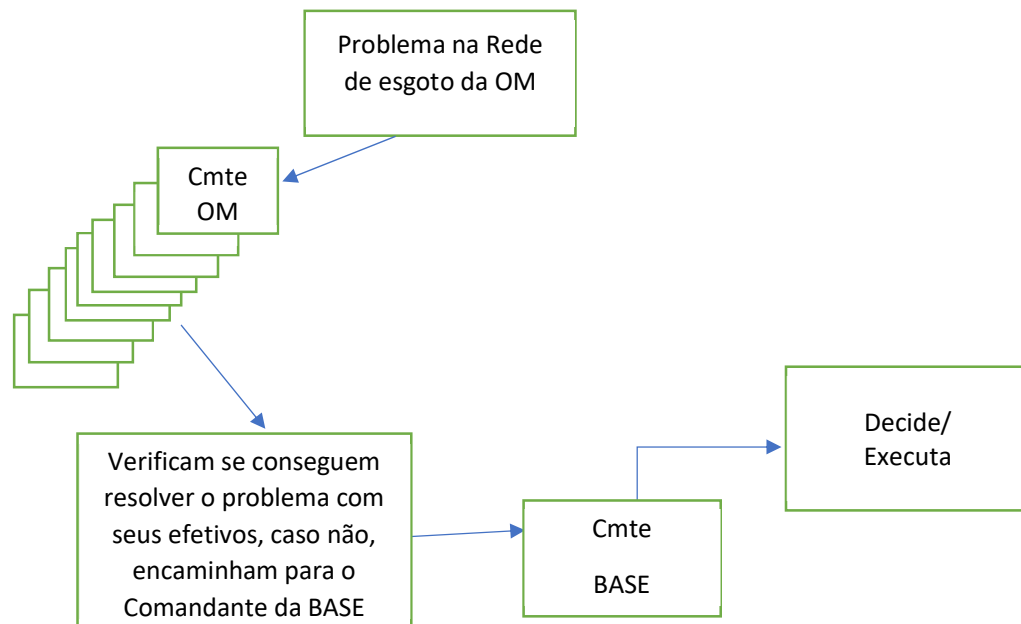
A aplicação da Metodologia de Sistemas Flexíveis – SSM – foi feita no ambiente militar, que se apresenta na forma de um Complexo Naval, composto de dez Organizações Militares (OM) que por sua natureza cada uma compreende de um comandante responsável, que quando necessitam de serviços de manutenção para suas OM, solicitam para uma dessas OM que é caracterizada pela BASE.

1.1 Contextualização do problema

A BASE tem como responsabilidade gerenciar as Organizações Militares (OM) do Complexo Naval da Ilha do Governador (CNIG), no que tange a manutenção das instalações, cortes de gramas, ranchos, Instalações Elétrica, Instalações Hidráulicas e Rede de Esgoto Sanitário. Diante do exposto, surgiram demandas em algumas OM por parte da Rede de Esgoto Sanitário, preocupado com a situação os comandantes dessas OM entraram em contato com o comandante da BASE e explicaram o problema, com isso, o mesmo se debruçou sobre o problema com objetivo de solucioná-lo, solicitando, assim, informações aos profissionais do Setor de edificações, Setor de Intendência, Profissionais que trabalham na manutenção da infraestrutura. Para obter subsidio e tomar a melhor decisão, de tal forma que consiga resolver o problema.

1.2 Fluxograma

O fluxograma do processo de solicitação e atendimento está apresentado na figura abaixo:



Comandante da BASE e OM: São as pessoas que tem por responsabilidade administrar a organização da melhor forma possível, sempre preocupado com as instalações e seus subordinados.

Setor de intendência: São profissionais qualificados na área de aquisição de bens e serviços de acordo com as Legislações.

Setor de Edificações: São profissionais qualificados que contribuem com assessoramento técnico e acompanhamentos de projetos.

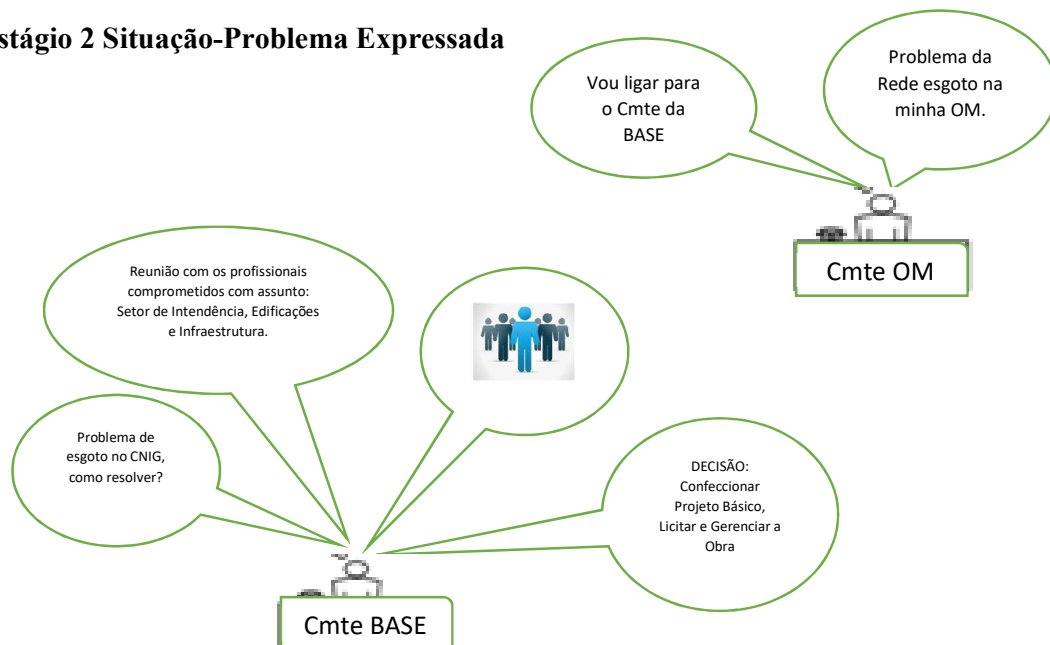
Profissionais da Infraestrutura: São profissionais qualificados em obras, instalações hidráulicas, Elétricas, que executam serviços nas OM quando necessário.

Coleta de Informação

Na análise da situação-problema, foram adotadas as técnicas sugeridas por Couprie (1997): observação do trabalho, análise da documentação e entrevista semiestruturada.

Tendo recebido a demanda de resolver a situação da rede de esgoto sanitário do CNIG, primeiramente foram efetuadas reuniões com pessoas que teriam conhecimento do assunto, como: profissionais que trabalham na conservação da infraestrutura, profissionais da seção de edificações e profissionais do setor de intendência. Com isso, foi possível observar que as instalações da rede de esgoto sanitário continham realmente muitos óbices, tais como: manilha quebrada, manilha entupida por raízes, caixas de esgoto danificada, casa de bomba com problemas... etc.

Estágio 2 Situação-Problema Expressada



Estágio 3 – Estruturação do Problema

Situação-problema: Como pode ser melhorada situação da Rede de Esgoto Sanitário do CNIG, foram observados alguns aspectos.

3.1 CATWOE

A partir da análise da situação-problema, baseada na abordagem de Rose (1997), foram definidos os aspectos relacionados ao CATWOE e à *Root definition* (definição de raiz) – RD, como segue na tabela abaixo:

Tabela 1: CATWOE

C	Tripulação de Complexo, Sociedade
A	Comandante, Profissionais da Intendência e da Seção de Edificações
T	Projeto Básico
W	Hierarquia entre as OM
O	Comandante da BASE
E	Cumprimento das Legislações vigentes

Fonte: O autor (2019)

3.2 Explicitação da *Root Definition* – O QUÊ?

Com base no CATOWE, a RD ficou assim definida:

De forma a melhorar o esgotamento da rede de Esgoto Sanitário do CNIG, após reuniões com profissionais comprometidos, foi tomada a decisão de confeccionar um Projeto Básico para tornar a Rede de Esgoto eficiente.

Estágio 4 - Modelo Conceitual – COMO?

Tendo como base a RD, foram identificadas 07 (sete) ações mínimas e necessárias para que o projeto Básico seja desenvolvido.

1. Solicitar Reuniões com a DOCM:
 - 1.1 Verificar-se a viabilidade da execução da Obra; e
 - 1.2 Solicitar acompanhamento técnico.
2. Solicitar reuniões com a CEDAE:
 - 2.1 Solicitar autorização para execução da Obra; e
 - 2.2 Verificar se tem capacidade de receber o esgoto das instalações do interior do CNIG.

3. Solicitação de Recursos Financeiros para contratar empresa para efetuar confecção de Projeto:
 - 3.1 Solicitar recursos ao Comando Imediatamente Superior; e
 - 3.2 Atender as necessidades das OM do CNIG.
4. Contratação de Empresa para fazer Projeto:
 - 4.2 Empresa com norral para confeccionar projeto com mínimo de erros; e
 - 4.2 Efetuar estudos preliminares, como: anteprojeto.
5. Solicitar recursos para licitar a obra:
 - 5.1 Solicitar recursos ao Comando Imediatamente Superior; e
 - 5.2 Atender as necessidades das OM do CNIG.
6. Fazer a licitação da Obra.
 - 6.1 Aplicar Legislação necessária.
7. Gerenciar a Obra.
 - 7.1 Gerenciar a obra com a aplicação do PERT/CPM.

Estágio 5 - Comparação do Modelo Conceitual com o Mundo Real

A comparação do modelo conceitual com o mundo real, estruturado da *rich picture*, foi feita por meio de uma agenda que procurou identificar a viabilidade das ações propostas, como pode ser observado no quadro abaixo:

Tabela 2: Comparação do Modelo Conceitual com o Mundo Real

Comparação	Existe na situação real?	Precisa ser modificada?	É desejável?	É culturalmente viável?	Deve ser implementada?
1. Solicitar Reuniões com (DOCM).	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
2. Solicitar Reuniões com (CEDAE).	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
3. Solicitação de Recursos Financeiros para contratar empresa para confeccionar Projeto.	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
4. Contratação de Empresa para fazer Projeto.	SIM	SIM	SIM	SIM	SIM
5. Solicitar recursos para licitar a obra.	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM
6. Fazer a licitação da obra.	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM
7 Gerenciar a Obra.	NÃO	SIM	SIM	SIM	SIM

Fonte: O autor (2019)

Com base na agenda, as seguintes modificações foram consideradas necessárias:

- (1) **Solicitar Reuniões com a Diretoria de Obras Civis da Marinha:** Existe a necessidade dessas reuniões, em virtude de trâmite de autorizações, documentação e acompanhamento técnico, para certificar se está dentro dos parâmetros legais.
- (2) **Solicitar reuniões com a Companhia Estadual de Águas e Esgotos da Rio de Janeiro:** Para a execução de obras no que tange ao CNIG, grandes empreendimentos, consta-se necessário o contato prévio com a CEDAE, com objetivo de receber autorização, pois tem que haver instalações da CEDAE no local que possa receber o esgoto do empreendimento.
- (3) **Solicitação de Recursos Financeiros para contratar empresa para confeccionar Projeto:** É uma demanda fora do escopo de funcionalidade da OM, com isso deve ser participado ao Comando Imediatamente Superior para que consiga o recurso à parte.
- (4) **Contratação de Empresa para fazer Projeto:** É muito importante contratar uma empresa que tenha experiência no assunto, pois com isso diminuirá muitos problemas futuros, tal como: aditivos.
- (5) **Gerenciar a Obra:** O gerenciamento de projeto é a parte fundamental na obra, pois tendo esse acompanhamento efetuado na forma correta evita-se muitos transtornos para a administração.

Estágio 6 – Confeção e licitação do Projeto

Foi decidido que seria confeccionado primeiro um anteprojeto, que seria analisado pelos profissionais da seção de Edificações, DOCM, CEDAE, com objetivo de abordar toda estrutura existente, verificando as tubulações, caixas de passagens, elevatórias, para reaproveitar algumas instalações viabilizando o projeto.

Após a confecção do anteprojeto, com as informações mais detalhadas será confeccionado o Projeto Básico aproveitando as instalações que estiverem em boas condições e construir outras que forem necessárias.

Depois de prontificado o Projeto Básico, recebido o recurso pertinente a execução da obra, aprovado pelos órgãos responsáveis, então será efetuada a licitação e execução da Obra.

Estágio 7 – Implementação

Concluída a licitação inicia a Obra propriamente dita, essa fase terá que ser gerenciada com muita cautela, pois alguns problemas mal gerenciados no início, poderão comprometer toda a obra, principalmente se tratando de prazo, para mitigar esse problema utiliza-se o **Método do Caminho Crítico** (PERT/CPM) que auxiliará na execução das atividades que deverão ser

realizadas antes, concomitantes e depois.

CONSIDERAÇÕES SOBRE A SSM

A metodologia de Sistemas Flexíveis é uma alternativa de grande valor e efetividade no tratamento de questões organizacionais. Com a aplicação do pensamento sistêmico, é possível analisar, descrever e compreender o comportamento dos sistemas nas atividades humanas, sendo possível abordar o processo com maior eficiência e agir de acordo com a situação do mundo real. A SSM, a partir da discussão e construção de ações pelos envolvidos no processo em estudo, proporciona os meios para gerir o conhecimento acerca da análise da situação-problema, com suas possíveis soluções e indicações de melhoria. Dessa forma, pode-se afirmar que o processo de mudança gerado pela aplicação da SSM é fruto da compreensão do comportamento informacional e da cultura organizacional e das ações direcionadas para a criação do conhecimento corporativo, com ênfase na aprendizagem organizacional.

5. PERT/CPM

PERT e CPM são metodologias utilizadas na gestão de projetos que foram independentemente desenvolvidas na década de 1950. As siglas são iniciais das expressões PERT “*Program Evaluation and Review Technique*” (Técnica de Avaliação de Análise de Programa) e CPM “*Critical Path Method*” (Método do Caminho Crítico).

Os propósitos do método PERT/CPM, de acordo com Avila (2000) são:

- Diminuição dos problemas localizados em projetos, tais como: atrasos, estrangulamentos da produção e interrupções de serviços;
- Obter informação antecipada das atividades críticas, as quais o cumprimento influencia a duração total do programa;
- Manter informada a administração quanto ao desenvolvimento de cada etapa ou atividade do projeto, possibilitando a constatação antecipada, acerca dos fatores críticos que possam atrapalhar o desempenho, bem como permitir uma adequada e corretiva tomada de decisão; e
- Obter a data em que cada envolvido deverá iniciar ou concluir suas atribuições.

A grande diferença das metodologias está nas formas de como o tempo é tratado. O CPM admite estimativas de medidas de tempos determinísticas, logo, são sempre satisfeitas (LUIZ, 2011). É capaz de aprovar cenários cada vez mais complicados, com o objetivo de indicar o caminho crítico dentro de uma rede de atividades.

Analisando fatores imprevisíveis como intempéries climáticas, mão de obra, acidentes e atrasos na entrega dos materiais podem modificar o cronograma da obra, na fase de elaboração deve-se levar em conta as incertezas que o projeto oferece. O subsídio de um método de estimativa probabilística de tempo pode diminuir tais incertezas.

O método PERT mede a duração de cada atividade como uma variável aleatória relacionada com alguma distribuição de probabilidade (LUIZ, 2011). Tem por objetivo tornar o prazo previsto para a execução de atividades mais eficiente, de forma que o cronograma não seja danificado.

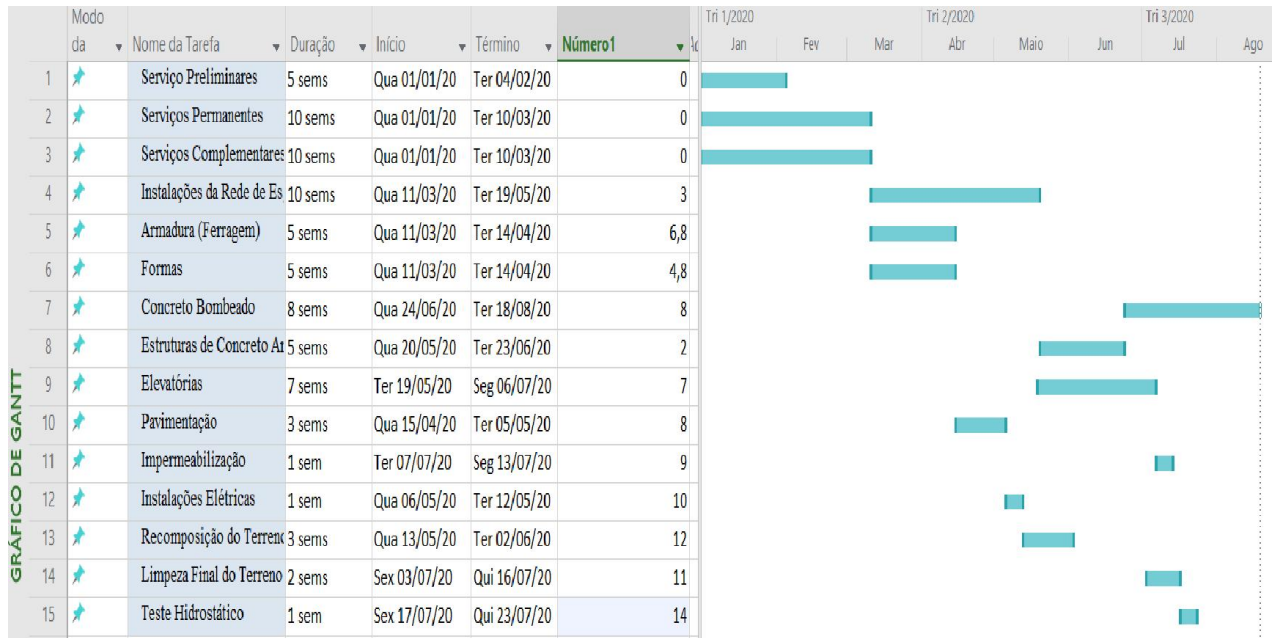
Na técnica PERT, o período que cada atividade perdurará é tratado como uma variável aleatória sucedida de uma distribuição beta, definida por Davis, Aquilano e Chase (2001) como uma distribuição de probabilidade contínua que admite estimar o tempo utilizando três estimativas de duração de cada atividade, responsável por levar a distribuição triangular caracterizada pelos três tempos otimista “o”, pessimista “p” e mais provável “m” a uma distribuição normal, para calcular a probabilidade do tempo de conclusão do projeto.

A ferramenta PERT/CPM explica, a partir de um Diagrama de Rede, as atividades e o avanço de cada serviço. Através do diagrama é possível identificar quando o serviço deve ser iniciado, o tempo para a execução de cada um, quais atividades estão sendo executadas ao mesmo tempo e a interdependência entre elas. Segundo Darci (2004) em meio a diversas formas de se efetuar sequenciamento de atividades, têm-se: Gráfico de Gantt ou Diagramas de Barras, Diagramas de Setas (grafos) e Caminho Crítico, que serão abordados neste artigo.

5.1. PERT/CPM: O Gráfico de Gantt

O Gráfico de Gantt ou Diagrama de Barras foi desenvolvido pelo americano Henry L. Gantt. Procura representar o conjunto de atividades de um projeto por meio de barras dispostas horizontalmente, permitindo uma fácil visualização de atividades específicas e também do projeto como um todo. As barras são posicionadas através da data de início e sua extensão é proporcional a duração em períodos de tempo das tarefas (SILVA, 2006). Possibilita avaliar de forma célere as tarefas singulares ao longo do tempo, tendo como deficiência o fato de mostrar as atividades que são interdependentes.

Figura 1 – Gráfico de Gantt



Fonte: O autor (2019)

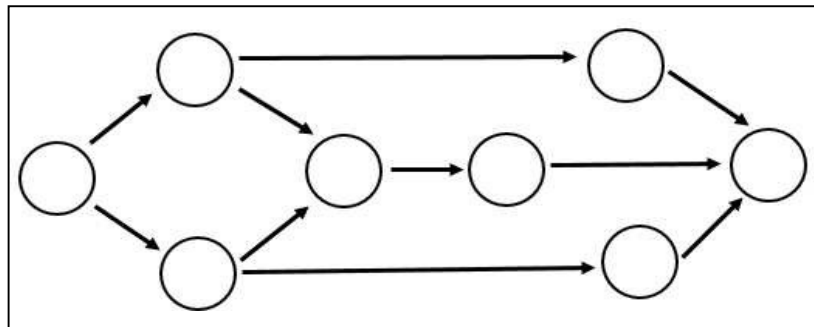
5.2. PERT/CPM: Diagrama de Setas (grafos)

Para contornar a deficiência do Gráfico de Gantt (o fato de não mostrar claramente as interdependências), pode-se esboçá-lo como mostra a figura 2, onde se substitui as barras por setas e a sequência das setas mostra a interdependência entre as atividades.

- PERT/CPM: Determinístico

Para a completa utilização da ferramenta, é imprescindível seguir alguns passos: Primeiramente, deve-se identificar as atividades a serem executadas no projeto, determinar o tempo de duração de cada atividade e identificar as variáveis que são dependentes de outras para serem iniciadas (HAGA e O'KEEFE, 2001). A partir desse momento, é aceitável a construção de uma rede de planejamento do projeto, respeitando as interações existentes entre as atividades, conforme demonstra a Figura 2.

Figura 2 – Exemplo de diagramas de setas



Fonte: O autor (2019)

No diagrama de setas, os círculos caracterizam os eventos, ou seja, o início e término de uma atividade, as setas representam as atividades do projeto.

Para que o caminho crítico seja verificado, é primordial calcular a primeira data de início (PDI), isto é, a primeira data em que uma tarefa pode ser iniciada, analisando suas atividades precedentes, e a última data de início (UDI), quer dizer, a última data em que a atividade pode ser iniciada sem comprometer as demais. Ambas são calculadas por meio das equações abaixo.

$$PDI = PDIa + DA$$

$$UDI = UDIp - DA$$

PDIa: Primeira data de início da atividade anterior.

UDI_p: Última data de início da atividade posterior.

DA: Duração da atividade

As folgas (tempo que uma atividade pode atrasar sem comprometer a duração total do projeto) também são determinadas após os PDI's e UDI's serem identificados. As folgas são calculadas, mediante a equação abaixo:

$$F = UDIp - PDIa - Da$$

F: Folga total de uma atividade.

UDI_p: Última data de início posterior.

PDIa: Primeira data de início anterior.

DA: Duração da atividade.

PERT/CPM Probabilístico

As previsões de duração das atividades nem sempre proporcionam confiabilidade, em alguns casos, oferecem variabilidade em seus tempos de execução. Nas situações sujeitas a incertezas sobre o tempo de cada atividade, é indicada a utilização do PERT/CPM probabilístico (MOREIRA, 2011).

A execução dos parâmetros de probabilidade é realizada utilizando três estimativas de duração de tarefas: (MARTINS e LAUGENI, 2006).

(m): estimativa mais provável para duração de uma atividade;

(o): estimativa otimista sobre a duração de uma atividade;

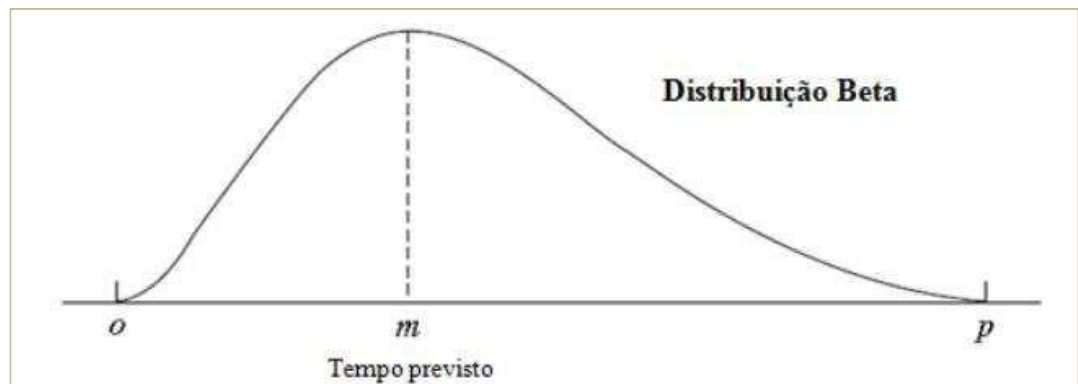
(p): estimativa pessimista acerca da duração de uma atividade.

Essas três estimativas de tempo abrangem a uma distribuição triangular de probabilidade. Após estimadas as prováveis durações do projeto, calcula-se a média ponderada do tempo das atividades utilizando a Equação abaixo.

$$T = \frac{o + 4m + p}{6}$$

Essa equação é baseada na distribuição estatística beta, considerando a duração mais provável (m) quatro vezes mais influente que as durações otimistas (o) e pessimista (p), conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Modelo de distribuição de probabilidade da duração de uma atividade para as três estimativas do PERT.



Fonte: LUIZ (2012)

Após os cálculos dos tempos esperados, a variância dos tempos de cada atividade deve ser determinada. Ela está relacionada com os tempos esperados calculados através da Equação abaixo:

$$\sigma^2 = \left(\frac{p - o}{6}\right)^2$$

p: Duração pessimista.

o: Duração otimista.

Após a obtenção da variância dos tempos de atividade, é imprescindível encontrar o caminho crítico do projeto, assim como no PERT/CPM determinístico. Após a identificação do caminho crítico, as variâncias dos tempos de atividade devem ser somadas ao longo do caminho crítico (CHASE; JACOBS e AQUILANO, 2006).

Depois de descobertos os tempos esperados das atividades e suas respectivas variâncias e assumindo uma distribuição normal, é possível calcular a probabilidade de completar o projeto na referida data (MOREIRA, 2011). Para calcular esta probabilidade, a Equação abaixo é utilizada (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2011):

$$Z = \frac{D - T}{\sqrt{\sum \sigma^2_{cp}}}$$

De forma prática, pode-se também estabelecer uma relação de serviços a serem realizados na obra, e solicitar que os profissionais da área estabeleçam os possíveis prazos necessários (prováveis, otimistas e pessimistas) para a realização de cada atividade, sendo assim, utiliza-se a equação supracitada. Conforme planilha abaixo:

Tabela 3 – Modelo de distribuição de prazo de atividades para as três estimativas do PERT, estabelecido por profissionais

Atividade	Descrição	T. Otimista (o)	T. Provável (m)	T. Pessimista (p)	Tempo Planejado
A	Serviço Preliminares	4 semanas	5 semanas	6 semanas	5 semanas
B	Serviços Permanentes	8 semanas	10 semanas	12 semanas	10 semanas
C	Serviços Complementares	8 semanas	10 semanas	12 semanas	10 semanas
D	Instalações da Rede de Esgoto	8 semanas	10 semanas	12 semanas	10 semanas
E	Armadura (Ferragem)	4 semanas	5 semanas	6 semanas	5 semanas
F	Formas	4 semanas	5 semanas	6 semanas	5 semanas
G	Concreto Bombeado	7 semanas	8 semanas	9 semanas	8 semanas
H	Estruturas de Concreto Armado	4 semanas	5 semanas	6 semanas	5 semanas
I	Elevatórias	4 semanas	5 semanas	6 semanas	5 semanas
J	Pavimentação	2 semanas	3 semanas	4 semanas	3 semanas
L	Impermeabilização	1 semana	1 semana	1 semana	1 semana
M	Instalações Elétricas	1 semana	1 semana	1 semana	1 semana
N	Recomposição do Terreno	2 semanas	3 semanas	4 semanas	3 semanas
O	Limpeza Final do Terreno	2 semanas	2 semanas	2 semanas	2 semanas
P	Teste Hidrostático	1 semana	1 semana	1 semana	1 semana

Fonte: O autor (2019)

5.3 PERT/CPM: Método do Caminho Crítico

A construção civil é um conjunto de atividades que necessitam de uma sequência de planejamento para serem concretizadas, ou seja, as realizações de determinadas atividades dependem de etapas anteriores. Ribeiro (2012) diz que planejar é prever metas a serem alcançadas com estratégias, interagindo com uma hierarquia de planos integrando com as atividades.

Conforme Vergara, Teixeira e Yamanari (2017), orienta que o projeto deve ser verificado e analisado como uma fonte de energia que requer recursos e tempo para sua execução e conclusão. A gerência do projeto admite a utilização de instrumentos para executar

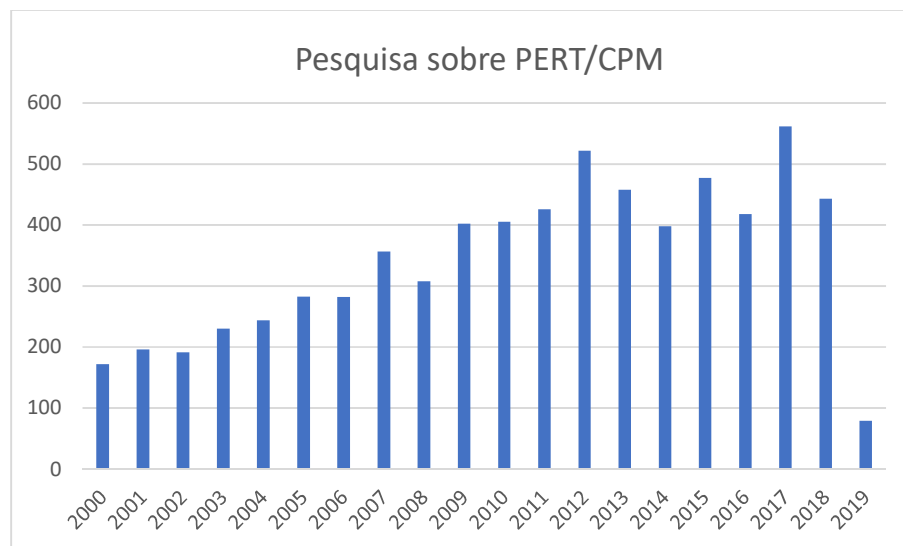
e controlar as atividades que faz parte das melhores formas de utilização de tempo, pessoas e recursos. Este método é o Caminho Crítico, que garante o acompanhamento do cumprimento de todas as atividades na sua execução, desde o início até a sua finalização, dentro de prazos e metas estabelecidos no cronograma.

Segundo Magalhães, Mello e Bandeira (2015) o Método do Caminho Crítico (CPM), a metodologia de estimativa e revisão (PERT), os cronogramas em redes ou, simplesmente, redes de planejamento, são grafos miscigenados que derivaram da teoria dos grafos. As redes podem ser simuladas por setas ou nós. De acordo com Darci (2004), o caminho crítico é uma continuação especial de atividades, visto que elas não podem se atrasar. Caso tal fato aconteça, o projeto como um todo atrasará, a menos que se faça uma correspondente diminuição nas durações de uma ou mais atividade sucessora que atrasou.

A existência do conceito Caminho Crítico é bastante importante para o gerente, pois permite observar o que é mais importante dentre as atividades que compõem o projeto, de forma a cumprir o prazo estabelecido para a sua conclusão. Assim, ele vai agrupar o melhor de seus recursos (humanos e materiais) para a execução das atividades do caminho crítico. Obviamente, ele não pode se descuidar das atividades não críticas, pois, se uma delas consome a respectiva folga total, as correspondentes sucessoras se tornam críticas, originando um novo caminho crítico.

Os resultados serão apresentados com o auxílio das informações a seguir. Contudo será apresentado antes, um gráfico contendo a quantidade de trabalhos realizados nos últimos 20 anos, no tema PERT/CPM, colhido no Google Acadêmico.

Figura 4 – Gráfico de Quantitativo de Artigos



Fonte: O autor (2019)

5.4 CARACTERÍSTICA DA OBRA E DEFINIÇÃO DAS ATIVIDADES

Na tabela 4 a seguir, serão apresentadas as atividades e após serão apresentadas as descrições das mesmas, com objetivo de obter-se o Caminho Crítico, tendo em vista os serviços que serão executados na obra.

Tabela 4 – Definição das atividades

Atividade	Descrição
A	Serviços Preliminares
B	Serviços Permanentes
C	Serviços Complementares
D	Instalações da Rede de Esgoto
E	Armadura (Ferragem)
F	Formas
G	Concreto Bombeado
H	Estruturas de Concreto Armado
I	Elevatórias
J	Pavimentação
L	Impermeabilização
M	Instalações Elétricas
N	Recomposição do Terreno
O	Limpeza Final do Terreno
P	Teste Hidrostático

Fonte: O autor (2019)

A. Serviços Preliminares

Os serviços preliminares são fundamentais para que a obra seja bem executada, cujo seu início dar-se-á com a implementação do canteiro de obras, com tudo, antes do início da implantação do canteiro, as atividades prévias, sendo muito necessária, devem estar a cargo do Engenheiro ou do Supervisor de obras.

Tais serviços, são basicamente como se fossem os serviços de apoio à execução do serviço principal, sendo executados e programados conforme a necessidade da obra. Para tanto, iniciando as atividades é necessário a limpeza do local, a sinalização, preparo do terreno que consiste em retiradas de vegetal, tocos, raízes e galhos.

B. Serviços Permanentes

São serviços que são contratados para executar a obra como um todo, por exemplo: Engenheiros, Mestre de Obras, Técnico de Segurança do Trabalho...etc.

São serviços essenciais para uma boa qualidade na execução.

C. Serviços Complementares

São todos serviços que colaboram para sua execução como um todo, por exemplo:

Escavações: Sendo importante efetuar as escavações, nas regiões que serão acomodadas as novas redes de esgotos, já que será necessário realizar a abertura das valas para a instalação da nova tubulação, e retirada da rede antiga. Quando necessário deverá haver escoramento da vala durante a execução dos serviços.

Escoramento da Vala: Quando iniciar a escavação da vala, sendo por meio manual ou mecânico, é importante que seja afastado o entulho resultante da quebra do pavimento, para um local distante da borda da vala, de tal forma a evitar, com isso, seu uso indevido no envolvimento da tubulação. Os materiais não aproveitáveis, resultantes da escavação, devem ser imediatamente removidos para locais aprovados pela fiscalização, ou contidos em recipientes apropriados para evitar espalhamento sobre a pista.

Reaterro: Para execução dos aterros, deve-se observar a norma NBR 5681 (Controle tecnológico de execução de aterros em obras de edificações). O reaterro das cavas deverá ser feito com o mesmo material resultante da escavação, em camadas sucessivas, compactando-as de forma a atingir estado similar ao do terreno lateral da vala.

D. Instalações da Rede de Esgoto

Todas as tubulações de esgotos sanitários que forem substituídas, serão trocadas por novas tubulações de material PVC, da marca Tigre ou equivalente.

E. Armaduras (Ferragens)

As armaduras são varas de aço que compreende em uma liga de ferro e carbono que é importante em sua composição, permitindo que não quebre e contribua no combate de certa forma a tração, quando no conjunto “concreto armado”, sendo necessário um correto dimensionamento para se obter uma boa estrutura.

F. Formas

As formas são chamadas também de molde, sendo um elemento construtivo utilizado para que materiais como o concreto armado adquiram a forma desejada numa determinada estrutura ou construção.

Geralmente são constituídas por painéis de madeira ou metal, ainda que também existam em materiais plásticos em poliestireno expandido.

G. Concreto Bombeado

É o concreto com maior concentração de argamassa e cimento, cujo seus agregados geralmente são de menor diâmetros e que deverá ser bombeado do caminhão betoneira até o local da aplicação.

H. Estruturas de Concreto Armado

Em uma estrutura de concreto armado, a utilização de aço em vigas e pilares torna-se indispensável e o dimensionamento necessita ser bem calculado seguindo as normas vigentes dos órgãos reguladores.

I. Elevatórias

Neste trabalho serão utilizadas três (03) estações elevatórias e quatro (04) casas de bombas de recalque menores. A elevatória existente que encontra-se em desuso e necessitará de reparos, está localizada no Batalhão Riachuelo, essa será responsável por bombear o esgoto proveniente dos Batalhão Riachuelo, Batalhão Humaitá, Base de Fuzileiros Navais da Ilha do Governador (BFNIG) e Batalhão de Blindados, e a outra elevatória que será construída próximo ao Batalhão de Controle Aerotático e Defesa Antiaérea, que esgotará os ramais de esgoto provenientes da Divisão Anfíbia, Batalhão de Controle Aerotático e Defesa Antiaérea e Batalhão de Artilharia, ambas bombearão o esgoto para o coletor localizado próximo ao Pórtico do BANANAL, fora CNIG, sendo necessárias suas instalações conforme conta Brum, M. M, Sanagiotto, D. G, Marques, M. G. (2018) em muitas localidades, as condições topográficas não permitem que o efluente sanitário escoe por gravidade na rede coletora até uma estação de tratamento de esgoto ou local de destinação final. Para sanar este problema, são construídas estações elevatórias com o objetivo de bombear a água residuária até uma cota mais elevada.

As casas de bombas de recalque estão localizadas na BFNIG, Batalhão Riachuelo (Casa do Comandante da Marinha) e Batalhão Humaitá (Casa de Praia), estas recalcam o esgoto para uma caixa de desague, a partir da caixa de desague o esgoto é conduzido por gravidade para a rede que direciona para a elevatória localizada no Batalhão Riachuelo.

A elevatória existente terá sua estrutura física mantida, porém sofrerá reparos na alvenaria e esquadrias, terá a estrutura impermeabilizada, a tubulação será trocada, assim como as bombas, o quadro de luz e as válvulas.

No CIASC será construída uma casa de bombas de recalque, de tal forma que esgote os dejetos para elevatória que será construída no Batalhão Paissandu, que receberá o esgoto do CIASC, Batalhão de Comando e Controle e do próprio Paissandu, esgotando para o coletor localizado próximo ao Pórtico das PIXUNAS.

J. Pavimentação

A regularização do subleito é a intervenção esperada a conformar o leito destinado a receber o pavimento, transversal e longitudinalmente, adotando as larguras e cotas acentuadas no plano cotado. A espessura da camada de regularização abrange cortes ou aterros até 20 cm.

Não será aceita a execução dos serviços de regularização do subleito nos dias de chuva. Para a execução da regularização do subleito são considerados os seguintes serviços: escarificação do subleito em toda a largura e extensão das áreas a serem pavimentadas, em uma profundidade de 20 centímetros.

Todos os setores de regularização deverão ser escarificados até uma profundidade de 20 cm. A quantidade de umidade no momento da compactação deverá ser a umidade ótima, aceitar variação de 1,5% para mais ou para menos.

L. Impermeabilização

Deverá ser concretizada com Manta asfáltica acolhendo ao Tipo I e executada conforme a norma NBR 9575 (Impermeabilização); e possuir espessura mínima de 4,0mm. A manta asfáltica não poderá conter furos, quebras ou fissuras e deverá ser recebido em bobinas embaladas em invólucro adequado. O armazenamento será efetivado em local coberto e seco. O asfalto será homogêneo e isento de água. Quando armazenado em sacos, deverá ser protegido do sol.

Preparo da Superfície - A superfície a ser impermeabilizada será favoravelmente regularizada, com argamassa de cimento e areia no traço volumétrico 1:3 e espessura de 2 cm). Todos os cantos deverão ser arredondados e os níveis dos planos deverão apresentar-se lisos, limpos, secos e isentos de graxas e óleos.

M. Instalações Elétricas

Os condutores para alimentação do quadro de comando e das bombas serão tipo cabo, fabricados em cobre eletrolítico de alta condutibilidade com isolamento e conforme às normas NBR 6880 (Condutores de cobre mole para fios e cabos isolados – Características).

N. Recomposição de Terreno

Na execução dos aterros deverá ser observada a norma NBR 5681. O reaterro das cavas deverá ser feito com o mesmo material resultante da escavação, em camadas sucessivas, compactando-as de forma a atingir estado similar ao do terreno lateral da vala.

O. Limpeza Final do Terreno

A empresa contratada providenciará a limpeza, destacando periodicamente uma equipe de serventes que executará as operações de limpeza e desobstrução.

P. Teste Hidrostático

É um método em que os elementos de um sistema, tais como tubos, vasos de pressão são testadas para a verificação de resistência e vazamentos através do enchimento do equipamento com um líquido pressurizado.

5.5 ELABORAÇÃO DA REDE PERT/CPM

A Tabela 5, mostra as informações de cada atividade envolvida no planejamento, com suas descrições e as atividades com as quais se relacionam (precedentes), assim como o tempo de cada uma para, então, ser trabalhada a rede PERT/CPM, abordando o Método do Caminho Crítico.

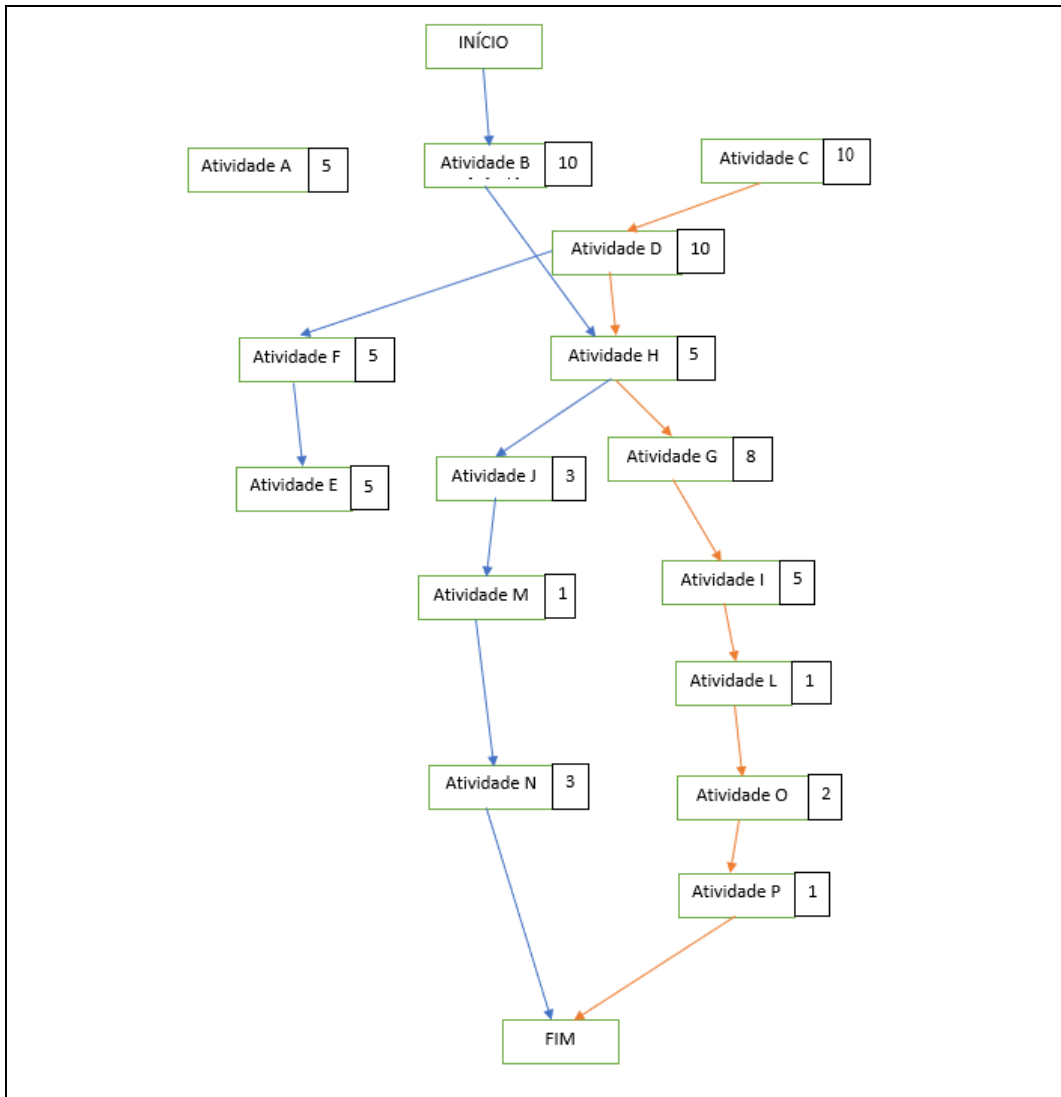
Tabela 5 – Tabela de precedência

Atividade	Descrição	Composição	Precedência	Tempo Planejado	Folgas
A	Serviço Preliminares	Canteiro, sinalização..	-	5 semanas	37 Semanas
B	Serviços Permanentes	Téc. Seg. Trab, Engº	-	10 semanas	10 Semanas
C	Serviços Complementares	Escavações, Reaterro.	-	10 semanas	-
D	Instalações da Rede de Esgoto	Colocação tub. Conexões	C	10 semanas	-
E	Armadura (Ferragem)	Ferragem	F,H	5 semanas	7 Semanas
F	Formas	Madeirite	D,H	5 semanas	7 Semanas
G	Concreto Bombeado	Concretagem	H	8 semanas	-
H	Estruturas de Concreto Armado	Caixões, manilhas	B	5 semanas	-
I	Elevatórias	Local col. Esgoto	G	5 semanas	-
J	Pavimentação	Piso, contra-piso	H	3 semanas	10 Semanas
L	Impermeabilização	Mnta asfáltica	I	1 semana	-
M	Instalações Elétricas	Casa de bombas e Elv	J	1 semana	10 Semanas
N	Recomposição do Terreno	Plantio de grama	M	3 semanas	10 Semanas
O	Limpeza Final do Terreno	Limpeza	L	2 semanas	-
P	Teste Hidrostático	Teste Final	O	1 semana	-

Fonte: O autor (2019)

De posse dos dados apresentados na tabela 5, construiu-se a rede PERT/CPM, obtendo o Caminho Crítico destacado nas setas de cor vermelha, conforme exposto na Figura 5.

Figura 5: Caminho Crítico



Fonte: O autor (2019)

5.6 ANÁLISE DO RESULTADO

Mattos (2010) conta que no diagrama de rede PERT, cada atividade se representa por uma seta compreendida por desvio ou arco. O início e o fim de cada atividade são indicados por um ciclo chamado de nó.

Segundo TEIXEIRA (2016), um dos artificios a ser empregado é a sobreposição das atividades, pois terão simultaneidade, não haverá a ocorrência de só uma por vez, o que ocasionaria um aumento de tempo e custo da obra. O resultado acima foi elaborado com auxílio

do programa PROJECT, fazendo com que as atividades fiquem simplesmente identificadas, assim, os nós simulam as atividades e os arcos das relações de dependências.

O Caminho Crítico é decifrado como a rota que permite origem no nó inicial, chegando ao nó final. A consignação do comprimento deste caminho se refere a soma das durações de atividades que pertencem ao Caminho Crítico.

Com a construção da rede PERT/CPM foi possível verificar o Caminho Crítico para a execução da rede de esgoto do CNIG, sendo eles: (INÍCIO - C - D - H - G - I-L-O - P - FIM).

Segundo VILCAPOMA, MOURA e SAMPAIO (2014), para a construção do simulador, foi levado em conta o tempo da atividade conforme o planejado no cronograma, e as variações como tempo máximo e tempo mínimo, que podem ocorrer em cada atividade de acordo com o engenheiro responsável pela obra. Essa análise é de total importância para o gestor da obra, pois demandam de informações que de acordo com a situação da obra, o profissional pode acelerar outros serviços de modo a otimizar o custo da obra, não deixando os funcionários ociosos, por exemplo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Verificando os resultados obtidos com a utilização dos métodos PERT/CPM, foi possível observar a importância do Caminho Crítico das atividades desenvolvidas na obra, sendo caracterizada pela sequência: INÍCIO - C - D - H - G - I-L-O - P - FIM. Com isso a mesma mostra as atividades que influenciam diretamente no cronograma, como é possível certificar na figura 5. Esses resultados foram obtidos através das informações contidas na tabela 5. Que por sua vez continha as atividades e seus respectivos períodos de execução, sendo possível observar o Caminho Crítico das atividades que serão desenvolvidas, demandando de um prazo de 42 semanas.

As atividades em alguns momentos iniciam e terminam em períodos distintos, com isso é permitido afirmar que caso o prazo de cada atividade supracitada não seja cumprido, conforme o cronograma, a obra poderá sofrer muitos prejuízos, como exemplo: multa por entregar a obra atrasada, acréscimo financeiro para pagamento de funcionários, pagamento de vale transporte, vale alimentação, etc.

Por essas e outras razões cresce de importância o acompanhamento da obra, e o caminho crítico contribui muito para esse aspecto, pois até para efetuar a contratação de funcionários para a obra, o mesmo direciona o gestor, pelo fato de ser possível observar que determinada atividade se encontra atrasada e comprometerá a entrega da obra no tempo adequado.

7. REFÊRENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6880:1997: Condutores de cobre mole para fios e cabos isolados – Características**. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5681: Controle tecnológico de execução de aterros em obras de edificações**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9575: Impermeabilização – Seleção e projeto**. Rio de Janeiro, 2010.

AVILA, A.V. **Planejamento: O método PERT-CPM**. São Paulo, 2000.

BRUM. M. M; SANAGIOTTO. D. G; MARQUES. M. G, Análise de características hidráulicas e parâmetros geométricos de estações elevatórias de esgoto. **XXVIII Congresso Latino-americano de Hidráulica**, Buenos Aires, Argentina. Set/2018.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil**: D.O. 5 de outubro de 1988. Disponível em: < www.mec.gov.br/legis/default.shtm.> Acesso em 19 maio 2019.

BRASIL, **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. 2006. Disponível em: < www.mma.gov.br > Acesso em 06 maio 2019.

COSTA, J. D. **Aplicação na Construção Civil de Técnicas e Ferramentas de Planejamento e Controle, Baseados no Conceito da Construção Enxuta**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2016, 68 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

CHASE, Richard B.; JACOBS, F. Robert; AQUILANO, Nicholas J. **Administração da produção e operações**. 11. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.
Checkland, P. **Systems Thinking, Systems Practice**. Chichester. John wiley & Sons, 1999.

DAVIS, Mark M.; AQUILANO, Nicholas J.; CHASE, Richard B. **Fundamentos da administração da produção**. Traduzido por Eduardo D'Argord Schaan *et al.* 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

HAGA, Wayne A.; O'KEEFE, Tim. Crashing PERT Networks: A Simulation Approach. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE ACADEMY OF BUSINESS AND ADMINISTRATIVE SCIENCES CONFERENCE, 4. 2001, Quebec. City. **Proceeding**. Quebec City: University Of North Dakota, 2001. p. 4 - 5. Disponível em: <http://www.inf.ufsc.br/~dovicchi/pos-ed/pos/gerti/artigos/Haga_CrashPertNet.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2019.

LUIZ, E. L. A. **Otimização da Relação Tempo-Custo na construção civil: um estudo de caso**. Ribeirão Preto: USP, 2011.

MAGALHÃES. R. M; MELLO. L. C. B. B; BANDEIRA. R. A. M, Planejamento e controle de obras civis: estudo de caso múltiplo em construtoras no Rio de Janeiro, **Gestão e Produção**, vol.25, n.1, pp.44-55. Rio de Janeiro 01/Jun2017.

- MATTOS, A. D.; **Planejamento e Controle de Obras**, São Paulo ; Pini, 2010.
- MARTINS, Petrônio Garcia; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da produção**. Trad. Cláudia Freire, Lucas Marcelo Ferretti Yassumura, Monica Rosali Rosemberg. 2. Ed. São Paulo: Saraiva, 2006.
- MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- NETO, A. P. M; Planejamento e controle de obras técnicas, **INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SERGIPE**, Monografia (Graduação em Engenharia Civil), Aracaju, 2017.
- OLIVEIRA, A. N. S. et al. Tecnologias Integradas aos Planos de Gestão em Projetos na Construção Civil – Um Estudo de Caso. **Revista Científica Vozes dos Vales**, Minas Gerais, n. 09, p 1 – 35, maio 2016.
- PEREIRA, M. M. F. O acesso universal e sustentável ao direito ao saneamento como caminho de construção do desenvolvimento, **Revista Jurídica**, vol. 04, n.º. 49, p. 146-151, Curitiba, 2017.
- PRADO, D. S. **PERT/CPM - Série gerencia de projetos – Volume 4**, Ed INDG, Belo Horizonte, 2004.
- RIBEIRO. R. V.; **Estratégia Empresarial**, Curitiba, p. 169. IESDE Brasil S.A., 2012.
- SILVA, P.N; HELLER, L.;O direito humano à água e ao esgotamento sanitário como instrumento para promoção da saúde de populações vulneráveis. **Ciência & Saúde Coletiva**, N3, Jun/2016.
- ROSE, J. **Soft Systems Methodology as a Social Science Research Tool** Systems Research and Behavioural Science vol.14 no. 4 pp 249-258, 1997. Disponível em: <http://www.cs.auc.dk/~jeremy/publications.htm>. Acesso em: 30 jul. 2019.
- SILVA, J. B. V. **Planejamento e Gerenciamento de Obras**. Disponível em: <http://www.ecivilnet.com/artigos/planejamento_e_gerenciamento_de_obras.htm>. Acesso em: 11jul. 2019.
- SITE SCHOLAR.GOOGLE.COM. **PERT/CPM:** Disponível em: <<https://scholar.google.com.br>> Acesso em: 08 maio 2019.
- TEIXEIRA. R.T; Análise de risco na metodologia PERT/CPM aplicado na construção civil, **Doc-Publico\BIBLIOS\REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL**, Abr/2016.
- VERGARA. W. R. H; TEIXEIRA. R.T; YAMANARI. J.S, Análise de risco em projetos de engenharia: uso de PERT/COM com simulação. **Exacta**, v.15, n.1. p.75-88. São Paulo. 2017.
- VILCAPOMA, A. A. I; MOURA, L. M; SAMPAIO, L. M. D, USO DA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO EM PROJETOS DE CONSTRUÇÃO DE RODOVIAS NO NORTE FLUMINENSE, **Anais do XVII Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha - SPOLM 2014**, v.1 n.1, São Paulo: Ago/2014.