

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O objetivo deste livro é basicamente fornecer conteúdos básicos para se produzir, interpretar e representar elementos técnicos de projetos de estradas como também de desenhos de topografia. Muitos dos elementos aqui apresentados para projeto de estradas também se aplicam para alguns outros tipos de projetos de desenvolvimento linear, como é o caso de Adutoras de Águas, Canalizações, Gasodutos, Oleodutos e Linha de cabeamento de Fibra Ótica. Cada projeto tem seus elementos específicos (em projetos de tubulações existem elementos de conexão, proteção, válvulas de retenção e controle, bombas, por exemplo) e elementos que normalmente são comuns em ambos os casos (serviços de terraplenagem, drenagem e proteção de erosão).

As normas de desenhos convencionais (como a área de mecânica e arquitetura) não se aplicam adequadamente para desenvolver projetos da área de estradas ou obras lineares em geral. O desenho técnico de estradas possui muitas peculiaridades próprias e, como não possui uma normatização rígida no Brasil, a elaboração de desenhos nessa área fica muito a critério dos desenhistas e projetistas envolvidos.

Com o advento de softwares mais complexos para a área de topografia e projetos de estradas, faz-se necessário conhecer melhor as práticas mais usuais de representação gráfica dos diversos tipos de disciplinas envolvidas nos projetos de estradas.

Estou colocando no livro muita informação que adquiri durante minha vida profissional. Tirei muitas informações de algumas normas do DNIT entre outras do IBGE ligadas a cartografia e topografia, porém muitas das informações deste livro são tiradas de minha própria experiência profissional com desenvolvimento de projetos de estradas, terraplenagem e infraestrutura urbana em geral. E muito do conhecimento adquirido com trabalhos no Brasil como também em outros países da América Latina, que por sua vez possuem práticas de apresentação de projetos bem peculiares, mais ajustados as suas características geográficas e sociais.

CAPÍTULO 2

HISTÓRICO

2.1 ÉPOCA DOS TRABALHOS MANUAIS

Antes de o computador ser usado no desenvolvimento de projetos e desenhos, os projetos e desenhos eram desenvolvidos em Pranchetas no papel Canson e papel vegetal e em muitos casos se recorria ao papel milimetrado. Normalmente os desenhos técnicos eram produzidos com o auxílio de réguas paralelas, escalímetro, compasso e esquadros, e, em casos mais específicos, havia ferramentas adicionais, como gabaritos de círculos e peças específicas.

No caso particular de desenho técnico de estradas, além das ferramentas de desenho convencionais, também se usavam algumas das seguintes ferramentas:

- Gabaritos de Curvas: para curvas de raios grandes, que não podiam ser feitas com compasso
- Curvas Francesas: Para desenho de curvas espirais
- Tira-linhas: para desenho de linhas suaves
- Planímetro: para determinar área de figuras irregulares

A Estrutura para o desenvolvimento de projetos de estradas envolvia uma equipe numerosa de profissionais de nível técnico, projetistas e desenhistas, quando comparado com os dias atuais. A capacidade de integração de dados espaciais, aliado ao processamento gráfico dos computadores e softwares atuais, reduziram drasticamente a necessidade de profissionais para o desenvolvimento de projetos nessa área (estimaria algo em torno dos 90%). No entanto, com o nível de complexidade dos softwares, atualmente o nível de conhecimento e especialização dos profissionais requeridos nessa área é muito maior e muitos não conseguiram se adaptar adequadamente à era computacional dos trabalhos.

2.2.1 Trabalhos Topográficos

Os trabalhos de levantamento topográfico eram elaborados com equipamentos analógicos como teodolito (para medir ângulos horizontais e verticais), trenas e níveis (para leituras de réguas verticais). E esse levantamento gerava uma série de cadernetas de campo (anotações com croquis e registro de medidas de ângulos, distâncias e leituras de réguas verticais).

Esses registros de campos eram processados e geravam um relatório de coordenadas dos pontos levantados pela topografia, como suas coordenadas, número e descrição. O processamento dessas informações era feito por técnicos com o uso de calculadoras científicas (pois não havia computadores nos ambientes de trabalho).

Com esse relatório de pontos, o desenhista produzia os desenhos de planta topográfica com a definição de escalas e articulação de folhas. Com os pontos cotados lançados em planta (normalmente em papel Canson), se elaborava o traçado das curvas de nível e a simbologia/convenção para a apresentação do desenho final de topografia.

Nos levantamentos topográficos de faixa, normalmente se procedia com a implantação de uma poligonal base estaqueada, executava-se o levantamento planimétrico com teodolitos e, posteriormente, nas marcações de estacas implantadas em campo, se procedia com os levantamentos altimétricos (normalmente nivelamento geométrico). Os levantamentos altimétricos eram executados para o eixo da poligonal (para determinar a cota de cada estaca) e transversal a poligonal para uma distância da ordem de 30 m para cada lado.

O item 7.3 mostra com mais detalhes a metodologia e os procedimentos para os levantamentos topográficos.

2.2.2 Projeto Geométrico Horizontal

Com o desenho da topografia elaborado, fazia-se o traçado horizontal do eixo da estrada usando réguas, esquadros e gabaritos de curvas grandes/compassos. Definido o traçado horizontal, partia-se para o desenho da planta detalhado (normalmente em papel vegetal) e para a elaboração do Perfil Longitudinal do Perfil (feito em papel milimetrado).

Nos projetos desenvolvidos no papel, em escala 1:2.000, por exemplo, a medida de 1mm corresponderia a 2m. Considerando-se que um erro gráfico na execução do desenho de 1mm gerava erros da ordem de 2m (que é um valor alto para os trabalhos envolvendo projetos de estradas), todos os elementos de projeto geométrico eram rigorosamente calculados para que o topógrafo procedesse com a implantação dos dados de projeto baseado em cálculos matemáticos e não em levantamento gráfico de informações do desenho.

2.2.3 Projeto Geométrico Vertical

Com o desenho do Perfil Longitudinal do terreno, fazia-se o greide do projeto (também no papel milimetrado). Feito o projeto vertical, ou lançava-se o perfil junto com a planta no papel vegetal ou fazia-se um desenho independente só com o Perfil Longitudinal.

2.2.4 Desenho de Seções Transversais

Com os desenhos de Planta e Perfil definidos, elaborava-se um relatório com as informações de cotas de terreno e projeto (greide) e partia-se para a elaboração dos desenhos de seções transversais baseados nas curvas de nível da topografia ou no nivelamento geométrico da seção transversal feito em campo.

Obs.: Nos casos nos quais o eixo era implantado em campo (tendo marcação física em campo das estacas do projeto), vinha uma equipe de nivelamento e levantava a seção do terreno nas estacas do projeto e produzia-se já um registro das leituras de nivelamento da seção transversal. Com esse registro, se produzia o desenho das seções transversais do terreno no papel milimetrado. Esse procedimento ocupava uma equipe de desenhistas e técnicos relativamente grande quando comparado com a atualidade.

Com os desenhos das seções transversais do terreno, procedia-se com a “gabaritagem” da seção, que consistia na colocação da seção de projeto nas seções com suas respectivas declividades de pista/superelevação, largura de plataforma, taludes, entre outros.

Feita a gabaritagem das seções, extraíam-se delas as informações de distância e cota de Bordos de Terraplenagem e Offsets para a futura elaboração da nota de serviço e faziam-se as medições analógicas das áreas de corte e aterro das seções transversais (com planímetros). Com as distâncias de Offset, lançavam em planta para o desenho das linhas de banquetas e offset.

A Figura 2.1 mostra um desenho de seções transversais desenvolvido em papel milimetrado e com o levantamento visual das informações de distância e cota de alguns pontos característicos da seção transversal gabaritada.

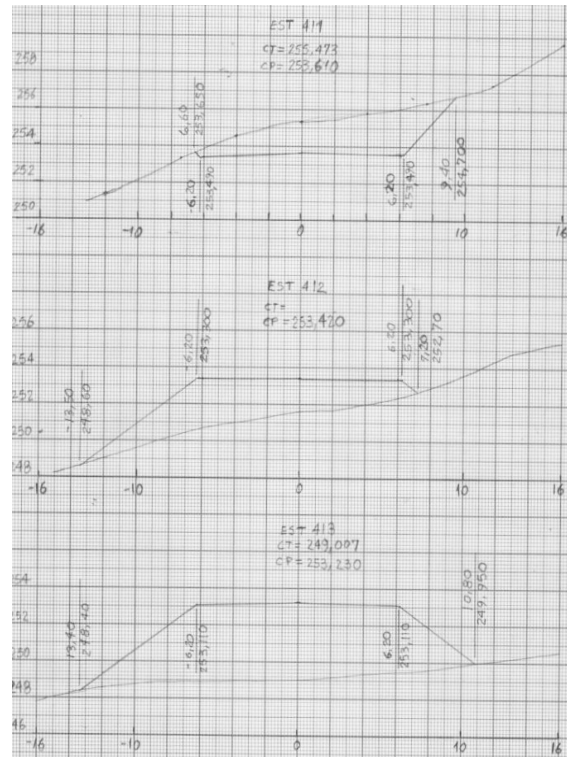


Figura 2.1: Desenho de Seções Transversais de Terraplenagem feitas em papel milimetrado

2.2.5 Demais Projetos

Com o Desenho do Projeto Geométrico definido, desenvolviam-se as outras disciplinas de projeto (como Terraplenagem, Drenagem e OAEs). Nesse caso, recorria-se muito ao uso de papel vegetal para a elaboração desses desenhos (pois ele permite a visualização de desenhos de outras disciplinas de projetos).

2.2. ÉPOCA DE TRANSIÇÃO

Esse período de transição do método clássico para o computacional ocorreu mais ou menos entre 1995 e 2005 no Brasil (muitos podem discordar desse período citado). Muitos profissionais não conseguiram se adaptar adequadamente à nova forma de trabalho.

A introdução da informática no processo de produção de desenhos começou com o AutoCAD e o MicroStation nas versões mais simples. Com esses softwares, foi possível a elaboração de desenhos geométricos usando computadores. Esses softwares operavam (e ainda operam) por comandos de criação de entidades (linhas, arcos, dimensões, textos e outros elementos geométricos).

No início, os profissionais que foram migrando para a plataforma CAD passavam apenas a fazer os desenhos no computador de maneira similar ao que se fazia na prancheta (ou seja, os mesmos desenhos que se produziam no papel eram produzidos em computador agora). No entanto, o computador permitia ao desenhista ou projetista modelar objetos em verdadeira grandeza e praticamente eliminou os erros devido à medição no papel.

Com o desenvolvimento dos softwares no ambiente 3D, ocorreu um novo avanço na produção de desenhos que permitiu, por meio da modelagem de objetos em 3D, automatizar a produção de desenhos derivados, como vistas ortogonais, cortes e seções. Isso fez com que se reduzisse ainda mais a necessidade de profissionais em um projeto e exigiu dos profissionais do desenho uma maior especialização e conhecimentos de fundamentos matemáticos.

No caso particular de projetos de Estradas, apareceram softwares e aplicativos que usavam a plataforma do AutoCAD ou MicroStation como base e introduziam nessas plataformas ferramentas complementares para o desenho do projeto de estradas. No caso do AutoCAD (o mais popular), houve o surgimento do Civil Survey, que tinha ferramentas complementares ao AutoCAD para trabalhar com Topografia e Projetos Avançados de Vias. Por volta do ano 2000, a Autodesk comprou a empresa responsável pelo Civil Survey e criou a versão do Land Development 2000 (voltado para trabalhos de topografia e terraplenagem) e o Civil Design 2000 (para projetos avançados de Vias).

Em 2005, a Autodesk substituiu o Land Development, o Civil 3D e o Survey pelo Civil 3D 2006, o qual seria o software integrado e parametrizado que permitiria o desenvolvimento de projetos diversificados. As primeiras versões do Civil 3D (da 2006 até a 2009) passaram por muitos problemas de instabilidade e os computadores da época não conseguiam processar o programa adequadamente. Nesse período, a Autodesk manteve a continuidade do Land Development e do Civil Design. A versão 2010 do Civil 3D já apresentou boa estabilidade e os computadores dessa época já permitiam processar informações complexas de projetos de estradas até 10 km. Atualmente, o Civil 3D está na versão 2018 e já pode ser considerado um software estável e completo para vias (com variados recursos de projeto e desenho).

2.3. ÉPOCA DOS TRABALHOS COMPUTACIONAIS

Essa era eu caracterizo particularmente como a era na qual os softwares de projeto se popularizaram. Antes o computador era usado basicamente para se desenhar os projetos, como se fosse uma prancheta eletrônica e nessa era os recursos gráficos computacionais passam a auxiliar o projeto fornecendo cálculos e algumas simulações de dependam de informações gráficas.

No caso de projeto de estradas, com a popularização do uso do Civil 3D, os projetos passaram a ser desenvolvidos em espaços 3D de modelagem (no caso, toda a estrada é modelada em 3D) e, a partir desses modelos 3D, extraem-se as informações que gerarão os documentos (desenhos) de apresentação dos projetos.

A produção de desenhos como Planta, Perfil e Seções Transversais ficaram automatizadas assim como a geração de relatórios técnicos (quadro de curvas horizontais, relatório de volumes de terraplenagem, pavimentação e notas de serviço).

2.4. ÉPOCA BIM

A era BIM (Building Infrastructure Model) consiste basicamente de uma nova forma de percepção, concepção, produção e gerenciamento de projetos em geral. Nesse novo modelo de gestão do projeto, a apresentação de projetos

em papel e relatórios ficaria praticamente abolida ou sem relevância para fins de controle. Nesse caso, o objeto de contrato passaria a ser o modelo computacional (normalmente em 3D) com todas as informações de projeto parametrizadas e com o objeto final modelado, sendo que o cliente teria como acompanhar a construção/modelagem do objeto contratado e inclusive solicitar mudanças ou avaliar o impacto de mudanças de projeto nesses trabalhos. Com o desenvolvimento dos sistemas de redes e interligações de computadores, melhorou a interação das diferentes disciplinas envolvidas em um projeto de estradas. Com a metodologia do BIM, alguns problemas que ocorriam com mudanças/revisões de projetos que impactavam outras disciplinas envolvidas ficam melhor gerenciáveis, pois, estando os dados centralizados em um servidor, todos os envolvidos no projeto têm acesso praticamente em tempo real às últimas informações dos projetos.

No sistema BIM, o projeto é desenvolvido (no caso, modelado) em 3D num ambiente de realidade virtual e esse modelo é desenvolvido/montado por diversos profissionais que estão trabalhando no projeto. A principal vantagem desse modelo é que, de certa forma, toda a equipe envolvida no processo terá acesso sempre a versões atualizadas dos modelos e qualquer mudança feita por uma das equipes envolvidas será compartilhada quase que instantaneamente com outras equipes envolvidas. A Figura 2.2 mostra esquematicamente a organização dessa forma de trabalho.

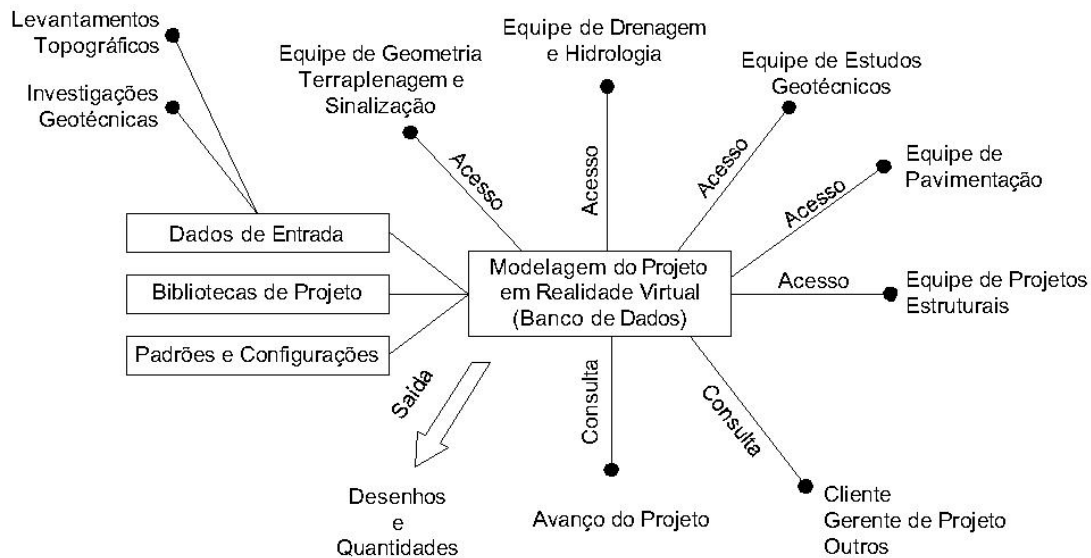


Figura 2.2: Modelo simplificado de funcionamento e integração de Sistemas BIM

Cabe ressaltar que as informações que produzem o modelo são, de certa forma, uma espécie de banco de dados, pois precisarão ter lógicas de organização de informações e níveis de acesso a dados similares aos aplicados a bancos de dados. Profissionais envolvidos na modelagem/projeto poderão ter permissões diferenciadas para consulta, criação e modificação de objetos dentro do modelo em diversos níveis, como também o gerente do contrato ou o cliente/contratante do projeto podem ter acesso para consulta do modelo.

A metodologia BIM é aplicada a praticamente todos os tipos de projetos das áreas civil, mecânica, arquitetura e indústrias de diversos tipos. Cada uma possui formas distintas de organização de informações, como também metodologias próprias de trabalho.

Para o caso específico de projetos de estradas, a base de dados deverá ser composta, de forma simplificada, dos seguintes itens:

- Mapas de apoio (mapa de bacias hidrográficas, mapa geológico, localização de sondagens, entre outros)
- Modelos Digitais de Terreno (terreno natural e horizontes geológicos, entre outros)
- Modelos de Corredores (modelo 3D da estrada propriamente dita)
- Localização e características dos dispositivos de drenagem no modelo
- Localização e modelagem de Pontes, Viadutos e Obras Geotécnicas no modelo

Antes de se iniciar os trabalhos de modelagem propriamente dita, deve-se ter disponível uma espécie de biblioteca, contendo informações de padronização de apresentação, material de apoio, como também de objetos padronizados que podem ser usados na modelagem. Como exemplo:

- Biblioteca de Seções Transversais
- Biblioteca de Dispositivos de Drenagem
- Biblioteca de Materiais de Construção

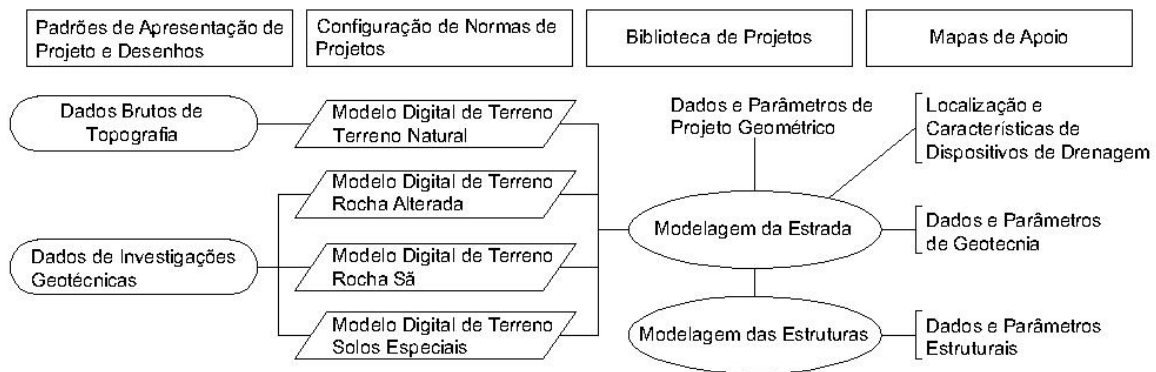


Figura 2.3: Esquema simplificado de organização e relacionamento de dados no Sistema BIM

Existindo um gerente BIM para o projeto, ele seria o responsável pela administração do modelo e o encarregado de definir os níveis e permissões de acessos dos diversos profissionais envolvidos na modelagem como também de gerenciar bibliotecas de suporte para o trabalho desses profissionais. Esse profissional, na prática, não teria que ser o gerente de contrato e nem um profissional com responsabilidade técnica, conforme especificado pelo CREA-RJ, pois ele não é diretamente responsável pelas soluções de projetos e muito menos pela relação entre a empresa e o cliente.

Essa fase eu poderia dizer que se iniciou por volta de 2014 (apesar de já existir alguns anos antes) e levará de 5 a 10 anos para ser introduzido nas empresas (estimativa minha). O fato de essa forma de trabalho exigir uma mudança na forma de entender e organizar projetos apresentará uma resistência muito grande por parte dos profissionais hoje. Isso também exigiria dos conselhos profissionais uma mudança da regulação sobre a propriedade intelectual e/ou responsabilidade civil no desenvolvimento desses trabalhos.

O desenho em papel como conhecemos irá praticamente acabar ou perderá a finalidade que havia antes dos processos computacionais. Na metodologia de trabalho BIM, os documentos tradicionais de trabalho (principalmente desenhos e memórias de cálculos) são apenas formas de saídas de informações a partir do modelo desenvolvido.

DISCIPLINAS ENVOLVIDAS EM UM PROJETO DE ESTRADAS

O projeto de estradas envolve uma gama diversificada de especialidades para sua elaboração. O Manual de *Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Escopo Básico/Instrução de Serviços* do DNIT (Publicação IPR-726) apresenta as disciplinas envolvidas na elaboração de projetos rodoviários como também algumas exigências e recomendações para a elaboração de estudos e projetos das disciplinas envolvidas.

As disciplinas ou especialidades envolvidas na produção de um projeto de estradas são as seguintes:

- a. **Estudos de Tráfego:** definir estimativa de tráfego atual e futura para a estrada como também sua composição (quantidade de veículos leves, medianos e pesados).
- b. **Estudos Geológicos:** estudos e mapeamento das características geológicas da região afetada pela estrada.
- c. **Estudos Hidrológicos:** estudos relacionados à incidência de chuvas e vazões de rios e cursos d'água em geral como estimativas máximas de chuvas e vazões para o projeto.
- d. **Estudos de Traçado:** definição de alternativas de traçado para avaliação da melhor alternativa e a futura elaboração e detalhamento dos projetos subsequentes.
- e. **Estudos Topográficos:** levantamento das informações de caracterização do relevo e características geográficas do terreno na área de implantação de projeto.
- f. **Estudos Geotécnicos:** estudos que definirão as características e parâmetros do solo, avaliação de sua estabilidade, capacidade de suporte, como também sua utilização como material de terraplenagem e pavimentação, entre outros.
- g. **Projeto Geométrico:** definição de características geométricas horizontal e vertical da estrada.
- h. **Projeto de Terraplenagem:** definição do plano de movimentação de terras e áreas de empréstimos e bota-foras.
- i. **Projeto de Drenagem:** definição do sistema de coleta e transposição de águas pluviais que incidem e transpõem a estrada.
- j. **Projeto de Pavimentação:** definição das características e parâmetros dos materiais a serem utilizados na pavimentação como também das respectivas espessuras e arranjo das suas camadas de composição.
- k. **Projeto de Obras-de-arte Especiais:** são obras pontuais e não padronizadas necessárias para a estrada, como alguns tipos de muros de contenção e pontes. Define as características técnicas e estruturais das obras.

- l. Projeto de Interseções, Retornos e Acessos:** são, de certa forma, projetos geométricos especiais para a integração/adaptação da estrada projetada com vias existentes que cruzam o traçado da estrada.
- m. Projeto de Sinalização:** define o sistema de comunicação visual das características físico-funcionais, da regulamentação e informações importantes aos usuários da via (predominantemente os condutores e pedestres). Subdivide-se em sinalização horizontal e vertical, sendo que a horizontal consiste basicamente nas pinturas sobre o asfalto e a vertical por placas fixadas em postes.
- n. Projeto de Obras Complementares:** definição de elementos complementares da estrada como defensas e barreiras rígidas, alguns tipos de muros entre outros.
- o. Projeto de Desapropriação:** definição de áreas a serem desapropriadas e geração de informações para trâmites burocráticos de cartório. Costuma ser necessário fazer pesquisas de limites de propriedade em cartório ou órgãos de gestão de terras, como o INCRA ou institutos de Terras entre outros.
- p. Projeto de Paisagismo:** definição de tratamentos paisagísticos e/ou urbanísticos relacionados à estrada (normalmente obras pontuais).
- q. Projeto do Canteiro de Obras e Acampamento do Pessoal:** definição da localização e características físicas dos canteiros de obras em função dos equipamentos e pessoal utilizado nas obras. Determinados tipos de obras de estradas poderão necessitar mais de um canteiro, como também, se for em local isolado, poderá necessitar alojamento para os funcionários.
- r. Componente Ambiental do Projeto:** identificação dos principais impactos ambientais causados pela implantação da estrada como também a definição de alternativas mitigadoras ou compensatórias desses impactos.
- s. Orçamento Básico da Obra:** definição da quantidade de todos os serviços e produtos envolvidos na obra como também seus respectivos preços padronizados de pagamento por esses serviços. O DNIT trabalha com a planilha SICRO2 para definição de custos padrões (ou custos unitários) de obras rodoviárias. No entanto, a construtora responsável pela obra costuma fazer seus custos durante o desenvolvimento da proposta técnico-financeira para a licitação da obra em que seus profissionais fazem pesquisas e acordos de preços para fornecimento de material e definem seus custos de execução, os quais não serão os mesmos da planilha SICRO2.

Dependendo das características e complexidade do projeto de estradas, pode ser necessária a presença de disciplinas adicionais, como também pode ocorrer de o projeto não necessitar de todas as disciplinas listadas.

ETAPAS DE PROJETO

4.1 ANTEPROJETO

O Anteprojeto, ou estudo de Viabilidade, visa basicamente responder a seguinte pergunta: “Vale a pena construir esse empreendimento?”. Normalmente, para saber se valeria a pena construir uma estrada de um local A até um local B, seria necessário **estimar** quanto essa estrada custaria e saber quanto ela retornaria em benefícios (reduzir custos de transportes, explorar zonas agrícolas, zonas de mineração, etc.). Normalmente, adota-se um período de 10 a 20 anos para que os lucros/benefícios diretos gerados pela estrada permitam pagar os custos da obra da estrada mais os custos de manutenção ao longo desse período.

O Anteprojeto é feito com as informações disponíveis, pois não é aconselhável gastar dinheiro para fazer levantamentos topográficos e sondagens (investigações geotécnicas) para um empreendimento que não se sabe se vale a pena construir ou não. Com essas informações disponíveis, faz-se a estimativa de custo do empreendimento (normalmente se usam cartas topográficas, algumas observações de campo e, mais recentemente, o Google Earth).

O manual do DNIT, chamado *Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Escopos Básicos e Instruções de Serviços*, possui os seguintes Escopos Básicos para a elaboração de um Anteprojeto:

- EB-101: Estudos de Viabilidade Técnico-Econômica-Ambiental de Rodovias

A seguir é apresentado um fluxograma simplificado das etapas de desenvolvimento de um Anteprojeto.

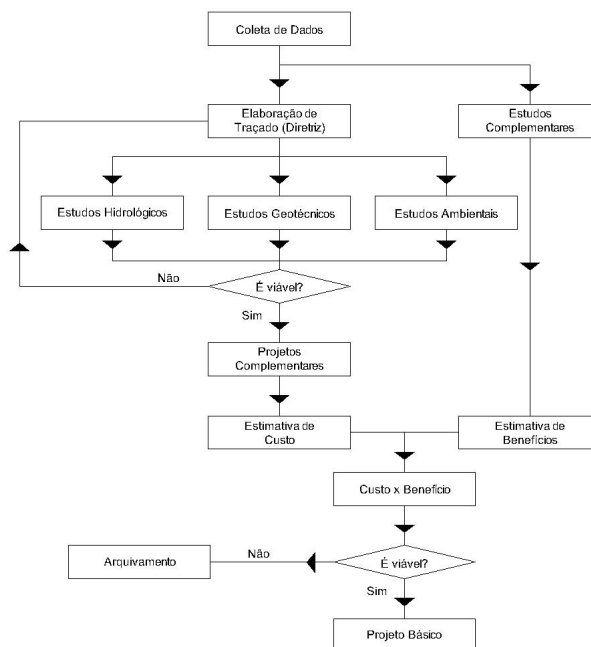


Figura 4.4: Fluxograma simplificado das etapas de desenvolvimento de um Anteprojeto

4.1.1 Coleta de Dados

Para se fazer uma estimativa de custo de uma determinada obra rodoviária – uma primeira estimativa – deve-se primeiramente realizar uma coleta de dados que permita desenvolver um estudo inicial do projeto mantendo um custo relativamente baixo.

As principais fontes de coleta são as seguintes:

4.1.1.1 Cartas Topográficas

O IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e o DSG (Diretoria de Serviços Geográficos do Exército) possuem cartas topográficas de vários locais do território brasileiro em escalas que variam de 1:1.000.000 a 1:25.000. A cobertura de mapas na escala 1:50.000 do IBGE para as regiões Sul e Sudeste são abrangentes, enquanto na região da Amazônia é mais pobre. As cartas 1:50.000 possuem curvas de nível a cada 20 m e permitem fazer um estudo inicial de traçado.

4.1.1.2 Imagens do Google Earth

Mais recentemente, pode-se usar as informações do Google Earth para desenvolver os estudos iniciais do projeto de estradas. Muitas áreas do planeta já possuem cobertura por imagens de resoluções da ordem de 20 cm. No entanto, a base altimétrica (de modelagem de terreno) não é confiável para se desenvolver esses tipos de projetos (ainda é mais confiável trabalhar com as cartas do IBGE de 1:50.000 para isso).

Pelas imagens do Google Earth pode-se identificar locais de afloramento de rocha e presença de solos moles, como também determinados tipos de uso do solo (tipo de áreas agrícolas, construções, entre outros).

4.1.1.3 Dados Sociais

O IBGE possui dados referentes ao CENSO de diversos tipos como também vários tipos de indicadores econômicos e sociais que podem auxiliar nos cálculos dos benefícios econômicos e sociais da obra rodoviária, como também a capacidade de crescimento econômico dos locais impactados pela rodovia.

A partir dos dados sociais, além de outros fatores, faz-se os estudos de tráfego para definir a classe apropriada da rodovia projetada (se será em pista simples ou dupla, qual a velocidade, qual a rampa máxima, tipo de veículo etc.).

Quando se faz um estudo para a duplicação de uma estrada, o estudo de tráfego já fica embasado no tráfego da pista existente, pois, normalmente, quando se iniciam os estudos para duplicação, é porque a pista atual já está em níveis de saturação que indicam a necessidade de duplicação.

4.1.1.4 Dados Ambientais

O Ministério do Meio Ambiente possui informações georreferenciadas referentes aos limites das áreas de conservação e outras informações relevantes ao desenvolvimento do anteprojeto.

4.1.1.5 Dados Hidrológicos

A ANA (Agencia Nacional de Águas) e algumas secretarias estaduais de Meio Ambiente possuem dados de postos pluviométricos e equações de chuvas intensas para as primeiras avaliações de intensidades de chuvas de cálculos de cheias máximas prováveis para definição de obras de pontes e bueiros ao longo do traçado.

4.1.1.6 Dados Geológicos

A CPRM (Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais) possui variados tipos de informações relacionadas ao mapeamento geológico do país como também alguns mapas de avaliação de riscos geológicos.

Na CPRM ou no DNPM pode-se também pesquisar, nas proximidades da área de estudo, áreas que possam interessar para suprimento de materiais para a obra (como jazidas de areia, pedreiras entre outros materiais para a construção civil).

Cabe ressaltar também que a presença de recursos minerais nas proximidades do traçado estudado (como minérios de ferro, cobre, calcário ou até ouro) pode viabilizar explorações minerais desses locais.

4.1.1.7 Outros

É importante também coletar vários outros dados, como:

- Linhas de Transmissão de Energia Elétrica
- Redes de Dutos
- Rede de Adutoras
- Redes de Fibra Ótica ou cabos de comunicação

4.1.2 Elaboração de Traçado (Diretriz)

Com base nas informações coletadas, faz-se o estudo de várias alternativas de traçados na região de interesse. Alguns dos critérios para desenvolver o traçado do anteprojeto são os seguintes:

- Não passar dentro de Unidades de Conservação
- Evitar passar com traçado dentro de áreas com presença de vida silvestre
- Evitar áreas de alagados ou brejos
- Evitar áreas de potenciais riscos geológicos
- Evitar áreas nas quais o relevo possui declividades altas
- Evitar passar dentro de cidades ou conglomerados urbanos (gera muitos acidentes)
- Manter o traçado afastado de rios de médio a grande porte
- Manter os critérios técnicos de traçado horizontal e vertical compatíveis com a classe selecionada para a rodovia

Nessa etapa, normalmente se estudam várias alternativas de traçado para se avaliar o Custo x Benefício para várias alternativas de traçado e, futuramente, escolher 1 para o desenvolvimento de projetos mais detalhados.

A Figura 4.5 mostra um trecho fictício de um estudo de traçado usando as cartas topográficas do IBGE na escala 1:50.000. Nessa etapa de projeto, não é possível desenvolver um projeto de engenharia, apenas de indicação do

Projeto de Terraplenagem, Projeto de Drenagem, Projeto de OAEs (Pontes, Estruturas de Contenção entre outros), Projeto de Sinalização, Projeto de Pavimentação entre outros. Com os dados coletados, não é possível desenvolver um projeto que garanta uma segurança nas quantidades e custos para a obra. Por conta disso, nessa etapa de projeto faz-se estimativas de quantidades e custos baseados em critérios mais superficiais (como extensão do traçado, número de pontos altos e baixos e declividade média do terreno (se é plano, ondulado, montanhoso ou escarpado)).

4.1.7 Estimativa de Custo

Com base nos levantamentos de quantidades realizados para um determinado traçado (ou vários traçados, se for o caso), faz-se a estimativa do custo do empreendimento.

O DNIT trabalha com as planilhas do SICRO2 para custos de serviços de obras rodoviárias.

4.1.8 Estimativa de Benefícios

Alguns dos benefícios que o empreendimento pode trazer são os seguintes:

- Reduzir tempo de percurso entre duas localidades
- Viabilizar a exploração de áreas agrícolas
- Viabilizar a exploração de recursos minerais
- Reduzir custos de transporte de mercadorias/produtos entre 2 cidades ou mais
- Potencializar ou viabilizar o turismo
- Reduzir o número de acidentes rodoviários
- Desviar tráfego de veículos pesados de zonas urbanas

Esses benefícios são quantificados para poder se avaliar os ganhos econômicos e sociais da implantação do empreendimento.

Pode ocorrer de o empreendimento, do ponto de vista econômico, não ser viável dentro de parâmetros pré-estabelecidos, mas do ponto de vista social trazer benefícios que justifiquem a viabilidade da obra (como geração de empregos, redução de custo de produtos para a população, melhoras na capacitação técnica dos envolvidos na obra, redução de tempo/custo de viagem casa-trabalho entre outros) que futuramente resultam em melhoria na qualidade de vida da população e, conseqüentemente, na redução de custos sociais.

A decisão por realizar ou não o empreendimento não necessariamente é econômica, ela pode ser política também, mas nos casos em que seja necessário conseguir financiamento para o empreendimento, o critério econômico é fundamental.

4.1.9 Custo x Benefício

Com base nas estimativas de custo (obra + manutenção) e nas estimativas de ganhos com o empreendimento (direto e indireto), chega-se a uma estimativa de custo-benefício do empreendimento para definir se ele é realmente inviável.

O gráfico da Figura 4.6 exemplifica o resultado de custo-benefício financeiro de um empreendimento rodoviário ao longo do tempo. Normalmente, os empreendimentos rodoviários levam de 10 a 20 anos para que os benefícios acumulados possam superar os custos acumulados.

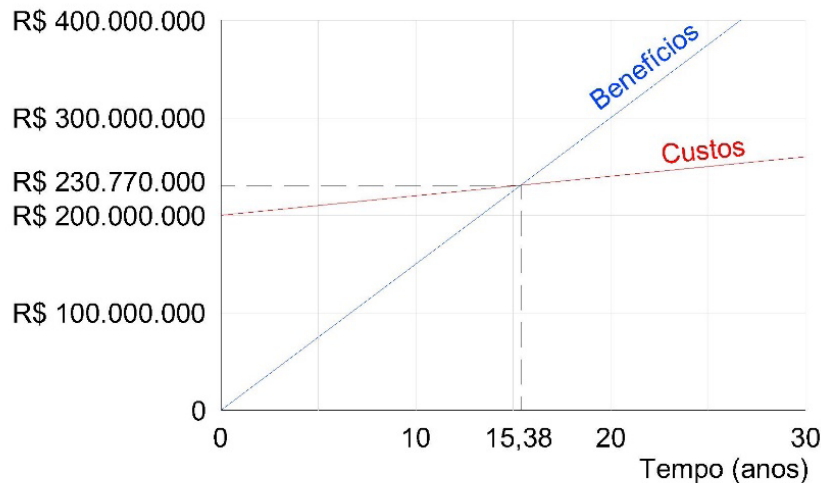


Figura 4.6: Gráfico de Custo x Benefício de um Empreendimento Rodoviário

No caso do empreendimento rodoviário do gráfico, ele custaria R\$ 200 milhões e teria um custo variável (manutenção, entre outros) de R\$ 2 milhões por ano. Ele traria benefícios econômicos de R\$ 15 milhões por ano e, conseqüentemente, levaria 15,38 anos para os benefícios superarem os custos.

O tempo de 20 anos (máximo de 30 anos) é um empreendimento viável para fundos de pensão/aposentadoria e pode ser conveniente para fundos de investimento de longo prazo investir nesses tipos de empreendimentos (com cobrança de pedágio). No entanto, o principal interessado nesses tipos de empreendimentos são os órgãos governamentais (pois um país ou um estado tem durabilidade muito superior a 30 anos).

É comum também que as instituições governamentais (como o BNDES) emprestem dinheiro para empresas realizarem esse tipo de empreendimento. Tomando esse empreendimento como exemplo, o BNDES financia a obra (empréstimo do dinheiro para quem fará o empreendimento, no caso os R\$ 200 milhões) e estipula prazos de 10 a 30 anos para o pagamento com juros. Por exemplo, poderia emprestar os R\$ 200 milhões para serem pagos em 25 parcelas anuais de R\$ 10 milhões (totalizando R\$ 250 milhões). Se empresa que administra o empreendimento conseguir faturar os R\$ 15 milhões por ano com o pedágio e tendo custo de R\$ 2 milhões ao ano, ela teria um superávit de R\$ 13 milhões por ano, sendo que R\$ 10 milhões seriam para pagar o empréstimo do empreendimento e R\$ 3 milhões seriam o lucro anual.

Normalmente, esses estudos envolvem estimativas futuras e são muito mais complexos do que a forma apresentada. Até porque normalmente esse tipo de empreendimento tem uma tendência a crescer o número de veículos que por ela passam ao longo dos anos, aumentando o lucro operacional.

Outro fator importante a ser considerado é o benefício social, que não necessariamente poderá ser quantificado sob o ponto de vista econômico. Alguns dos benefícios sociais são os seguintes:

- **Geração de empregos diretos e indiretos:** a obra de estrada costuma gerar muitos empregos diretos para moradores próximos do local do empreendimento e, principalmente, gera empregos para pessoas com baixa escolaridade. Junto com a obra e o emprego direto das pessoas, ocorre uma entrada de dinheiro dentro do ciclo econômico das cidades impactadas que acaba aumentando as vendas de comércio e até gerando empregos nesses setores por conta das pessoas empregadas na obra.
- **Melhora na qualificação profissional de pessoas que trabalham nas obras:** ocorre quando a construtora promove cursos de capacitação dos empregados contratados para a obra para operar determinados tipos de equipamentos ou processos da obra. É comum também a construtora aproveitar parte desses profissionais em outras obras.
- **Melhora nos indicadores sociais dos locais afetado pela obra:** com a implantação da estrada, é comum as cidades impactadas terem os níveis de emprego aumentados, acesso a mercadorias facilitados e com custos mais baixos.

4.2 PROJETO BÁSICO

O objetivo do Projeto Básico é responder a seguinte pergunta: “Quanto vai custar a Obra?”

Para a elaboração do Projeto Básico, já se recorre a levantamentos Topográficos (ou restituição aerofotogramétrica de precisão) e se faz estudos de solos e sondagens para o estudo da estrada. Atualmente, tem-se usado com mais frequência os levantamentos LIDAR com base em laser.

O Projeto Básico precisa ter os levantamentos de quantidades de materiais e serviços bem definidos para que se possa fazer o adequado orçamento e planejamento da obra. Os órgãos de governo normalmente licitam obras com o Projeto Básico.

O manual do DNIT, chamado *Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Escopos Básicos e Instruções de Serviços*, possui os seguintes Escopos Básicos para a elaboração de um Projeto Básico:

- EB-102: Projeto Básico de Engenharia para Construção de Rodovias Rurais
- EB-109: Projeto Básico para Duplicação de Rodovia

Além das normativas do DNIT para desenvolvimento de Projetos de Rodovias, boa parte dos DER de vários estados do país também seguem as normativas do DNIT, tendo alguns que possuem normativas próprias ou complementares (como o DER de São Paulo).

A Figura 4.7 mostra um fluxograma simplificado da sequência de atividades para a elaboração de um projeto básico.

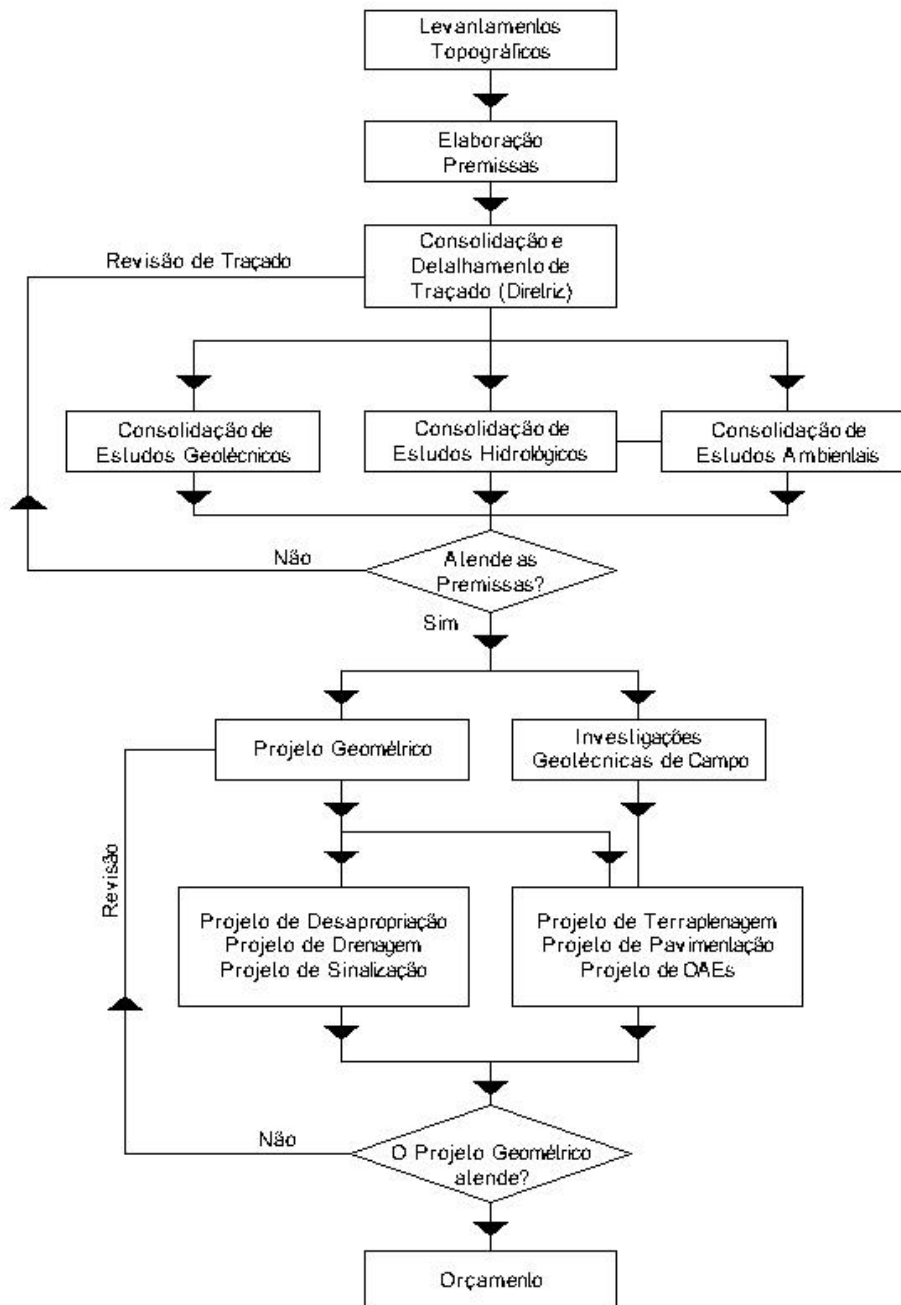


Figura 4.7: Fluxograma simplificado das etapas de desenvolvimento de um Projeto Básico

Observação: Para se definir o preço de muitas obras de infraestrutura (estradas inclusive), é necessário muito investimento em estudos geológicos-geotécnicos (sondagens, mapas geológicos), serviços de levantamentos topográficos, Estudos Ambientais detalhados, Estudos Hidrológicos e de risco hidrológicos detalhados etc. Esses trabalhos normalmente demandam muito tempo e implica muitas vezes em duplicar ou triplicar o custo de elaboração de Projeto Básico (o que ainda representa muito pouco em relação ao custo da Obra).

4.3 PROJETO EXECUTIVO

O Projeto Executivo já tem a finalidade de fornecer elementos para a construção/implantação do empreendimento. Ele precisa ter elementos que forneçam ao construtor todas as informações para a implantação e construção do empreendimento.

Normalmente segue as mesmas etapas do Projeto Básico, porém, o nível de detalhe dos projetos é muito maior (pois, além de fornecer quantidades para o orçamento, também é necessário fornecer informações para o empreiteiro poder locar e construir a obra). Algumas soluções de Projeto Básico provavelmente precisarão passar por ajustes na Etapa do Projeto Executivo para tornar essas soluções viáveis para a construção.

A Figura 4.8 mostra de forma simplificada o fluxograma de um Projeto Executivo, tomando-se como base que já exista um Projeto Básico elaborado com levantamentos topográficos e investigações geotécnicas. Quando um Projeto Básico é elaborado com Restituição Fotogramétrica ou sistemas LIDAR, na etapa de Projeto Executivo será necessário refazer a topografia por levantamento de campo convencional. Em alguns casos, a Restituição Fotogramétrica e o LIDAR chegam a alcançar a precisão de levantamento topográfico para o Projeto Executivo (dependendo das condições e características de vegetação).

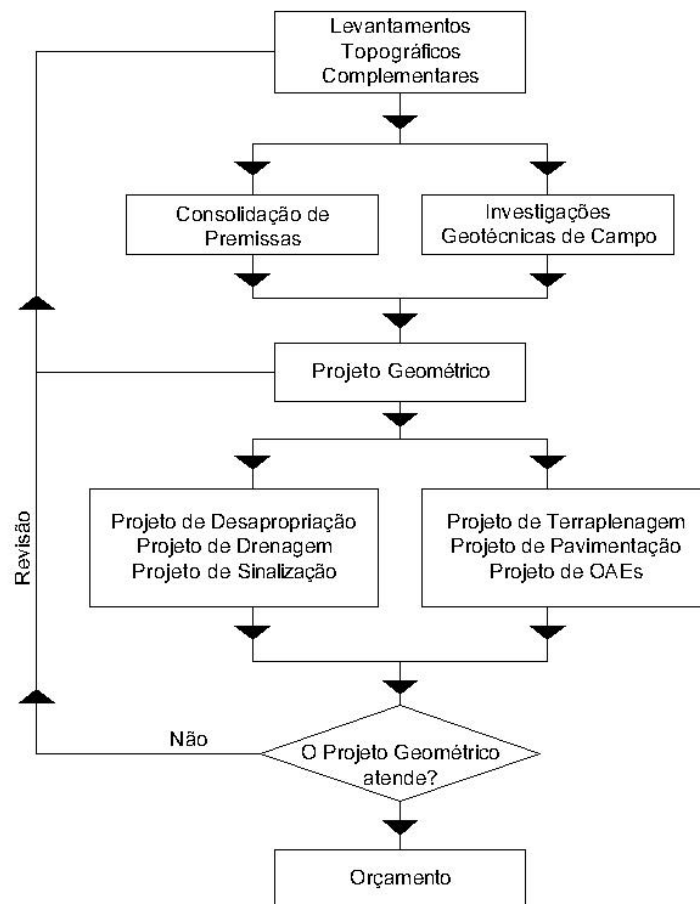


Figura 4.8: Fluxograma para Projeto Executivo

Nas Etapas de Projeto Executivo, como nas de Projeto Básico, o Projeto Geométrico poderá sofrer várias revisões/modificações por necessidades de outras disciplinas de projetos (ou até mesmo por questões que não são de ordem técnica, como a desapropriação de determinadas áreas).

O manual do DNIT, chamado *Diretrizes Básicas para Elaboração de Estudos e Projetos Rodoviários – Escopos Básicos e Instruções de Serviços*, possui os seguintes Escopos Básicos para a elaboração de um Projeto Básico:

- EB-103: Projeto Executivo de Engenharia para Construção de Rodovias Rurais
- EB-110: Projeto Executivo de Engenharia para Duplicação de Rodovias

Existem casos nos quais o governo licita a obra com o Projeto Executivo e o construtor já recebe o Projeto Executivo. Quanto a Obra é licitada com o Projeto Básico, o construtor (ou o governo) desenvolvem o Projeto Executivo junto com a Obra. Existem casos em que o construtor ou o cliente contratam serviços de ATO (Assistência Técnica de Obras), nos quais são contratados profissionais de projetos para trabalhar dentro da obra fazendo adequações do projeto executivo ou até desenvolvendo o projeto executivo.

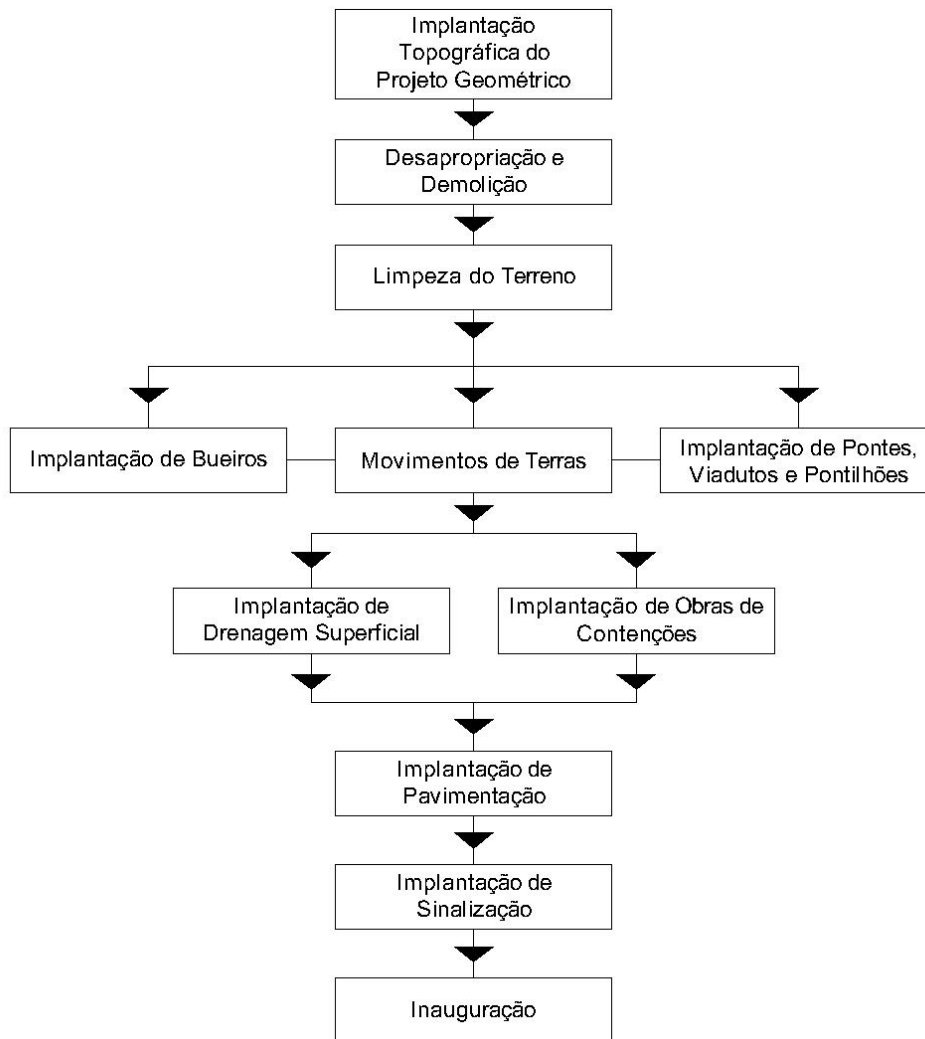


Figura 4.9: Fluxograma Simplificado da Obra

O Fluxograma de Obra apresentado na Figura 4.9 é para uma obra rodoviária de uma frente. As obras rodoviárias de grandes extensões normalmente trabalham com várias frentes de obra em que cada frente possui um cronograma de serviços diferenciados (de forma a deslocar uma equipe que finalizou uma atividade de uma frente para iniciar o mesmo tipo de trabalho em outra frente).

4.4 ASSISTÊNCIA TÉCNICA DE OBRAS (ATO)

A Assistência Técnica de Obras consiste da formação de uma equipe de projeto dentro da obra, com alguma das seguintes atribuições:

- Ajustar soluções de Projeto Básico/Executivo, de forma a otimizar soluções ou adequar a necessidade da obra
- Fornecer soluções de projeto para situações não previstas em projeto
- Dar assessoria técnica à obra junto aos órgãos de fiscalização e legalização
- Gerar informações complementares para a construção

Teoricamente, com o Projeto Executivo, a construtora responsável pela obra não precisaria manter uma equipe de ATO na obra, bastaria seguir o projeto. No caso específico do Brasil, onde os projetos são elaborados com prazos curtos e muitas vezes com pouca informação de ensaios geotécnicos, a construtora acaba por muitas vezes esbarrando com problemas durante a obra para executar a solução de projeto e acaba tendo que contratar projetos para adequar soluções de projeto a nova realidade.

Alguns casos nos quais o projeto precisará ser mudado durante a obra:

Estrada em relevo montanhoso: nesses tipos de casos, o traçado da estrada precisa ser constantemente ajustado para as condições do relevo e esses tipos de relevo sofrem constantes mudanças por conta de chuvas. Uma mudança pequena no eixo de projeto pode significar eliminar ou acrescentar muros de contenção, aumento considerável nos volumes de aterro e escavação ou até inviabilizar determinados movimentos de terra.

Encontro de sítios arqueológicos ou minerais de valor econômico: pode ocorrer, durante a execução da obra, a descoberta de sítios de valor arqueológico ou até a descoberta de minerais de valor econômico. Nos casos de sítios arqueológicos, deve-se paralisar a obra nesse trecho e chamar um arqueólogo para catalogar os achados antes de voltar a obra. Em muitos desses casos, acaba sendo melhor economicamente desviar o traçado do que esperar os trabalhos de arqueologia.

Problemas com proprietários e benfeitorias: algumas propriedades agropecuárias podem ocorrer do traçado; na época da construção, atravessar uma zona com um sistema complexo de irrigação ou cultivos de alto valor agregado a ponto de o custo de indenização com a desapropriação desses tipos de terreno/benfeitorias sair mais caro que desviar o traçado dessas áreas. Os trâmites jurídicos de desapropriação são relativamente lentos e, se houver discordância por parte dos proprietários, pode atrasar o andamento das obras. Em muitos casos, é comum o contratante solicitar que o traçado passe por propriedade que tenha poucos donos para desapropriar, ainda que construtivamente saia mais caro (pois será melhor e mais rápido negociar desapropriação com poucos proprietários, ainda que a obra saia mais cara).

Interferência com outros projetos em andamento: pode ocorrer de casos nos quais o traçado da estrada passe por uma área onde também está sendo projetada uma adutora ou até outra estrada. Nesse caso, também pode ser necessário ajustar o projeto que antes não previa essa interferência.

Adequação do Projeto aos equipamentos usados na obra: determinados tipos de equipamentos usados na construção de estradas podem exigir ajustes nos projetos de estradas como, por exemplo, escavadoras que permitem a construção de banquetas a cada 10 m (o padrão é 8m), adoção de sarjetas maiores para se adequar a equipamentos de pré-moldado, adequação de vãos de pontes para permitir a padronização de fabricação de vigas, entre outros.

Interferência de fatores macroeconômicos: é pouco comum mas pode ocorrer casos nos quais, por exemplo, o preço de alguns produtos e serviços da construção civil sobe muito, como o concreto, o petróleo, ou até a alta do dólar que acaba influenciando indiretamente. Pode ocorrer casos nos quais o preço do concreto subiu muito a ponto de ser economicamente mais viável mudar o traçado para se gastar menos concreto. No caso do aumento de preço de petróleo, pode-se recorrer a mudanças de projeto para minimizar distâncias de transporte da obra. Quando o dólar sobe, pode ocorrer de ser financeiramente melhor para a construtora optar por executar a obra com equipamentos nacionais ou executar a obra com menos maquinário e mais mão de obra humana.

Observação: em alguns países é comum o governo solicitar que a obra seja executada usando o máximo possível de equipamentos e mão de obra do país em vez de trazer de fora, ainda que seja mais barato. Esses tipos de obras (como a construção civil em geral) geram muito emprego para população com qualificação educacional relativamente baixa e muitos países as usam para produzir avanços sociais nas localidades afetadas pela obra (como a geração de emprego e renda para os moradores locais), ainda que o custo final da obra saia mais caro.

As construtoras que contratam serviços de ATO conseguem ter uma melhor eficiência nos processos de construção e menos desperdício de recursos, horas trabalhadas e horas de equipamentos ociosos. Em alguns casos, conseguem reduzir custos de construção da obra mas, normalmente, nos contratos de obra por preço unitário, isso acaba não interessando muito para eles.

4.5 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS ETAPAS DE PROJETOS

Existe uma discussão entre os órgãos de governo, Ministério Público, Tribunal de Contas entre outros órgãos do governo em licitar a Obra somente com Projeto Executivo, ou com Projeto Básico ou até com Anteprojeto. Dentro do que observo no cenário político atual, chego às seguintes conclusões:

Licitar Obra com Projeto Executivo: teoricamente dá uma garantia melhor para o cliente (no caso o governo) sobre o custo final da obra. No entanto, o tempo despendido para a elaboração de um Projeto Executivo altamente detalhado ainda é muito grande, por mais que os recursos computacionais tenham evoluído muito. Licitar a obra nessas condições faz com que se perca cerca de 1 a 2 anos no início da Obra. Isso, para algumas obras (hidrelétricas, por exemplo), é um desperdício de dinheiro extremamente alto (pois 2 anos de hidrelétrica funcionando podem representar um lucro maior que o custo da obra).

Licitar a Obra com Projeto Básico: neste caso, o projeto executivo precisaria ser desenvolvido junto com a obra. No caso, uma equipe de ATO seria recomendável. Teoricamente, o custo da Obra com o Projeto Básico não seria tão preciso e a obra pode precisar sofrer reajustes de custo e necessitar verbas além das previstas (isso ocorre muito no Brasil).

PLANEJAMENTO E CONTROLE DO PROJETO

5.1 CONSIDERAÇÕES BÁSICAS

Antes de se iniciar os trabalhos de desenvolvimento do projeto propriamente dito, é necessário fazer um planejamento para definir os recursos necessários para a elaboração do projeto, os meios de controlar o andamento/avanço das atividades envolvidas e os custos, e definir a programação de entrega e medição de documentos.

O que deve ser definido no Planejamento:

- Definição de Atividades a serem desenvolvidas e suas interdependências (se uma atividade dependerá de outras para ser desenvolvida)
- Definição de Documentos a serem produzidos
- Estabelecimento de Prazos para entrega dos documentos produzidos
- Definição de Profissionais e Recursos para as Atividades desenvolvidas
- Cálculo de Custos das Atividades envolvidas e dos Documentos a serem produzidos
- Controle de Avanço ou andamento das Atividades
- Programação de Medições mensais e faturamentos

Normalmente, os clientes que contratam os projetos já impõem um prazo para elaboração e caberá ao Gerente de Projetos definir a quantidade de pessoal que teriam que trabalhar no projeto e calcular o custo para o desenvolvimento do Projeto para a empresa e o preço a ser cobrado para o cliente.

Nos itens subsequentes, exemplifico de forma bem simplificada os métodos e processos envolvidos no planejamento e controle de um projeto de estradas para que o leitor possa ter uma ideia melhor da organização sistemática deste processo.

5.2 PLANEJAMENTO DE ATIVIDADES E CUSTOS

Para exemplificar de forma muito simplificada, foi tomado o Projeto Básico de uma Estrada com as seguintes características:

- Classe I-B com velocidade diretriz de 80 km/h
- Pista Simples com acostamento
- Extensão de 30 km (sem Interseção)
- Número de Pontes: 3
- Número de Muros de Contenção: 3

Para estimar os custos das atividades, suporemos também que o salário médio das pessoas envolvidas no projeto sejam os apresentados na Tabela 5.1 e que os custos simplificados dos serviços de campo e laboratório (topografia e investigações geotécnicas) sejam os constantes da Tabela 5.2.

Os custos envolvidos são todos fictícios, porém com a ordem de grandeza próxima da realidade do Brasil para o ano de 2016.

Tabela 5.1: Estimativa de Custo de Profissionais

Profissional	Salário Mensal	Custo Diário
Gerente de Projetos (Engenheiro)	R\$ 15.000,00	R\$ 1.200,00
Engenheiro	R\$ 10.000,00	R\$ 700,00
Projetista	R\$ 8.000,00	R\$ 600,00
Desenhista	R\$ 4.000,00	R\$ 300,00

Normalmente, os profissionais envolvidos no projeto possuem níveis de classificação, como a experiência e suas respectivas atribuições junto aos conselhos de classe, e, em função disso, também possuíam cargos e salários diferenciados nas suas respectivas empresas. Os níveis de experiência mais usuais são:

- Junior: até 5 anos de experiência
- Pleno: pelo menos 5 anos de experiência
- Sênior: pelo menos 10 anos de experiência

Porém as empresas não adotam esse modelo de classificação por experiência necessariamente, pois profissionais possuem níveis de conhecimento e amadurecimento muito diferenciados.

Além dos custos de profissionais, também devem ser incluídos os custos administrativos de manutenção de espaço físico, profissionais de apoio e sistemas de redes, por exemplo, além dos custos de computador e softwares para esses profissionais trabalharem (que, no caso dos projetos de estradas, podem variar de R\$ 10.000,00 a R\$ 30.000,00 por profissional).

Tabela 5.2: Custo Hipotético dos Serviços de Campo

Atividade	Unid	Custo Unitário	Quant.	Custo do Serviço
Levantamento Topográfico com Desenho	m²	R\$ 0,30	1.800.000	R\$ 540.000
Investigações Geotécnicas				
Execução de Furos de Sondagem	Unid	R\$ 4.000	60	R\$ 240.000
Ensaio de Material de Terraplenagem	Unid	R\$ 2.000	100	R\$ 200.000
Ensaio de Material de Pavimentação	Unid	R\$ 3.000	50	R\$ 150.000

Os custos de serviços de campo também são fictícios e suas ordens de grandezas podem variar significativamente de acordo com as características do relevo e dificuldades de acesso, entre outros.

Os custos envolvidos nos serviços de campo normalmente incluem: aluguel de veículos, hospedagem em hotéis ou pousadas, alimentação, transporte de equipamentos e são muito suscetíveis às condições climáticas (muitos desses serviços são recomendáveis executar nos períodos de pouca chuva).

Com base na Tabela 5.1 e na Tabela 5.2, elaborou-se a Tabela 5.3, a qual mostra as atividades que seriam desenvolvidas, em nível macro, para a elaboração do Projeto Básico em questão, a quantidade de profissionais necessárias, o tempo estimado para o desenvolvimento dos Projetos e o custo para o desenvolvimento de cada atividade.