# INFLUÊNCIA DO MÉTODO CONSTRUTIVO DE TÚNEIS CONVENCIONAIS EM SEUS ASPECTOS CONTRATUAIS

**Ana Carolina Gonzaga Pires** – carolina.gonzaga20@gmail.com
Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia
Campus Universitário Darcy Ribeiro,
70910-900 – Brasília – DF

**Giovanna Monique Alelvan** – giovannaalelvan@hotmail.com
Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia

**André Pacheco de Assis** – aassis@unb.br
Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia

**Resumo:** *Este artigo irá abordar a metodologia de túneis convencionais e aspectos contratuais para este tipo de projeto. O método de construção de túneis convencionais é baseado em escavação sequencial no solo ou rochas que permitem acomodação natural da massa devido à aliviar controlada das tensões atuantes . O método é totalmente condicionada pelas condições de massa, por isso são possíveis adaptações nas fases de construção . Assim, todo o trabalho deve ser apoiada por contratos aspectos que permitem que esta mudança de flexibilidade , se necessário. No caso dos túneis convencionais, o método de construção requer condições contratuais que permitem e otimizar suas diretrizes.*

***Palavras chaves:*** *Tuneis convencionais, NATM, TBM, Aspectos contratuais.*

# INFLUÊNCIA DO MÉTODO CONSTRUTIVO DE TÚNEIS CONVENCIONAIS EM SEUS ASPECTOS CONTRATUAIS

**Ana Carolina Gonzaga Pires** – carolina.gonzaga20@gmail.com
Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia
Campus Universitário Darcy Ribeiro,
70910-900 – Brasília – DF

**Giovanna Monique Alelvan** – giovannaalelvan@hotmail.com
Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia

**André Pacheco de Assis** – aassis@unb.br
Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia

**Resumo:** *Este artigo irá abordar a metodologia de túneis convencionais e aspectos contratuais para este tipo de projeto. O método de construção de túneis convencionais é baseado em escavação sequencial no solo ou rochas que permitem acomodação natural da massa devido à aliviar controlada das tensões atuantes . O método é totalmente condicionada pelas condições de massa, por isso são possíveis adaptações nas fases de construção . Assim, todo o trabalho deve ser apoiada por contratos aspectos que permitem que esta mudança de flexibilidade , se necessário. No caso dos túneis convencionais, o método de construção requer condições contratuais que permitem e otimizar suas diretrizes.*

***Palavras chaves:*** *Tuneis convencionais, NATM, TBM, Aspectos contratuais.*

**Abstract:** *This article will address the methodology of conventional tunnels and contractual aspects for this type of project. The construction method of conventional tunnels is based on sequential excavation in soil or rocks that allow natural accommodation of mass due to the controlled relieve the stresses acting. The method is fully conditioned by the conditions of massive, so are possible adaptations during the construction phases. Thus, any work must be supported by aspects contracts that allow this change of flexibility as necessary. In the case of conventional tunnels, the construction method requires contractual conditions that enable and optimize its guidelines.*

***Keywords:*** *Conventional tunnels, NATM, TBM, Contractual aspects.*

## 1. INTRODUÇÃO

Os túneis são construções das mais antigas realizadas pelo homem, com registro de existência desde a antiguidade de gregos e romanos. Os túneis são passagens subterrâneas realizadas em formações rochosas ou em solos, com o objetivo de interligar áreas urbanas, permitir o escoamento de água e outros fluidos, etc. (VIEIRA, 2003).

Os túneis possibilitam o acesso de pessoas, veículos ou cargas entre duas seções, seja por meio rodoviário e/ou ferroviário. Além disso, pode-se mencionar os túneis subaquáticos, utilizados no escoamento de água e outros fluidos (líquidos ou gasosos).

Os túneis, assim como outras obras subterrâneas, estão se tornando muito competitivos com relação à execução de obras superficiais, devido principalmente ao alto custo de desapropriação em áreas urbanas e a grande interferência ao tráfego de veículos.

Os métodos de execução de túneis vêm sendo aprimorados ao longo dos anos, decorrendo desde o uso da dinamite até o grande avanço tecnológico de equipamentos de escavação. Os métodos comumente mais utilizados em escavações subterrâneas são NATM (*New Austrian Tunnelling Method*) e o TBM (*Tunnel Boring Machine*), embora a escolha do tipo de escavação depende das propriedades do maciço. Desta forma, é de suma importância o estudo geológico-geotécnico, investigação de campo e laboratório, somados à análise de deformação do túnel.

*Tunnel Boring Machine* são autoperfuratrizes de pequenos (microtúneis) e grandes diâmetros que escavam todos os tipos de litologia (rochas e solos), além de poder realizar investigações preliminares do maciço a ser escavado.

O método de escavação NATM, também conhecido como método de escavação sequencial, utiliza furos de perfuração e equipamentos de escavação, tais como escavadeiras convencionais, escavadeiras com martelo hidráulico acoplado ou ainda por desgaste com fresas.

O Brasil tem investido em obras de túneis, principalmente no que diz respeito a implantação de linhas de metrôs subterrâneas em áreas densamente ocupadas, com o intuito de viabilizar o acesso da população às áreas mais afastadas da região central. Com isso, otimiza-se o sistema de transporte público na integração do sistema metroviária com outras modalidades. Além disso, esta alternativa proporciona menor impacto à superfície, menor volume de desapropriações e reduzidas interrupções do tráfego ou incômodos na superfície.

Indica-se que a engenharia moderna de túneis no Brasil é recente, iniciada nas décadas de 1950 e 1960 com as obras dos metrôs de São Paulo e Rio de Janeiro. Porém, o NATM só foi implantado na construção da Ferrovia do Aço entre Belo Horizonte e Rio de Janeiro, e também na Rodovia dos Imigrantes, entre São Paulo e Santos na década de 1970 (ROCHA, 2012).

O NATM continuou sendo aplicado em túneis em solo e estações durante as décadas de 1980 e 1990 no metrô paulistano. Um dos marcos desse método foi na Estação Alto do Ipiranga da Linha 2, o qual fora um recorde de escavação com 302m², com baixos recalques e mínimas interferências na superfície (ROCHA, 2012).

Uma das obras atuais que está utilizando o NATM é a construção da Linha 4 do Metrô do Rio de Janeiro, no túnel entre a Gávea e a Barra da Tijuca e a estação São Conrado. A obra é do Governo do Estado do Rio de Janeiro e está sendo executada por um consórcio de empresas.

Há ainda no Brasil, um projeto sobre o primeiro túnel submarino no país, o qual ligará as cidades de Santos e Guarujá, contando com uma linha de 1,7 quilômetros e situado numa profundidade de 21 metros. O projeto é financiado pelo Tesouro do Estado de São Paulo e pelo Banco Nacional do Desenvolvimento – BNDES.

Nota-se, portanto, que no Brasil a maioria das obras subterrâneas são licitações feitas por estatais para que a construção seja feita pela iniciativa privada. E a maior parte dos contratos são do tipo preço unitário, como no caso do túnel submerso.

Tendo em vista a forma de licitação das obras atuais, aliado ao fato de que o método moderno de construção de túneis é algo recente no Brasil, é notória a necessidade de estudos sobre condições contratuais, as quais são diretamente afetadas pelos aspectos construtivos.

Dessa forma, este artigo irá abordar apenas o método construtivo NATM, descrevendo-o e tratando de aspectos contratuais para esse tipo de empreendimento, baseado nas recomendações da *Internacional Tunnelling and Underground Space Association* (ITA).

## 2. TÚNEL CONVENCIONAL

O *New Austrian Tunnelling Method* que foi desenvolvido por Ladislau Rabcewicz teve evolução significativa na Europa entre o final da década de 1950 e a primeira metade da década seguinte, vindo a ser difundido no Brasil em 1970, com a construção da ferrovia que interliga Belo Horizonte ao Rio de Janeiro e a rodovia dos Imigrantes entre São Paulo e Santos. Além dessas obras,

mais recentemente este método foi empregado parcialmente no metrô de Brasília e na Linha 4 do metrô de São Paulo.

O NATM consiste em um método de escavação sequencial em solo ou rocha que permite uma acomodação natural do maciço devido ao alivio controlado das tensões atuantes, a qual resulta numa redistribuição das tensões e provoca deformações do solo. Desta forma, logo após a escavação realiza-se a instalação do sistema de suporte com concreto projetado associado às cambotas metálicas, chumbadores, fibras no concreto, etc.

Este método baseia-se na capacidade autoportante do maciço circundante à ação de abertura. Dessa forma é possível determinar a velocidade de avanço da frente de escavação e de instalação do suporte, através dos dados de convergência obtidos pela instrumentação.

O método de túneis convencionais apresenta como vantagens a adaptabilidade da seção escavada que pode ser modificada em qualquer ponto, de acordo com as necessidades geométricas e de parcialização da escavação.

A rigor, nos túneis convencionais não se emprega equipamentos especiais, porém eles devem ser apropriados ao tipo de maciço a ser escavado. Basicamente, emprega-se a escavação à fogo (em rochas) e a escavação sequencial mecanizada (para solos e rochas).

No Brasil esta técnica foi difundida na primeira na década de 1970, com a construção da ferrovia que interliga Belo Horizonte ao Rio de Janeiro e a rodovia dos Imigrantes entre São Paulo e Santos, mostrada na Figura 1.

Além dessas obras, mais recentemente este método foi empregado parcialmente no metrô de Brasília e na Linha 4 do metro de São Paulo.

Figura 1. Túnel Rodovia Imigrantes.

Fonte: ESTE 2015.

## 2.1. Métodos Construtivos

O método de escavação sequencial é condicionado pelo tipo de maciço existente (rocha ou solo) e do seu comportamento, de modo que para cada situação há o emprego de diferentes equipamentos de escavação.

No caso de túneis em solo, sua execução se dá através de escavadeiras convencionais, escavadeiras com martelo hidráulico acoplado ou ainda por desgaste com fresas. A escolha por uma destas opções é dependente das características do solo.

A escavação sequencial em maciço rochoso caracteriza-se pelo uso de explosivos para permitir o avanço. As seguintes etapas são realizadas em campo:

- Perfuração da frente de escavação;

- Carregamento dos furos com explosivos;
- Detonação dos explosivos;
- Ventilação e remoção dos detritos e da poeira;
- Remoção da água de infiltração, se necessário;
- Colocação do suporte primário, se necessário.

O uso de explosivos requer cuidados adicionais referentes à segurança do trabalho e avaliação detalhada do impacto da detonação em edificações vizinhas. Outro aspecto importante, é evitar que a detonação do maciço gere regiões de *underbreak* na seção transversal, de modo que as medidas corretivas são geralmente mais onerosas comparadas às condições de *overbreak*. Por isso, é indispensável que se disponha de projeto (plano de fogo), realizado por um profissional especializado e credenciado.

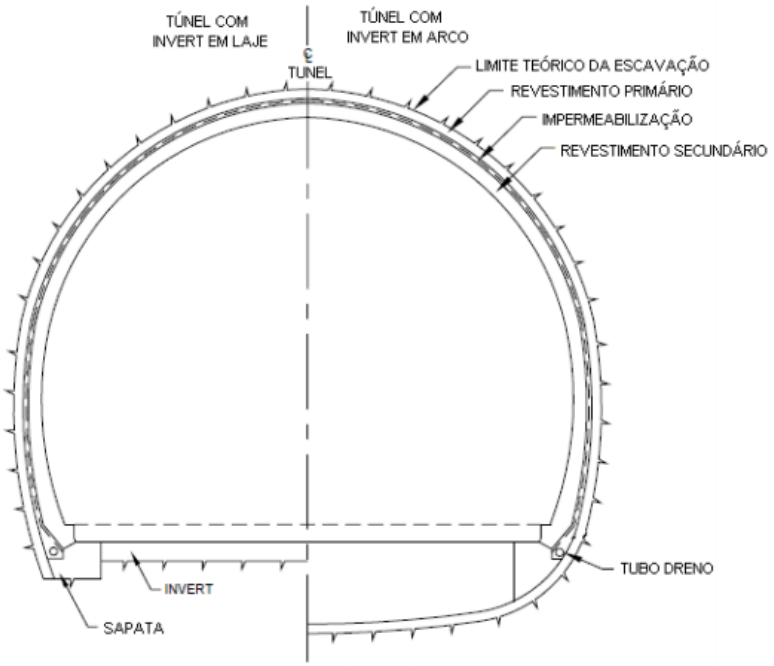
Entretanto, ambos os métodos de escavação podem ser utilizados no mesmo projeto para casos onde existam grandes variações das condições geológicas, desde que na escolha, os métodos estejam prescritos e justificados formalmente em projeto e em contrato.

## 2.2. Geometria e sequência de escavação

A geometria da seção transversal do túnel deve atender ao gabarito de livre passagem mais o adicional relativo à tolerância de construção, definidos de acordo com finalidade da obra, ou seja, túneis para ferrovias, metrô, rodovias, rotas de fugas, acesso, etc.

Comumente, os formatos mais utilizados em túneis são o circular, elíptico ou abóbada com *invert*, conforme ilustra a Figura 2, pois geometrias propiciam a redistribuição de tensões no maciço e a garantia das condições adequadas de interação entre o maciço e o revestimento durante todas as etapas de execução do túnel (ZANELATO, 2003).

Figura 2. Geometria de uma seção de túnel.




Fonte: Travagin ( 2012) apud Nacional (2009).

O condicionante geométrico tem sido muitas vezes um critério de definição na escolha do método executivo a ser utilizado, pois este permite a parcialização da frente criando uma sequência

ordenada de etapas de escavação. O avanço e a parcialização adequada da face de escavação em tuneis convencionais depende de fatores tais como comportamento do maciço, deformidade do material, disponibilidade de equipamentos, prazo para execução da obra e custos.

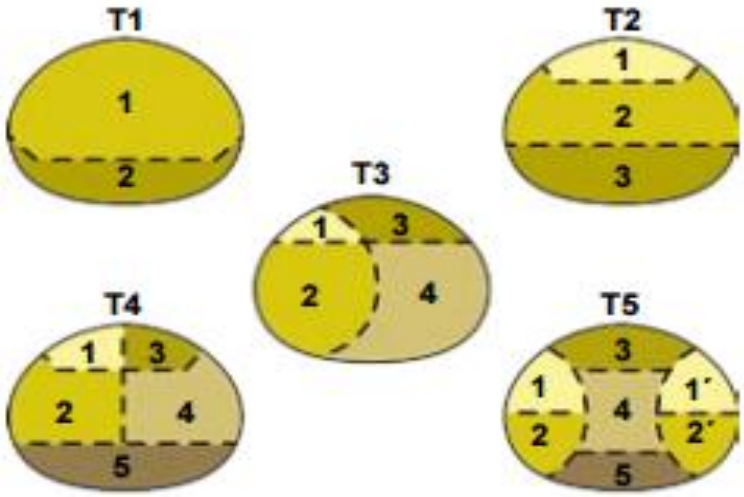
A depender das características geométricas do túnel e das condições geológicas do solo a ser escavado, algumas configurações de escavação típicas podem ser adotadas, são elas: escavação em face plena ou escavação parcial.

A escavação completa da face é recomendada no caso de seção transversal pequena e em boas condições do maciço ao longo do trecho de escavação. No entanto, a estabilidade face deve sempre ser considerada, de modo que o sistema de suporte da face torna-se necessário.

As escavações parciais, por sua vez, são comumente utilizadas para grandes seções transversais em solos e condições de solo desfavoráveis. Estas permitem a combinação dos diferentes métodos de escavação na mesma seção transversal.

A parcialização da escavação apresenta vantagens, pois, quanto maior o número de etapas, menor a área unitária de escavação, e quanto maior o tempo de auto suporte da face escavada, menores os recalques. A Figura 3 mostra diversos tipos de parcialização.

Figura 3. Tipos de parcialização da face de escavação




Fonte: Solotrat, 2015.

## 2.3. Suportes

O suporte de túneis tem como objetivo principal a estabilização da abertura de escavação até o período de execução do revestimento final. Conforme diretrizes do NATM deve-se evitar deformações excessivas da face, as quais fazem com que o maciço perca sua capacidade de auto sustentação e exerça esforços sobre a estrutura.

Em decorrência disso, há necessidade de se conhecer os deslocamentos e as deformações do maciço, para determinar o sistema de suporte primário. Isto é feito a partir de observações

instrumentadas, nas quais se avaliam a convergência da seção escavada, os recalques na superfície e os níveis piezométricos nas proximidades (TRAVAGIN, 2012).

Análises podem ser feitas também através da curva de reação do maciço e da curva de confinamento do suporte adotado, as quais relacionam tensão e convergência.

Além disso, a cada frente de escavação do trecho realiza-se uma análise estrutural e a avaliação das condições reais de maciço, pois a seleção dos elementos de suporte deve considerar o início do efeito de face e a pressão de suporte de cada elemento.

Em geral, o sistema de suporte é constituído de concreto projetado associado a cambotas metálicas, e ancoragem do tipo tirante ou chumbadores. No método NATM pode-se ainda adotar reforços em trechos de solos não competentes, tais como enfilagens tubulares, injeção química, agulhamento, congelamento do maciço e enfilagens por microtuneis (ASSIS, 2015).

A aplicação imediata do revestimento de concreto projetado impede a acomodação e a formação de vazios na interface da estrutura com o maciço, garantindo sua qualidade. Além disso, o concreto projetado deve gerar a resistência inicial rápida. O revestimento pode ser armado com tela metálica, para que esta possa suportar as tensões de tração, flexão e cisalhamento.

A cambota metálica tem a função de propiciar um suporte imediato, devendo resistir aos esforços de flexão. A colocação sistemática da ancoragem permite a mobilização da capacidade portante do maciço, impondo que as tensões confinantes ao redor da abertura se mantenham em níveis compatíveis, limitando as deformações (ZANELATO, 2003).

A instalação do suporte, além de ser uma questão de estabilização da abertura, deve garantir a segurança no trabalho principalmente na fase de escavação.

## 3. PRINCIPAIS TIPOS DE CONTRATOS EM OBRAS SUBTERRÂNEAS

As obras subterrâneas se diferem das demais, uma vez que as condições geológicas e geotécnicas são fatores determinantes para escolha do meio e do método construtivo, diferentemente das obras civis. Sendo assim, os contratos desse tipo de empreendimento têm que ser elaborados de forma especial.

Existem duas formas de contrato comuns em obras de túneis: o contrato do tipo Preço Global (PG) e do tipo Preço Unitário (PU). Em ambos, o projeto básico é obrigação do proprietário da obra, bem como a documentação comprovando as necessidades requeridas do empreendimento e as condições do maciço.

No contrato do tipo Preço Global, também conhecido internacionalmente como *Design-Build* (DB), é estabelecido pela empresa contratante um preço global fixo, já que é ela própria que elabora o projeto executivo. Essa elaboração pode ser feita por um projetista da empresa ou uma subcontratada por ela.

A outra forma contratual, também chamada de *Design-Bid-Build* (DBB), difere-se da anterior, já que nessa modalidade o projeto executivo é realizado pelo proprietário da obra, e o pagamento para a empresa contratada é totalmente guiado pelos preços unitários estabelecidos na proposta de licitação (TÉCHNE, 2015).

Em geral, são duas as principais distinções entre o DB e DBB: o detalhamento do projeto básico e a relação do proprietário com projetista e empreiteiro. No tipo Preço Global o projeto básico tem pouco detalhamento e é elaborado apenas com as principais diretrizes técnicas e de desempenho da obra, ao contrário do Preço Unitário que traz alto detalhamento.

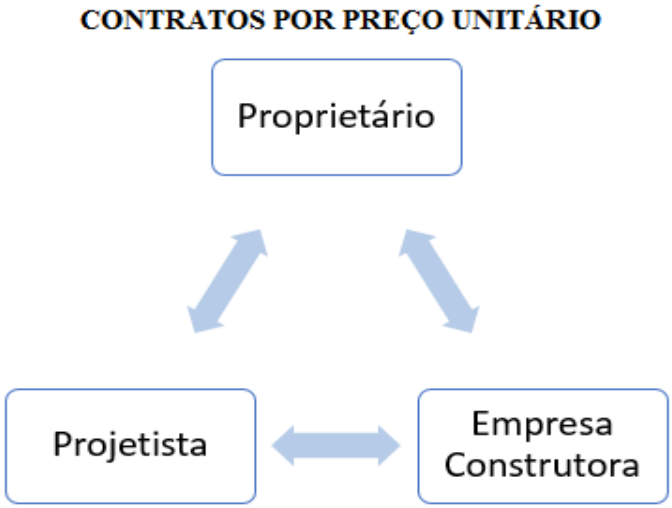
A relação do proprietário também é bastante distinta nas modalidades, sendo que no DBB as três partes são independentes, porém cada uma relaciona com as duas outras. Ao contrário do DB que o proprietário interage apenas com a entidade executora, a qual é composta pela construtora, subcontratadas e projetista.

O *Design-Bid-Build* é, sem dúvida, a modalidade atualmente mais adotada em concorrências de obras civis. Nesse tipo de contrato, o proprietário detém o controle sobre o

engenheiro projetista e a empresa contratante, durante todo o processo executivo. Além de poder prever os custos e benefícios do empreendimento, através do projeto básico e de viabilidade.

As Figuras 4 e 5mostram os esquemas das relações entre as partes em ambos tipos contratuais.

Figura 4. Fluxograma das relações entre as partes nos tipos de contratos por Preço Unitário.




Fonte: ASSIS (2015) adaptado.

Da parte do contratante, no DBB o projeto básico deve estar muito bem detalhado para evitar atrasos na obra e custos adicionais inesperados. Além disso, o proprietário deve indicar ao empreiteiro os métodos e meios construtivos, juntamente com a documentação precisa dos quantitativos de serviços e materiais.

Figura 5. Fluxograma das relações entre as partes nos tipos de contratos por Preço Global.

Fonte: ASSIS (2015) adaptado.

Segundo o Grupo de Trabalho 19 (WG-19) da Associação Internacional de Túneis e Espaço Subterrâneo (ITA), sobre Túneis Convencionais, o DBB é o tipo contratual que mais ressalta a qualidade de flexibilidade do método convencional, já que essa modalidade permite adequações rápidas a possíveis mudanças das condições em campo.

## 4. CONSTRUÇÃO DE CONTRATO EM TÚNEIS POR MÉTODO CONVENCIONAL

Segundo a ITA (2013), o contrato para túneis convencionais deve estar adequado para as situações que esse método pode resultar e exigir. Sendo assim, quanto mais bem definidas as regras contratuais, menores serão as chances de desacordos entre as partes.

De qualquer forma, a Associação recomenda que em caso de desacordo, haja previsto em contrato um método de resolução da disputa. Uma prática comumente adotada são as juntas de conciliação, compostas pelo proprietário, construtor e um consultor neutro, que se reúnem para discutir o motivo do litígio e encontrar uma solução.

Ainda de acordo com a ITA (2013), nos contratos de túneis convencionais é imprescindível a existência de *Differing Site Conditions Clause*. Através dessas cláusulas é permitido o ajuste dos preços contratados, caso o contratante esteja diante de duas situações: condição do maciço diferente das indicadas em contrato, ou, uma condição física totalmente desconhecida, de natureza incomum, diferente de todas outras que já foram encontradas (O'Toole, 20--).

Comprovadas alguma dessas situações, essas cláusulas permitem a adequação do tempo previsto em cronograma do contrato, e também dos custos das tarefas dependentes do tempo.

Adicionado em contrato, as *Differing Site Conditions Clause* geram ao proprietário uma incerteza sobre o custo final do projeto. Em contrapartida, pode-se evitar diversas disputas e processos judiciais, que poderiam levar a um grande atraso e até paralisação da obra. (PRONCHICK, 1990)

De acordo com a experiência de muitos países, o ITA (2013) faz algumas outras recomendações de acordos contratuais em relação a riscos, responsabilidades, pagamentos e tempo da obra.

### 4.1 Identificação e gerenciamento de riscos em túneis

Os ricos em obras subterrâneas estão diretamente associados às condições imprevistas do maciço, assim como a métodos de construção adotados e fatores externos. Considerando a variedade de riscos, torna-se necessário estabelecer em contrato, as responsabilidades do proprietário e do contratante para se evitar conflitos durante as atribuições de riscos e pagamentos.

Segundo a ITA (2013), todos os riscos envolvidos no empreendimento devem ser determinados para alguma das partes ou compartilhado entre elas. Essas alocações são feitas de acordo com o objetivo do projeto e também considerando a parte que melhor irá gerenciar a situação.

Existem medidas padrões adotadas, como as estabelecidas no FIDIC "Red Book" e outras recomendações do ITA, porém na ausência destas, deve haver um consenso entre as partes para esclarecimento no contrato. Em geral, define-se que o maciço é responsabilidade do proprietário, já os métodos executivos e a incapacidade de seguir as diretrizes contratuais são do (KOCHEN, 2009). **NESSE CASO: O PROPRIETÁRIO NÃO É O CONTRATANTE, E O RESPONSÁVEL PELOS MÉTODOS NÃO SERIA O CONTRATADO?**

### 4.2 Distribuição de pagamentos e responsabilidades

O pagamento para túneis convencionais é baseado nas medições de cada item que são detalhados no documento '*bill of quantities'*, composto com o preço unitário. Nesse documento deve conter pelo menos a descrição dos seguintes itens: instalação, atividades que dependem de quantidades

(escavação, medidas de suporte, perfuração, revestimento, etc.) e atividades que dependem do tempo (operação e manutenção de equipamentos, serviços e apoios, etc.).

Itens extras às atividades dependentes da quantidade e do tempo, ou, extrapolações dos valores no '*bill of quantities',* são analisados de acordo com a as definições de responsabilidade e alocação de riscos sobre o serviço ou produto.

Em obras subterrâneas, as responsabilidades sobre as tarefas devem ser claramente determinadas em contrato, para que o contratante e o proprietário saibam previamente suas respectivas obrigações. Porém, os termos pertencentes a um não excluem a participação do outro, uma vez que na maior parte dos quesitos de execução, o interesse é mútuo.

O método de escavação é um exemplo, em que a responsabilidade é dividida igualmente entre o proprietário e o contratante. A princípio, a prioridade é que o empreiteiro escolha o método, pautando-se nas definições do engenheiro projetista e no Relatório Geotécnico Padrão, elaborado pelo proprietário. Mas, com mesmo nível, o dono da obra pode fazer solicitações, e ainda autorizar alternativas adicionais em caso de apenas um método proposto.

As conclusões para definir o método de escavação são pautadas nas investigações geológicas, que geram resultados mostradas nas modelagens e análises estruturais. Dessa forma, para que o método previsto seja eficiente e não haja grandes necessidades de adequação, o proprietário não deve hesitar em empregar um capital suficiente para obter resultados com boa fundamentação.

O proprietário deve ainda definir as classes de escavação e de suportes de acordo com as variações das condições do maciço. A partir disso, definir o comprimento da rodada, a sequência de escavação, quantidade e instalação das estruturas de suporte.

O pagamento relativo a escavação, suporte e construções auxiliares, é de acordo com a medida de material escavado, instalado ou construído. Em especial para escavação, o levantamento é feito a partir dos valores teóricos de volume de material escavado, evitando-se assim ocorrências propositais de "*overbreak*" e ainda, tendo-se a vantagem da rápida interpretação de custos quando há mudanças na seção transversal escavada.

O *overbreak* é um fenômeno com grande possibilidade de ocorrência no método de túneis convencionais, sendo assim, a previsão da responsabilidade sobre o pagamento do consumo excessivo de concreto, deve ser prescrito em contrato. Pode-se haver ainda, um acordo entre as partes para que nessas situações o preço unitário do concreto para enchimento seja reduzido.

Em geral, definem-se duas classes de *overbreak*: o geológico e o técnico. Quando o primeiro caso ocorre, atribui-se a responsabilidade ao proprietário, em contrapartida, para o segundo tratar-se-á de riscos associados ao contratante.

Em relação as peças das estruturas de apoio, tais como buchas, parafusos, telas metálicas, vigas treliçadas, entre outras, devem ser pagas conforme quantidade estabelecidas. Porém, é o proprietário que decide o valor e a localização dessas peças.

Já as atividades dependentes do tempo, devem ter além do seu custo padrão, taxas adicionais que podem ser semanais, diárias ou mensais; para casos de usos extras dos equipamentos, serviços e gestão. O pagamento desses serviços adicionais está diretamente relacionado com o contratante, exceto quando aos riscos pertencem ao proprietário. Entende-se, portanto, que em caso de adiantamento do tempo da obra, o dono tem direito de reaver seu montante economizado.

### 4.3. Tempo previsto

Em contrato é determinado um tempo previsto para construção da obra, o qual se baseia nas condições do maciço e nas taxas de avanços que a empresa contratante propõe. Os valores dessas taxas são calculados a partir do tamanho da rodada previsto, que se relaciona com o tempo de escavação, o qual, por sua vez, depende das condições do solo e do equipamento utilizado.

Já o cálculo do tempo da obra é feito tomando-se como base as etapas construtivas no período mais crítico de toda a obra, ou seja, onde as condições encontradas podem não estar totalmente conhecidas ou, que mesmo definidas, dispõem de maior tempo para suas atividades.

No tempo previsto para contrato, deve-se prever situações de paralisações na obra, as quais são de acordo com as partes interessadas no contrato. Ademais, deve estar claro quanto às possíveis mudanças em quantidades que foram previstas, principalmente nas construções auxiliares (drenagem, reforço do solo, pré-grouting, melhoria do maciço), que são essenciais no estabelecimento do tempo construtivo.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método de túneis convencionais é, portanto, uma prática muito difundida nos empreendimentos de obras subterrâneas. Apesar do advento das tuneladoras, em muitos casos o NATM é a alternativa mais viável, podendo ser a única opção.

Sendo assim, os aspectos contratuais, em relação a pagamentos, obrigações e responsabilidades, bem como aos riscos desse método, devem ser definidos e claros para as partes contratantes. Por fim, conforme recomenda o ITA(2013), deve-se priorizar a adoção do tipo de contrato unitário para túneis convencionais, uma vez que é a forma contratual que melhor majora os benefícios do uso desse método.

***Agradecimentos***

Ao Programa de Pós-Graduação em Geotecnia da Universidade de Brasília, bem como ao CNPq pela possibilidade de contribuir no desenvolvimento de pesquisa junto à comunidade acadêmica.

## REFERÊNCIAS

ASSIS, A. P. 2015. ***Notas de aula de obras subterrâneas***. Universidade de Brasília, Brasília, DF.

ESTES, 2015**. Túneis**. Disponível em: <http://www.este.com.br/tuneis.php>. Acesso em: 01 nov 2015.

ITA, 2009. ***General Report on Conventional Tunnelling Method***. Working Group Conventional Tunneling.

ITA, 2013. ***Guidelines on Contractual Aspects of Conventional Tunnelling***. Working Groups Nº 19 Conventional Tunnelling.

KOCHEN, R. 2009. ***Gerenciamento de riscos em obras subterrâneas de engenharia***. *Engenharia/2009 595.* Disponível em: <http://www.brasilengenharia.com/portal/images/stories/revistas/edicao595/Art_construcao_civil.pdf> Acesso em: 4 de outubro de 2015.

NACIONAL HIGHWAY INSTITUTE; U.S. DEPARTAMENT OF TRANSPORTATION FEDERAL HIGHWAY ADMNISTRATION. **Technical manual for design and construction of Road tunnels: civil elements**. Washington, EUA, 2009.

O'TOOLE, D. 20--. ***Difering site conditions – Who bears the risk ? - Troutman Sanders: Attorneys at Law***. Disponível em: < http://www.troutmansanders.com/files/upload/DifferingSiteConditions.pdf > Acesso em: 18 out de 2015.

ROCHA, H. C. 2012. ***Panorama do Mercado Brasileiro de Túneis: Passado, Presente e Futuro***. Anais do 54º Congresso Brasileiro de Concreto CBC – 2012. ISSN: 2175-8182, Maceió- AL.

SOLOTRAT. **Túneis NATM**. Disponivel em :< http://www.solotrat.com.br/ws/manual/pt_ManTunelNATM.pdf>. Acesso: 20 out de 2015.

TRAVAGIN, V. B. 2012. **Subsídios para escolha do método construtivo de túneis**. 215 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

TÉCHNE, 2015. Relatório **Ténico nº 99 642-205-49/384 – Tendências atuais de contratação e gerenciamento de obras subterrâneas**. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/136/imagens/Relatorio_5.1.pdf> Acesso em: 20 de novembro de 2015.

ZANELATO, E. A. 2003. Escavação de túneis - Métodos construtivos. 86 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2003**.**