

Proposta de Metodologia Via Web Para Previsão e Controle de Ancoragens em Solos

Thiago Bomjardim Porto

NUGEO - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil, porto@pucminas.br

Romero Cesar Gomes

NUGEO - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil, romero@em.ufop.br

Bruno Diniz Martini

NUGEO - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, Brasil, brunomartini10@gmail.com

Diogo Araújo de Aguiar

CsA Software Ltda, Belo Horizonte, Brasil, diogoaguilar89@gmail.com

RESUMO: Este artigo apresenta uma metodologia via web para previsão de análise comportamental de ancoragens em obras geotécnicas, tanto em termos de previsão de capacidade de carga de tirantes, quanto em termos de controle ou desempenho de ancoragens reinjetáveis e protendidas em maciços geotécnicos. As ancoragens, como qualquer outra parte de uma estrutura de contenção, devem ser concebidas e executadas para garantir, sob a ação das cargas de trabalho, as condições mínimas de: a) segurança; b) funcionalidade; c) durabilidade. Com o objetivo de minimizar inconformidades relacionadas ao controle tecnológico de obras ancoradas, propõe-se, neste trabalho, a utilização de um aplicativo web, com geração de relatórios instantâneos, minimizando, assim, a possibilidade de erros em campo e até mesmo "maquiagem de relatórios". Velloso (1990) afirma: "só se pode controlar aquilo que se pode verificar e só se pode exigir o que se pode controlar". O software proposto é um aplicativo web que pode ser executado em qualquer plataforma móvel (tablets, celulares) ou computadores e pode ser acessado em qualquer local por meio da rede mundial de computadores. Os aplicativos web têm como finalidade auxiliar o engenheiro nos cálculos, organização dos projetos e geração de relatórios e gráficos, de forma simples e eficiente, minimizando a possibilidade de erros de leitura e otimizando o processo de controle tecnológico das ancoragens reinjetáveis. O modo como são atendidas essas condições irá refletir no desempenho da obra de contenção ancorada. O desempenho da estrutura de contenção (sistema de ancoragem, parede vertical e elementos de fundação) está profundamente ligado ao controle e à garantia da qualidade exigidos pelas equipes de projeto e execução da obra de contenção. Para o desenvolvimento do software CsA Geo foi utilizada a linguagem de programação orientada a objetos C# com o padrão de arquitetura MVC - Model-View-Controller. A criação das telas e da interface gráfica se deu por meio da codificação HTML 5 e o Framework Bootstrap. Para validação do programa foi utilizado a campanha de ensaios apresentados por Porto (2015). Trata-se de ensaios de recebimento, qualificação e básicos realizados nos Estados de São Paulo e Minas Gerais.

PALAVRAS-CHAVE: Ancoragens, Aplicativo Web, Controle de Qualidade.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Aspectos Gerais

As ancoragens, como qualquer outra parte de

uma estrutura de contenção, devem ser concebidas e executadas para garantir, sob a ação das cargas de trabalho, as condições mínimas de:

a) segurança, ou seja, assegurar os coeficientes

de segurança contra a ruptura estrutural e geotécnica da ancoragem fixados pelas normas técnicas em vigor;

b) funcionalidade, atestando deslocamentos compatíveis com o tipo e a finalidade a que se destina a estrutura de contenção;

c) durabilidade, apresentando vida útil conforme finalidade da estrutura de contenção. Para estruturas provisórias, a vida útil é de 2 (dois) anos e para as estruturas permanentes é de no mínimo 50 (cinquenta) anos.

O modo como são atendidas as condições apresentadas anteriormente irá refletir no desempenho da obra de contenção ancorada. O desempenho da estrutura de contenção (sistema de ancoragem, parede vertical e elementos de fundação) está profundamente ligado ao controle e à garantia da qualidade exigidos pelas equipes de projeto e execução da obra de contenção.

1.2 Garantia de Qualidade

Segundo Alonso (2011), define-se garantia da qualidade para serviços de engenharia (projeto e/ou obra) ao conjunto de ações planejadas e sistemáticas necessárias para promover confiança adequada de que os produtos (insumos) e processos (metodologia executiva) satisfarão determinados requisitos de qualidade. Assim, o controle de qualidade do projeto e/ou obra permite avaliar e, conseqüentemente, aprovar ou recusar qualquer serviço (obra) ou produto (projeto) de engenharia. Alonso (2011) relembra que o conceito de qualidade é relativo, uma vez que varia com o tempo, seja função dos custos envolvidos ou consequência da descoberta de novas tecnologias e/ou processos executivos.

Velloso (1990) afirma: “só se pode controlar aquilo que se pode verificar e só se pode exigir o que se pode controlar”. Ainda segundo este autor, do ponto de vista da aplicabilidade, a garantia de qualidade requer alguns pré-requisitos, destacando-se:

- a) a qualidade a ser alcançada deve ser nitidamente delimitada;
- b) os procedimentos de garantia de qualidade devem ser delimitados nitidamente para toda

equipe e integrados no cronograma para planejamento, projeto e execução da obra de contenção;

c) toda documentação gerada pelos procedimentos da garantia de qualidade deve ser devidamente analisada visando uma melhoria contínua do processo produtivo, tanto do projeto, quanto da obra;

d) se o controle de qualidade verificar que a eficiência requerida para o serviço não foi alcançada, o “sistema de qualidade” deve identificar os pontos de ineficiência no processo e eliminá-los através, por exemplo, de uma outra metodologia de trabalho, treinamento, substituição de equipe desqualificada, entre outros.

É oportuno afirmar, no entanto, que o cumprimento dos requisitos apresentados anteriormente para garantia de qualidade não significa necessariamente que o bom desempenho esteja assegurado. Em Geotecnia, trabalha-se com um material que não foi fabricado pelo ser humano (solo e/ou rocha) com características bem específicas, que podem mudar função do grau de confinamento (estado de tensão), grau de saturação, entre outros. Neste sentido, nada substitui a vivência prática de um profissional experiente (projetista e/ou executor). Acoplado a isso, pouco adianta utilizar métodos de cálculos rigorosos ou ensaios de caracterização do maciço geotécnico sofisticados, se as amostras retiradas foram extraídas do maciço sem os devidos cuidados.

1.3 Tripé da Boa Contenção

Uma estrutura de contenção ancorada de boa qualidade é aquela que tem como apoio um tripé harmonioso constituído pelo **projeto**, **execução** da obra de estabilização da encosta e pelo **controle**. No projeto, seleciona-se o(s) tipo(s) de tirante(s) a empregar (monobarra, fio ou cordoalha) em função das características geotécnicas do local, das grandezas das cargas, da responsabilidade da obra, entre outros fatores. Na etapa de projeto são feitos os estudos relacionados à melhor metodologia construtiva da obra de contenção, bem como suas principais etapas. Essas condicionantes são apresentadas através de memoriais descritivos e

especificações técnicas e são imprescindíveis para que a equipe de fiscalização faça um correto controle da obra. É fundamental que o projetista faça o projeto levando em conta as condicionantes locais da obra, como disponibilidade de equipamentos, segurança dos vizinhos, limitações de acesso, prazos, equipe disponível, entre outras. Assim, para que a obra de contenção seja um sucesso, mostra-se essencial, nesta etapa do projeto, um diálogo entre o construtor e o projetista.

Na etapa da execução da obra, a equipe responsável pela execução da estrutura de contenção deverá seguir o método executivo proposto na etapa de projeto. Na interface entre o projeto (previsão) e a execução da obra de contenção, tem-se o controle de qualidade da construção, que irá averiguar as previsões feitas, adaptando a execução às mesmas ou fornecendo subsídios ao projeto para a sua devida readequação, se necessário for.

Ressalta-se, no entanto, que o projeto executivo de contenções atirantadas apresenta-se concluído apenas ao término da obra. Isso ocorre pois a estrutura suporte (maciço geotécnico) não tem 100% do seu perímetro devidamente caracterizado, além de apresentar parâmetros de resistência (coesão e ângulo de atrito) que são normalmente afetados pelo método executivo da obra.

Uma outra característica das ancoragens é que as mesmas ficam contidas no maciço geotécnico. Em função disso, é praticamente impossível inspecioná-las após a finalização da obra. É por esse motivo, bem como outros citados anteriormente, que a qualidade dos serviços desenvolvidos pelas equipes de projeto, execução e controle são fundamentais para o sucesso do empreendimento de contenção. Neste contexto, vale lembrar as ponderações de Velloso (1990): "... só é válido controlar aquilo que se prevê. Controle sem previsão não tem sentido". Infelizmente, muitos profissionais confundem controle de obra de contenção com registro de eventos de obra de contenção. Registrar em boletim de campo se a cota de implantação da contenção está de acordo com o projeto, se choveu no dia, ou se o equipamento de protensão danificou, são meros registros de eventos da obra. O controle mostra-se mais

amplo. Trata-se de um acompanhamento passo a passo do que foi previsto na etapa de projeto. A finalidade elementar do controle é diagnosticar, o quanto antes, eventos que permitam concluir se a execução atende ou não às previsões de projeto. E, na falta de atendimento, auxiliar no ajuste do processo executivo.

1.4 Etapas do Controle Durante a Execução

Resumidamente, o controle durante a execução de uma estrutura de contenção atirantada deve ser exercido função de três variáveis, conforme Figura 1.

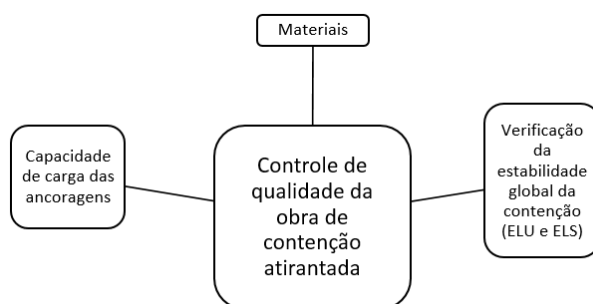


Figura 1. Macro etapas do controle de qualidade de obras de contenções. Fonte: Porto (2015).

Materiais: Deve ser realizado um correto controle do(s) material(ais) que irá(irão) compor os elementos da estrutura de contenção atirantada, tanto no que diz respeito à sua seleção, quanto às suas características de resistência, integridade e durabilidade.

Capacidade de carga das ancoragens: Nesta etapa do controle da obra os ensaios previstos na NBR 5629 devem ser rigorosamente seguidos, tanto aqueles referentes à capacidade de carga geotécnica propriamente dita (recebimento e qualificação), quanto os ensaios referentes à verificação das cargas incorporadas nos tirantes ao longo do tempo (ensaios de fluência). O não atendimento de um dos ensaios descritos acima deve direcionar/nortear o projetista na elaboração de um novo projeto.

Verificação da estabilidade global da contenção: Esta fase inicia-se simultaneamente com o início da obra e termina após a sua

finalização, sendo esse prazo função da finalidade da construção (provisória ou permanente). Trata-se de uma observação e inspeção do comportamento da contenção atirantada ao longo do tempo. Para esse controle, é necessário um monitoramento da deformabilidade da estrutura de contenção com o auxílio de um teodolito ou estação total. Na ausência destes, sugere-se a instrumentação dos tirantes, com o auxílio de extensômetros elétricos ou células de cargas interligados com a rede de computadores através de dispositivos móveis. Lamentavelmente, essa etapa de controle tem sido negligenciada nas obras correntes, sendo realizada em poucas obras (de grande importância nacional), no entanto, de maneira incompleta ou equivocada.

Com o atendimento das três variáveis apresentadas, é possível conhecer o grau de confiabilidade dos serviços de engenharia executados, permitindo, portanto, a emissão de documentos técnicos de garantia de qualidade. A emissão desses documentos é feita para os responsáveis diretos pela contratação dos serviços de engenharia.

2 APLICATIVO WEB

A tecnologia de ancoragens reinjetáveis é atualmente utilizada por várias empreiteiras geotécnicas que, infelizmente, não possuem conhecimento substancial sobre o assunto. Segundo Kuhn (1970), no final da década de 60 e no início da década de 70, com o início das obras do metrô de São Paulo, as empresas especializadas em ancoragens deveriam ser “habilitadas” pelo IPT-SP (Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo) por meio da realização de ensaios básicos, comprovando que as mesmas possuíam expertise no assunto e, portanto, poderiam executar para o metrô obras com ancoragens reinjetáveis. Com o passar dos anos, percebe-se que o nível de exigência das contratantes, inclusive do próprio metrô, vem caindo muito, culminando, inevitavelmente, no surgimento de empresas que não são qualificadas para tal tipo de obra, mas que executam tirantes com um “preço acessível”. Essa má qualificação técnica leva ao surgimento

de obras com o fator de segurança bem menor do que o esperado em projeto, podendo resultar, lamentavelmente, em obras de estabilidade questionável. Com certa frequência, é comum que as empresas “especializadas em tirantes” utilizem planilhas de Excel para controle tecnológico de obras totalmente em desconformidade com o projeto original. Entre as principais inconformidades encontradas pelos autores deste artigo, destacam-se:

- a) falta de conhecimento do valor de cada estágio de carregamento nos ensaios de recebimento e qualificação, culminando, lamentavelmente, em um ensaio em desconformidade com a NBR 5629;
- b) preenchimento inadequado da especificação do aço a ser utilizado na ancoragem;
- c) falta de conhecimento sobre a diferença entre os ensaios de recebimento dos tipos A, B, C e D, inclusive tempo de espera para leitura do deslocamento da ancoragem;
- d) realização de ensaio de qualificação com os estágios de carregamento do ensaio de recebimento.

Com o objetivo de minimizar essas e outras inconformidades relacionadas ao controle tecnológico de obras ancoradas, propõe-se, neste artigo, a utilização de um aplicativo web, com geração de relatórios instantâneos, minimizando, assim, a possibilidade de erros em campo e até mesmo “maquiagem de relatórios”. Sabe-se, lamentavelmente, que algumas empresas “ajustam” os gráficos para atender às especificações normativas, ao passo que deveriam fazer um novo ensaio ou até mesmo uma reinjeção. Especialistas e críticos da área percebem que essas fraudes ocorrem justamente na mudança do boletim de campo feito pelo técnico civil para a planilha de Excel, normalmente feita por um engenheiro especializado.

2.1 Controle da Execução on line

De acordo com o item 5.4.6 “Registro de dados” da NBR 5629:2006, o executor é obrigado a registrar, em boletins apropriados, os principais dados da perfuração executada,

destacando-se os seguintes:

- a) tipo de equipamento e sistema de perfuração;
- b) identificação, diâmetro e inclinação do furo;
- c) diâmetro e comprimento do revestimento (quando usado);
- d) tipo de fluido de estabilização (quando usado);
- e) espessura e tipo de solo das camadas atravessadas;
- f) datas de início e término do furo;
- g) outras observações (perda de água e/ou ar, obstáculos encontrados, etc.).

Atualmente, o controle de execução de obras de contenção é feito de forma manual (Figura 2), o que pode gerar problemas futuros, conforme descrito nos itens anteriores.



Figura 2. Ferramenta atual (de campo) utilizada no auxílio do controle de execução de obras de contenções. Fonte: Porto(2015).

O aplicativo proposto para este trabalho faz um acompanhamento “on time” do avanço da obra ao longo do tempo, destacando os principais acontecimentos da obra.

Trata-se, portanto, de um avanço revolucionário da maneira como é feito o controle de obras de contenção no Brasil e, talvez, no mundo. O aplicativo web proposto pode ser utilizado em qualquer plataforma e em qualquer lugar (Figuras 3 e 4).

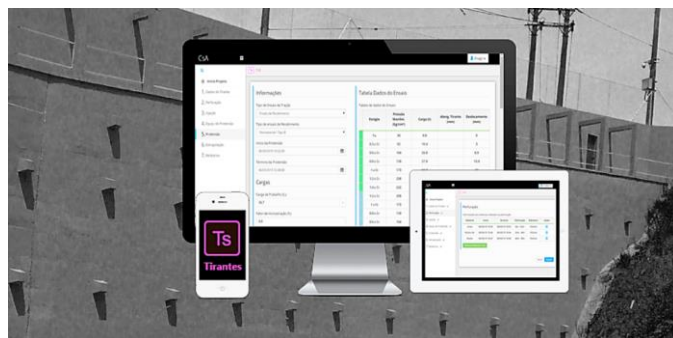


Figura 3. Plataformas possíveis para o Controle Tecnológico de Tirantes Via Web. Fonte: Porto(2015).



Figura 4. Exemplo de plataforma para o Controle Tecnológico de Tirantes Via Web. Fonte: Porto(2015).

Por se tratar de uma ferramenta inédita, espera-se que a migração das famosas “pranchetas de campo” para os aplicativos móveis (Figura 5) seja feita de forma gradual à medida que profissionais mais jovens e conectados com as novas tecnologias assumam postos de gerência neste tipo de obras.

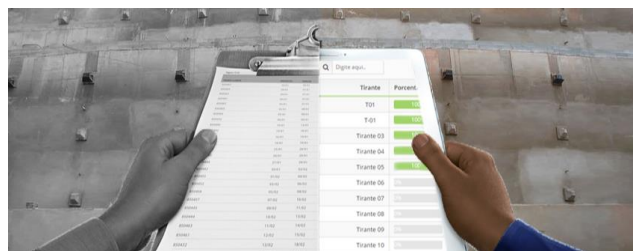


Figura 5. Representação esquemática da evolução do Controle Tecnológico em obras de contenções ancoradas. Fonte: Porto(2015).

2.2 Aplicativo CsA Geo

O software CsA Geo é um aplicativo web que pode ser executado em qualquer plataforma móvel (tablets, celulares) ou computadores e

pode ser acessado em qualquer local por meio da rede mundial de computadores (Figura 6), sendo dispensável a sua instalação no computador local. Os aplicativos web têm como finalidade auxiliar o engenheiro nos cálculos, organização dos projetos e geração de relatórios e gráficos, de forma simples e eficiente, minimizando a possibilidade de erros de leitura e otimizando o processo de controle tecnológico das ancoragens reinjetáveis.

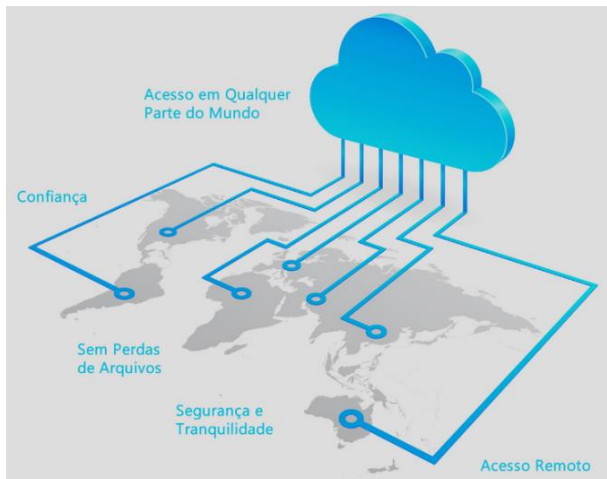


Figura 6. Representação esquemática da abrangência/potencial de sistemas web no controle tecnológico de obras de contenções. Fonte: Porto(2015).

Para o desenvolvimento do software CsA Geo foi utilizada a linguagem de programação orientada a objetos C# com o padrão de arquitetura MVC – Model-View-Controller. A criação das telas e da interface gráfica se deu por meio da codificação HTML 5 e o Framework Bootstrap.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Otimização do projeto de ancoragens

Por meio do monitoramento da execução on line, pretende-se, a partir das primeiras ancoragens ensaiadas, otimizar os comprimentos ancorados dos tirantes mediante extrapolação matemática. Objetiva-se, dessa forma, garantir obras mais seguras e, ao mesmo tempo, economicamente viáveis.

Com vistas à proposta para otimização do projeto e controle de desempenho de

ancoragens reinjetáveis e protendidas, sugere-se, ainda, ensaiar tirantes com diferentes metodologias executivas. Assim, é possível avaliar a influência, por exemplo, do número de reinjeções na capacidade geotécnica da ancoragem.

3.2 Capacidade de Carga

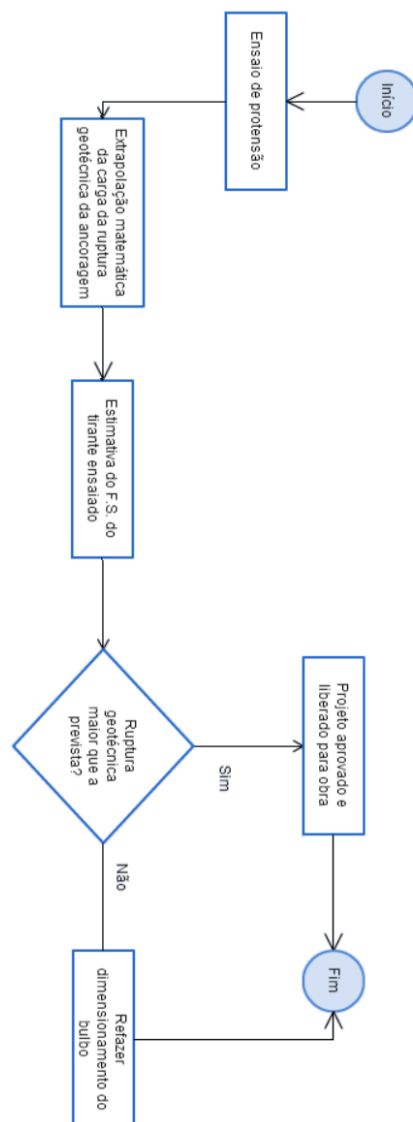


Figura 7. Avaliação semiempírica via web do fator de segurança da ancoragem. Fonte: Porto(2015).

O aplicativo proposto neste artigo fornece informação em tempo real da capacidade de carga estrutural do tirante e sua capacidade geotécnica, sendo, esta última, mediante extrapolação matemática proposta por Van der Veen (1953).

A partir da carga de ruptura geotécnica extrapolada matematicamente, pode-se inferir o Fator de Segurança (FS) da ancoragem ensaiada (Figura 7).

6 RESULTADOS ESPERADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve o objetivo de mostrar a importância da utilização de dispositivos móveis (tablets e celulares) no controle de qualidade de obras de contenções especiais, garantindo, assim, a execução de empreendimentos mais econômicos e seguros, minimizando a possibilidade de erros de leitura e otimizando o processo de controle tecnológico das ancoragens reinjetáveis;

Além disso, este trabalho teve o objetivo também de iniciar uma discussão sobre as diversas metodologias existentes para avaliar a capacidade de carga geotécnica de tirantes, bem como sua aplicação prática no dia a dia do engenheiro, através de um aplicativo web com comunicação instantânea (on line) com o projetista, garantindo, dessa forma, um melhor controle de qualidade das ancoragens projetadas e executadas no Brasil.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer aos Engenheiros Anna Laura Lopes da Silva Nunes (UFRJ), Alberto de Sampaio Ferraz Jardim Sayão (PUC-Rio), Crysthian Purcino Bernardes Azevedo (UFMG), Frederico Falconi (NBR5629), Paulo Henrique Vieira Dias (SEEL), Saulo Gutemberg Silva Ribeiro (GeoFast) e Urbano Rodrigues Alonso (NBR 5629), pelas preciosas orientações/sugestões de melhorias para o desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5629 – Execução de Tirantes Ancorados no Terreno. Rio de Janeiro. 2006.
Alonso, U. R. Previsão e Controle das Fundações. Uma

introdução ao controle de qualidade em fundações. Editora Blucher, 2ª edição. São Paulo, 2011.

Kuhn, B. A. Ancoragens provisórias em solos argilosos no Metrô de São Paulo. IV COBRAMSEF, Rio de Janeiro, v.I, s. III, p. 42-93. 1970.

Porto, T. B. (2015). Ancoragens em solos- Comportamento geotécnico e metodologia via web para previsão e controle. Tese de Doutorado. Núcleo de Geotecnia. Universidade de Federal de Ouro Preto. Vol. 1. 224 p.

Van der veen. The Bearing Capacity of a Pile. Proceedings of the Third Int. Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Zurich, vol. 2, pp. 84-90. 1953.

Velloso, D. A. A qualidade de um projeto de fundações. 1º Simpósio sobre qualidade e produtividade na construção civil – FAAP-SP. 1990.