

Avaliação das impugnações periciais de insalubridade e periculosidade nas demandas trabalhistas

Hudson Machado Rezende¹Luis Felipe Alonso²

¹Aluno do curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Engenharia de Segurança do Trabalho

Universidade Iguazu – UNIG – *Campus I* – Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, CEP 26275-580,

Nova Iguaçu – RJ

hudsonmr_rj@hotmail.com, lfelipeaalves@gmail.com

Resumo - *O presente artigo concentra-se na análise das perícias judiciais que têm por instrumento a apuração da insalubridade e periculosidade nas causas da Justiça do Trabalho. Para efeito desta análise foram eleitos 30 processos que tenham sido distribuídos no Tribunal Regional do Trabalho, da 1ª Região, entre os anos de 2017 e 2018. Mediante o estudo da normatização que constitui os parâmetros técnicos da ordenação sobre a insalubridade e a periculosidade, tais como as NR's 15 e 16, respectivamente, do Ministério do Trabalho e Emprego, discute-se, como forma de apurar a atuação dos profissionais Especialistas em Segurança do Trabalho. Os resultados apontam que, apesar da maioria das partes apresentarem impugnação pericial por meio de seus procuradores, estas demonstram uma omissão na abordagem quantos aos conceitos técnicos, em consequência da insuficiente expertise destes profissionais. Destaca-se a importância da atribuição de Engenheiro de Segurança do Trabalho, entendendo a competência desse profissional para elaboração de laudos, seguindo todas as condicionantes para a observância da aplicabilidade legal.*

Palavras-chave: perícias; insalubridade; periculosidade.

Abstract - *The present study concentrates on the analysis of the judicial expertise that have as instrument the determination of the insalubrity and dangerousness in the labor actions. In order to carry out this inspection, 30 cases were registered and filed at the Regional Labor Court, from the 1st Region, between 2017 and 2018. Through the study of the standardization that constitutes the technical parameters of the sanitation ordinance and dangerousness, such as NR's 15 and 16 of the Ministry of Labor and Employment, it is discussed, as a way to improve the participation of professionals Specialists in Occupational Safety. The results indicate that, although most of the litigants present expert judgment through their prosecutors, they demonstrate an omission in approaching the technical aspects, due to the insufficient participation of these professionals. Emphasis is given to the importance of the assignment of an Occupational Safety Engineer, understanding the competence of the Engineer for the preparation of reports, following all the constraints framed to comply with the legal applicability.*

Keywords: expertise; unhealthy; hazard.

1 Introdução

Quanto aos processos trabalhistas, é extenso a demanda de processos que requerem a execução de perícia para averiguar a ocorrência ou não de insalubridade e/ou periculosidade nos postos de trabalho, sendo o tema instituído pela Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT) no artigo 195, no qual:

Art. 195 - A caracterização e a classificação da insalubridade e da periculosidade, segundo as normas do Ministério do Trabalho, far-se-ão através de perícia a cargo de Médico do Trabalho ou Engenheiro do Trabalho, registrados no Ministério do Trabalho.

Sendo assim, as perícias para apuração da insalubridade e periculosidade, presididas na portaria 3.214/78, respectivamente nas normas – NR 15 Atividades e Operações Insalubres e NR 16 Atividades e Operações Perigosas,

responsabilizam o Engenheiro de Segurança do Trabalho ou Médico do Trabalho, podendo as mencionadas perícias serem impugnadas por assistentes técnicos.

Para fins de delimitação do tema desta pesquisa, foram verificados processos do Tribunal Regional do Trabalho (TRT) da 1ª Região, da unidade judiciária de Nova Iguaçu.

Foram selecionados 30 processos que tenham sido distribuídos nos anos de 2017 e 2018 com perícia em Engenharia de Segurança do Trabalho designada, realizada e com laudo apresentado, todos acessíveis por meio do sistema denominado Processo Judicial Eletrônico (PJE), independente de seu andamento.

Em geral, as perícias de Segurança do Trabalho nos processos trabalhistas verificam a inexistência de impugnações periciais por um especialista do ramo. Isto é, a maioria das impugnações são executadas pelos próprios procuradores das partes, sem trazer consigo qualquer parecer que venha corroborar com a contestação do laudo feito pelo perito oficial do juízo.

2 Insalubridade e Periculosidade

Com a normatização do direito do trabalho, relativo à Segurança e Medicina do Trabalho, a Constituição Federal de 1988, garantiu em seu art. 7º, inciso XXIII, a concessão do adicional de penosidade, insalubridade e periculosidade.

Desse modo, alguns adicionais foram integrados ao direito dos trabalhadores antes mesmo de serem empregados expressamente na Constituição Federal como direitos fundamentais dos trabalhadores, através da promulgação da Lei Federal n.º 6.514 de 1977¹.

2.1 Adicional de insalubridade

As atividades que tipificam o adicional de insalubridade foram estabelecidas pelo Ministério do Trabalho e Emprego, conforme previsto no art. 190 da CLT, visto que, expõem os empregados a agentes físicos, químicos ou biológicos nocivos à saúde. Conquanto o texto do art. 192 da CLT tenha definido o adicional de insalubridade para a exposição aos agentes nocivos acima do limite de tolerância (critério quantitativo), a indicação da insalubridade se dá também por critério qualitativo, como nos casos de insalubridade por exposição a agentes biológicos, que indefere de apropriação a limite de tolerância (critério qualitativo). Desse modo, a caracterização e a classificação da insalubridade resulta de perícia, de acordo com o art. 195 da CLT.

A ocupação que exponha o trabalhador a condições insalubres, mesmo que intermitentemente, deve ser remunerado com o acréscimo do adicional de insalubridade, consoante entendimento fixado pelo Súmula nº47 do Tribunal Superior do Trabalho – Insalubridade: “O trabalho executado em condições insalubres, em caráter intermitente, não afasta, só por essa circunstância, o direito à percepção do respectivo adicional.”

Logo, a atividade que ensejar o pagamento do adicional de insalubridade, nos termos fixados pela Portaria n.º 3.214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego, será remunerado com o acréscimo de 10%, 20% ou 40% sobre o salário-mínimo, equivalente à insalubridade em graus mínimo, médio e máximo.

¹BRASIL. *Lei 6.514, de 22 de Dezembro de 1977*. Altera o capítulo V do título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo a segurança e medicina do trabalho e das outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16514.htm>. Acesso em 02/05/2018.

De acordo com a Norma Regulamentadora – NR 15, da Portaria n.º 3.214/78, do Ministério do Trabalho, quando o trabalhador está condicionado a mais de um agente nocivo, deve ser considerado apenas o fator de insalubridade em maior grau.

Ressalta-se, ainda, que o fornecimento do Equipamento de Proteção Individual (EPI) validado pelo órgão competente do Poder Executivo pode retirar o agente agressivo gerador do adicional de insalubridade, conforme a Súmula n.º 80 do TST. Apesar disso, a exclusão do pedido de insalubridade não basta o fornecimento de EPI, deve ser considerado também o uso eficaz (Súmula n.º 89 do TST) e a troca dentro do prazo de validade do Equipamento de Proteção Individual.

2.2 Enquadramento da insalubridade

A insalubridade está classificada a todo e qualquer agente químico, físico, biológico, com a devida previsão legal que, direta e indiretamente produza danos à saúde do trabalhador. Segundo o artigo 189, da CLT²:

Art. 189 – Serão consideradas atividades ou operações insalubres aquelas que, por sua natureza, condições ou métodos de trabalho, exponham os empregados a agentes nocivos à saúde, acima dos limites de tolerância fixados em razão da natureza e da intensidade do agente e do tempo de exposição aos seus efeitos.

2.2.1 Agentes físicos

Conforme o item 9.1.5.1 da NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, avaliam-se agentes físicos, diferentes formas de energia a que possam estar submetidos os trabalhadores, tais como ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, radiação não ionizante, bem como o infrassom e ultrassom.

2.2.3 Agentes químicos

Segundo o item 9.5.1.2 da NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, consideram-se agentes químicos as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, na forma de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, consiga ter contato ou serem absorvidos pelo organismo por meio da pele ou por ingestão.

São representados pelas substâncias químicas que se encontram nas formas líquidas, sólida e gasosa. Quando captados pelo organismo, conseguem gerar reações tóxicas e danos à saúde. Evidenciam-se as doenças pulmonares, as irritações das vias aéreas superiores, dores de cabeças, náuseas, sonolência, silicose, asbestose e pneumoconiose, dentre outras.

O Anexo 11 – Agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho, da NR – 15 – Atividades e Operações Insalubres, caracteriza que a insalubridade ocorrerá quando forem ultrapassados os limites de tolerância constantes do Quadro nº 1 - Tabela de Limites de Tolerância deste Anexo.

²**Lei nº 5452, de 1º de Maio de 1943.** Aprova consolidação das leis do trabalho. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 09 de Agosto. 1943. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del5452.htm>. Acesso em 06/05/2018.

No anexo 12 – Limites de tolerância para poeiras e minerais, da NR - 15, também caracteriza que a insalubridade ocorrerá quando forem ultrapassados os limites de tolerância e determina algumas.

Já no anexo 13 – Agentes químicos, foi estabelecido uma relação de atividades e operações envolvendo agentes químicos, consideradas, insalubres em decorrência de inspeção realizada no local de trabalho, excluindo-se desta relação às atividades ou operações com os agentes químicos constantes dos Anexos 11 e 12.

Ainda no anexo 13-A – Benzeno, é regulamentado ações, atribuições e procedimentos de prevenção da exposição ocupacional a esta substância comprovadamente cancerígena.

2.2.4 Agentes biológicos

Consoante o item 9.1.5.3 da NR 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, identificam-se como agentes biológicos as bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus, entre outros.

Estes micro-organismos são capazes de provocar doenças devido a contaminação e pela própria natureza do trabalho. Por consequência podem aparecer doenças infectocontagiosas, como a hepatite e infecções externas e internas.

No Anexo 14 – Agentes biológicos, da NR 15 – Atividades e Operações Insalubres, foi estabelecido uma relação das atividades e condições ambientais que, em função da exposição e da permanência do contato, caracteriza-se, qualitativamente, o adicional de insalubridade em grau médio ou em grau máximo.

2.3 Adicional de periculosidade

Por meio do significado de perigo é realizável diferenciar o risco ou ameaça a que se expõe o trabalhador sujeito às condições perigosas, de acordo a definição fixada pela Norma Regulamentadora – NR 16, do Ministério do Trabalho, diversamente da insalubridade.

Segundo doutrina de José Augusto Rodrigues Pinto (2007, p. 424-425), a insalubridade é traiçoeira e prolongada em seus efeitos, enquanto a periculosidade, por sua natureza, é uniforme, de impacto instantâneo e dispensa graduação indenizatória.

O adicional de periculosidade é concedido aos empregados que atuam em contato permanente ou intermitente com explosivos ou inflamáveis, em condições de risco intensificado, conforme art. 193 da CLT. Aos empregados que desempenham suas atividades laborais nas condições descritas na lei e comprovado por meio de perícia, deve ser pago o adicional de periculosidade no percentual de 30% sobre o salário-base. Caso o adicional de insalubridade for pago de forma habitual, este integrará o cálculo da indenização, das férias, do 13º, aviso prévio e do FGTS, além de repercutir também para o cálculo das horas extras e noturnas³.

³**Tribunal Superior do Trabalho, Súmulas do Tribunal Superior do Trabalho.** Disponível em: <http://www3.tst.jus.br/jurisprudencia/Sumulas_com_indice/Sumulas_Ind_101_150.html#SUM-132>. Acesso em 03/05/2018.

A Lei n.º 7.369/85 prolongou a periculosidade aos trabalhadores que desempenhem atividade no setor de energia elétrica, em contato com sistemas elétricos de potência. Sendo assim, a Portaria n.º 518 do Ministério do Trabalho compreendeu a atividade laboral que expõe o empregado a radiações ionizantes como atividade de risco.

A aplicabilidade da Portaria n.º 518 do MTE foi pacificada pela orientação jurisprudencial n.º 345 da SDI-I do TST. Por fim, a Lei 12.704/12 expandiu o rol de atividades perigosas para introduzir os profissionais de segurança pessoal ou patrimonial expostos a roubo ou outras espécies de violência. Ainda, o trabalhador exposto à substância radioativa ou radiação ionizante tem direito ao pagamento do adicional de periculosidade.

Assim sendo, de suma importância é a precisa caracterização da periculosidade, pois, a cessação do pagamento somente poderá ocorrer com a eliminação do risco.

2.4 Enquadramento da periculosidade

A fim de compensar a exposição ao risco inerente ao exercício com agentes e condições consideradas pela CLT como “perigosas”, o legislador estabeleceu a concessão do adicional de periculosidade. Seu fundamento pode ser extraído a partir da interpretação do disposto no art. 193, da CLT:

Art. 193: São consideradas atividades ou operações perigosas, na forma da regulamentação aprovada pelo Ministério do Trabalho e Emprego, aquelas que, por sua natureza ou métodos de trabalho, impliquem risco acentuado em virtude de exposição permanente do trabalhador a:

I – inflamáveis, explosivos ou energia elétrica;

II – roubos ou outras espécies de violência física nas atividades profissionais de segurança pessoal ou patrimonial.

2.5 Da cumulação dos adicionais de insalubridade e periculosidade

A Consolidação das Leis do Trabalho, prevê o pagamento do adicional de insalubridade pelo exercício da atividade em condições insalubres, bem como a concessão do adicional de periculosidade para tais trabalhadores que ficam expostos a agentes perigosos. Ainda assim, caso o trabalhador exerça profissão em ambiente de trabalho em que os dois agentes estejam presentes, conforme dispõe o artigo 193, §2º da CLT⁴, haverá este escolher entre um dos adicionais pertinentes.

No mesmo âmbito, a Portaria n.º 3.214/1978 do MTE, no item 15.3 da NR 15 – Atividades e Operações Insalubres, define que: “no caso de incidência de mais de um fator de insalubridade, será apenas considerado o de grau mais elevado, para efeito de acréscimo salarial, sendo vedada a percepção cumulativa”.

⁴**Lei nº 5452, de 1º de Maio de 1943.** Aprova a consolidação das leis do trabalho. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 09 de Agosto. 1943. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del5452.htm>. Acesso em 08/05/2018.

De tal modo, analisa-se que, o trabalhador que exerça sua atividade em um ambiente que configure o direito a adquirir ambos os adicionais serão tratados da mesma forma daquele que tem direito a embolsar somente um destes, não podendo fazer gozo dos dois adicionais simultaneamente.

Não obstante a Jurisprudência predominante ainda seja no sentido de não acatar a cumulação entre os referidos adicionais, a 7ª Turma do Tribunal Superior do Trabalho⁵, permitiu a cumulação desses no processo em grau de recurso de n.º RR-1072-72.2011.5.02.0384, perante o fundamento de que as normas constitucionais e supralegais são hierarquicamente superiores à CLT, e que, por conta disso, admitiram a cumulação dos adicionais.

2.6 Normas Regulamentadoras

As Normas Regulamentadoras foram regimentadas por meio da Portaria 3.214/78. No presente, existem 36 normas regulamentadoras, cada qual com um conteúdo específico. Para Rossete (2014, p.23), as NR's "são elaboradas e modificadas por comissões tripartites específicas compostas por representantes do governo, empregadores e empregados. ”

Para fundamentar o presente artigo, a seguir veremos as duas normas características para perícias de insalubridade e periculosidade, ou seja, as NR's 15 e 16.

2.6.1 NR 15 – Atividades e Operações Insalubres

A NR n.º 15, de acordo com Barsano (2014, p.115), “é uma das normas mais extensas, contendo quatorze anexos”. Destacando que, treze estão atualmente em vigor. Tais anexos são os seguintes:

Tabela 1 – Anexos da NR 15 – Graus de Insalubridade Fonte: www.mtps.gov.br/portal-mte/

Anexo	Atividades ou operações que exponham o trabalhador	Percentual
Anexo 1	Limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente	20%
Anexo 2	Limites de tolerância para ruídos de impacto	20%
Anexo 3	Limites de tolerância para exposição ao calor	20%
Anexo 4	<i>(Revogado pela Portaria MTE n.º 3.751)</i>	
Anexo 5	Radiações ionizantes	40%
Anexo 6	Trabalho sob condições hiperbáricas	40%
Anexo 7	Radiações não-ionizantes	20%
Anexo 8	Vibrações	20%
Anexo 9	Frio	20%
Anexo 10	Umidade	20%
Anexo 11	Agentes químicos cuja insalubridade é caracterizada por limite de tolerância e inspeção no local de trabalho	10%, 20% e 40%
Anexo 12	Limites de tolerância para poeiras minerais	40%
Anexo 13	Agentes químicos	10%, 20% e 40%
Anexo 14	Agentes biológicos	20% e 40%

⁵**Notícias do Tribunal Superior do Trabalho.** Disponível em: <https://www.tst.jus.br/noticias/-/asset_publisher/89Dk/content/turma-mantem-acumulacao-de-adicionais-de-insalubridade-e-periculosidade>. Acesso em 08/05/2018.

No que se refere ao preceito adotado para a determinação da insalubridade, Saliba (2015, p. 13) evidencia que o Ministério do Trabalho “estabeleceu três critérios para a caracterização da insalubridade: avaliação quantitativa, qualitativa e inerentes à atividade” (grifo nosso). E associa ainda quais anexos correspondem-se com cada parâmetro.

2.6.2 NR 16 – Atividades e Operações Perigosas

De acordo com Camisassa (2016) são seis as atividades e operações classificadas perigosas, segundo a NR 16.

Tabela 2 – Anexos da NR 16 Fonte: www.mtps.gov.br/portal-mte/

Anexo 1	Atividades e operações perigosas com explosivos
Anexo 2	Atividades e operações perigosas com inflamáveis
Anexo 3	Atividades e operações perigosas com exposição a roubos ou outra espécie de violência física nas atividades profissionais de segurança pessoal ou profissional
Anexo 4	Atividades e operações perigosas com energia elétrica
Anexo 5	Atividades perigosas em motocicleta
Anexo (*)	Atividades e operações perigosas com radiações ionizantes ou substâncias radioativas

Sobre o rol de atividades que ocasionam o pagamento do adicional, Camisassa (2016, p.. 473) evidencia que “apesar de existirem outras atividades que apresentem risco acentuado, por exemplo, atividades na construção civil, elas não ensejam o pagamento do adicional de periculosidade simplesmente por falta de previsão legal”.

Saliba (2015) compatibiliza com este argumento, acentuando que apesar de muitas vezes o rol taxativo exposto pela NR n.16 possa não parecer preciso e íntegro, não compete ao perito delimitar ou ir além dos critérios enumerados na norma, pois, adequa-se somente ao Ministério do Trabalho e Emprego presidir as hipóteses que se classificam como sendo de risco acentuado.

2.7 Perícias judiciais e laudos técnicos

Martins (2016, p. 483) resume o significado do que vem a ser a perícia:

Perito, proveniente do latim *peritus*, formado pelo verbo *prior*, com o significado de experimentar, saber por experiência, é a pessoa que faz o exame dos fatos dos quais o juiz não tem conhecimento técnico: a perícia.

Por meio dos seus fundamentos, Martins (2016) ressalta que na ausência de conhecimento técnico especializado na área do objetivo, o juiz indica alguém que consiga fazer o exame do caso e transportar a ele pelo parecer ou um laudo. É o que estabelece o art. 156 do Código de Processo Civil (CPC) onde: “O juiz será assistido por perito quando a prova do fato depender de conhecimento técnico ou científico. ” Conclui ainda, que:

É proibido ao perito ultrapassar os limites de sua designação, bem como emitir opiniões pessoais que excedam o exame técnico ou científico do objeto da perícia (§ 2º do art. 473 do CPC). O perito deve ater-se àquilo que o juiz determinou à perícia. Não pode o perito emitir opiniões pessoais, ainda que seja do seu conhecimento técnico. (MARTINS, 2016, p. 486)

Outrossim, cabe transcrever o artigo 195, da CLT, na íntegra, artigo este que se refere à perícia de insalubridade e periculosidade:

Art. 195 – A caracterização e a classificação da insalubridade e da periculosidade, segundo as normas do Ministério do Trabalho, far-se-ão através de perícia a cargo de Médico do Trabalho ou Engenheiro do Trabalho, registrados no Ministério do Trabalho:

§ 1º – É facultado às empresas e aos sindicatos das categorias profissionais interessadas requererem ao Ministério do Trabalho a realização de perícia em estabelecimento ou setor deste, com o objetivo de caracterizar e classificar ou delimitar as atividades insalubres ou perigosas.

§ 2º – Arguida em juízo insalubridade ou periculosidade, seja por empregado, seja por Sindicato em favor de grupo de associado, o juiz designará perito habilitado na forma deste artigo, e, onde não houver, requisitará perícia ao órgão competente do Ministério do Trabalho.

§ 3º – O disposto nos parágrafos anteriores não prejudica a ação fiscalizadora do Ministério do Trabalho, nem a realização “ex officio” da perícia.

Além disso, no que se refere ao laudo pericial a ser elaborado e apresentado pelo perito, o artigo 473 do CPC expõe que devem conter os seguintes termos:

Art. 473 – O laudo pericial deverá conter:

I – a exposição do objeto da perícia;

II – a análise técnica ou científica realizada pelo perito;

III – a indicação do método utilizado, esclarecendo-o e demonstrando ser predominantemente aceito pelos especialistas da área do conhecimento da qual se originou;

IV – resposta conclusiva a todos os quesitos apresentados pelo juiz, pelas partes e pelo órgão do Ministério Público.

2.8 Impugnações periciais

A princípio, cabe destacar que o diretor de defesa, como por exemplo, a impugnação de laudos periciais, é um direito constitucional expressamente prenunciado no art. 5º da CF, onde se encontra o seguinte fragmento: “LV – aos litigantes, em processo judicial ou administrativo, e aos acusados em geral são assegurados o contraditório e

da ampla defesa, com os meios e recursos a elas inerentes”. É a razão do contraditório e ampla defesa, com os meios e recursos a ela inerentes”.

Em parte, o CPC estabelece sobre impugnação pericial no art. 477, § 1º onde menciona: “As partes serão intimadas para, querendo, manifestar-se sobre o laudo do perito do juízo no prazo comum de 15 (quinze) dias, podendo o assistente técnico de cada uma das partes, em igual prazo, apresentar seu respectivo parecer. ”

Já o art. 466, § 2º menciona que é competente ao perito possibilitar as partes litigantes, bem como aos assistentes das partes a permissão e acompanhamento das diligências periciais a serem finalizadas. Segundo Martins (2016, p.488) “A parte tem a possibilidade de comparecer à diligência em razão do princípio da publicidade dos atos processuais e do CPC. ”

3 Resultados e análises

Para a finalização do artigo foram averiguados 30 processos do Tribunal Regional do Trabalho (TRT) da 1ª região, situado no Estado do Rio de Janeiro, distribuídos nas varas trabalhistas da cidade de Nova Iguaçu.

Desse modo, foram escolhidos os processos que possuíam perícia em Engenharia de Segurança do Trabalho, propriamente sobre insalubridade e periculosidade, desde que a perícia já tivesse sido designada pelo juízo, realizada pelo perito e que este já tivesse apresentado o laudo técnico referente à verificação.

Por fim, destaca-se que todas as ações foram exploradas através do Sistema Eletrônico denominado Processo Judicial Eletrônico (PJE). Para exibição das análises, conforme o anexo A, reservou-se o número do processo, nome dos autores e réus, bem como os nomes dos peritos, considerando-se não ser fundamental a divulgação destes dados para se conduzir ao objeto deste estudo, e visando ainda preservar o interesse dos responsáveis.

Baseado nas informações constantes nos processos, serão expostas a seguir 3 diagramas, referentes a 5 aspectos que serão abordados posteriormente, sendo os seguintes:

- a) se houve ou não impugnação pericial;
- b) formação do profissional que apresentou a impugnação;
- c) tipo de agente insalubre, podendo ser químico, físico ou biológico;
- d) se houve ou não periculosidade;
- e) se recebia adicional de insalubridade ou periculosidade.

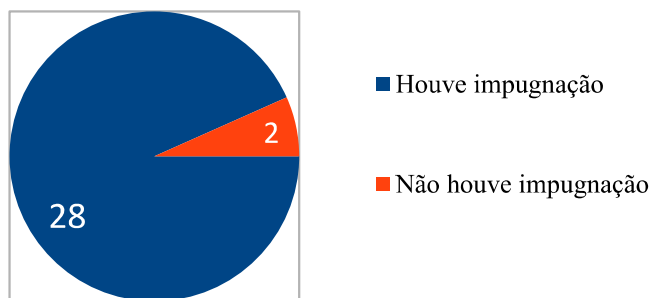


Figura 1 – Apresentação de impugnação pericial.

A Figura 1 informa se houve ou não impugnação pericial. Dos 30 processos verificados, 28 apontaram alguma impugnação e apenas 2 processos não apresentaram impugnação ao laudo pericial. Sendo, a proporção de 97% com impugnação e 3% sem impugnação.

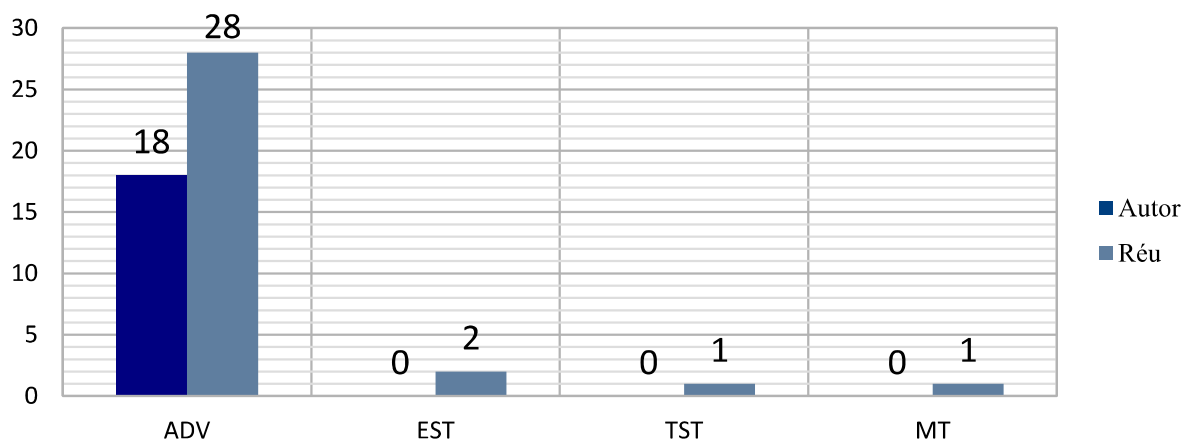


Figura 2 – Formação do profissional.

Na Figura 2, o objetivo foi averiguar qual a formação do profissional que executou a impugnação, se foi apresentada, unicamente, pelo procurador da parte ou ainda se foi elaborada baseada em um parecer técnico elaborado por profissional da área de segurança do trabalho.

As siglas são atribuídas aos seguintes profissionais: ADV – advogado, EST – Engenheiro de Segurança do Trabalho, TST – Técnico de Segurança do Trabalho e MT – Médico do Trabalho.

Diante do exposto, na parte autora dos processos, os advogados apresentaram 18 impugnações de um total de 30 processos. Ainda nessa situação, não houve a atuação de qualquer outro profissional na impugnação.

Já na condição do réu, apurou-se que os procuradores executaram 28 impugnações periciais. Também, verificou-se 2 impugnações realizadas pelo Engenheiro de Segurança do Trabalho, 1 impugnação com participação do Técnico de Segurança do Trabalho e 1 impugnação realizada pelo Médico do Trabalho.

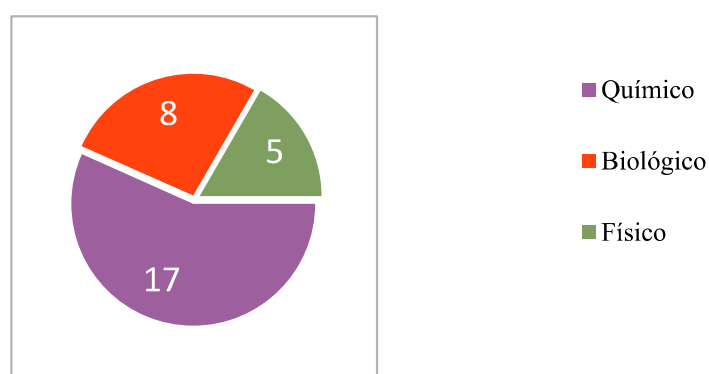


Figura 3 – Tipo de agente insalubre.

De acordo com o tipo de agente insalubre identificado na perícia, identifica-se que 57% dos casos se referem aos agentes químicos, 27% aos agentes biológicos e 16% referentes aos agentes físicos. Ressalta-se ainda que em diversas demandas ocorreu a constatação de mais de um tipo de agente no mesmo processo, de forma concomitante.

No que se refere a periculosidade, constatou-se que 26 processos, ou seja, 87% das ações não possuíam atividade perigosa abrangida pela NR 16. Sendo assim, a maior parte dos processos não estão relacionados à periculosidade e sim à insalubridade. Somente 12% tinham perícia relacionada a análise de periculosidade.

Ainda, sobre o pagamento do adicional averiguou-se que, 24 processos, ou seja, 80% dos casos, não havia o pagamento espontâneo de adicional por parte do empregador. Já em 6 processos ocorria o pagamento de algum tipo de adicional. Isto aponta que os empregadores, dentro dos casos examinados, tenderam a não pagar de forma voluntária o adicional, vindo a pagar somente nos casos em que foram notificados judicialmente, caso tenha ocorrido o reconhecimento de agente insalubre ou perigoso.

4 Conclusões

O corrente artigo teve como propósito examinar o modo como são executadas as impugnações de laudos periciais de insalubridade e periculosidade pelos peritos oficiais das Varas Trabalhistas.

Dentre as ações averiguadas, constatou-se que em 97% dos casos foram manifestadas impugnações periciais. Contudo, apesar da maior parte das demandas terem sido indicadas manifestação ao laudo pericial, quando verificados qual a formação do profissional que executou o referido documento, constatou-se um aspecto já observado na prática. Apercebeu-se que, no caso dos autores não houve manifestação de qualquer profissional da área de segurança do trabalho, com formação técnica que o habilite para a execução de laudos técnicos, como o profissional de Engenharia de Segurança do Trabalho. Porém, nos exemplos de réus, apenas uma pequena parcela, referente a 3% dos processos, tinha a participação de um profissional da área.

Deste modo, foi notável observar a presença de dois parâmetros que se encontram interligados. Tanto a reduzida participação dos profissionais ligados à área de segurança do trabalho nas perícias de insalubridade/periculosidade e nos atos e documentos decorrentes dessas perícias.

Outra razão que constata a pouca presença destes profissionais é a deficiente qualidade das impugnações periciais pertinentes aos seus aspectos técnicos, que não são observados de forma necessária sendo abordada de forma superficial já que são executadas por procuradores.

Desta forma, estudos como esses são cada vez mais relevantes, pois, demonstram a interdisciplinaridade que abrange a segurança do trabalho no qual os aspectos técnicos não conseguem ser verificadas de forma isolada, devendo integrar profissionais de diferentes áreas de conhecimento.

5 Referências bibliográficas

Barsano PR, Barbosa RP (2014) Higiene e Segurança do Trabalho. Érica, São Paulo

Barsano PR (2014) Legislação Aplicada à Segurança do Trabalho. Érica, São Paulo

Brasil (1988) Constituição da República Federativa do Brasil. http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm. Acessado em 06 de maio de 2018

Brasil (1943) Aprova a Consolidação das Leis do Trabalho. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei-Del5452.htm. Acessado em 04 de maio de 2018

Brasil (2015) Código de Processo Civil. https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113105.htm. Acessado em 05 de maio de 2018

Camisassa MQ (2016) Segurança e saúde no trabalho. Nrs 1 a 36 comentadas e descomplicadas. Método, São Paulo

MTPS (2018) Ministério do Trabalho e Previdência Social. Norma Regulamentadora n. 15. Atividades e Operações Insalubres. <https://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO15.pdf>. Acessado em 08 de maio de 2018

MTPS (2018) Ministério do Trabalho e Previdência Social. Norma Regulamentadora n. 16. Atividades e Operações Perigosas. <https://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR16.pdf>. Acessado em 09 de maio de 2018

Rodrigues pinto, José Augusto. A efetividade do processo do trabalho e a alteração de suas normas. In: A efetividade, p. 50, destaques do original. Rossete CA (2014) Segurança e Higiene do Trabalho. Pearson, São Paulo

Saliba TM, Corrêa MAC (2015) Insalubridade e Periculosidade: aspectos técnicos e práticos. LTR Editora, São Paulo

Anexo A – Rol de processos

Numeração do processo XXXXXX-XX	Houve Impugnação (sim/não)	Insalubridade Agente (Físico/Químico/Biológico)	Periculosidade e (sim/não)	Recebia adicional (sim/não)	Fase processual	Área de atuação
.2017.5.01.022X	Sim	AGENTE QUÍMICO/BIOLÓGICO	Não	Não	Recurso	Clínica
.2017.5.01.022X	Sim	AGENTE QUÍMICO/FÍSICO	Não	Não	Aguardando audiência inst./julgamento	Hospedaria
.2017.5.01.022X	Sim	AGENTE QUÍMICO/BIOLÓGICO	Não	Sim	Trânsito em julgado	Alimentação
.2017.5.01.022X	Sim	AGENTE QUÍMICO	Não	Não	Recurso	Alimentação
.2017.5.01.022X	Sim	AGENTE QUÍMICO/BIOLÓGICO	Não	Não	Recurso	Construtora
.2017.5.01.022X	Sim	AGENTE BIOLÓGICO	Não	Sim	Trânsito em julgado	Mecânica
.2017.5.01.022X	Sim	AGENTE BIOLÓGICO	Não	Não	Trânsito em julgado	Serviços de limpeza
.2017.5.01.022X	Sim	AGENTE QUÍMICO	Não	Não	Arquivado	Comércio
.2017.5.01.022X	Sim	AGENTE QUÍMICO	Não	Não	Aguardando audiência inst./julgamento	Comércio
.2017.5.01.022X	Sim	AGENTE QUÍMICO	Não	Não	Recurso	Clínica
.2017.5.01.022X	Sim	AGENTE QUÍMICO	Sim	Não	Arquivado	Hospedaria
.2017.5.01.022X	Sim	AGENTE FÍSICO	Não	Sim	Arquivado	Supermercado
.2017.5.01.022X	Sim	AGENTE FÍSICO	Não	Não	Arquivado	Comércio
.2017.5.01.022X	Não	AGENTE QUÍMICO	Sim	Não	Arquivado	Transporte aéreo
.2018.5.01.022X	Sim	AGENTE QUÍMICO	Não	Sim	Recurso	Policlínica
.2018.5.01.022X	Sim	AGENTE BIOLÓGICO	Não	Não	Recurso	Serviços de limpeza
.2018.5.01.022X	Sim	AGENTE BIOLÓGICO	Não	Não	Aguardando audiência inst./julgamento	Serviços de pintura
.2018.5.01.022X	Sim	AGENTE QUÍMICO	Não	Não	Recurso	Posto de combustível
.2018.5.01.022X	Sim	AGENTE QUÍMICO	Não	Não	Recurso	Casa de saúde
.2018.5.01.022X	Sim	AGENTE QUÍMICO/BIOLÓGICO	Não	Não	Arquivado	Agroindústria
.2018.5.01.022X	Sim	AGENTE FÍSICO	Sim	Não	Arquivado	Alimentação
.2018.5.01.022X	Sim	AGENTE BIOLÓGICO	Sim	Não	Aguardando audiência inst./julgamento	Construtora
.2018.5.01.022X	Sim	AGENTE BIOLÓGICO	Não	Sim	Aguardando audiência inst./julgamento	Construtora
.2018.5.01.022X	Sim	AGENTE BIOLÓGICO	Não	Não	Aguardando audiência inst./julgamento	Supermercado
.2018.5.01.022X	Sim	AGENTE FÍS/QUÍM/BIOL	Não	Não	Aguardando audiência inst./julgamento	Fábrica
.2018.5.01.022X	Sim	AGENTE FÍSICO/QUÍMICO	Não	Não	Aguardando audiência inst./julgamento	Comércio
.2018.5.01.022X	Sim	AGENTE QUÍMICO	Não	Sim	Aguardando audiência inst./julgamento	Transporte coletivo
.2018.5.01.022X	Sim	AGENTE QUÍMICO	Não	Não	Recurso	Mecânica
.2018.5.01.022X	Não	AGENTE QUÍMICO	Não	Não	Aguardando audiência inst./julgamento	Mecânica

Análise Comparativa do Método dos parâmetros Equivalentes e do Método de Elementos Finitos no que se refere a Estabilidade de Aterros Sobre Solos Moles

Renan Barbosa Neves¹; Giana Laport Alves de Souza^{1,2}; Rubenei Novais Souza¹

¹Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Iguaçu - UNIG, Av. Abílio Augusto Távora, 2134 - Jardim Nova Era, 26275-580, Nova Iguaçu – RJ

²Petróleo Brasileiro S.A., Rio de Janeiro, Brasil.

renannevess10@gmail.com, gianalarpot@gmail.com, rubenei@petrobras.com.br

Resumo – Este trabalho apresenta considerações sobre comparações de análise de estabilidade de projeto de reforço de solos moles utilizando colunas de brita, tendo como base uma breve revisão bibliográfica e análises numéricas utilizando parâmetros equivalentes e com o método de elementos finitos, utilizando o programa PLAXIS 2D. Com base nos ensaios realizados, foram definidos modelos geotécnicos que foram utilizados nas análises numéricas bidimensionais para compreender melhor a estabilidade global do aterro. No software de elementos finitos as colunas de brita foram consideradas como célula unitária no estado plano-deformação que considera a área de influência da coluna. Para este tipo de análise fez-se uma transformação geométrica que leva em consideração a capacidade de drenagem das colunas. O trabalho tem como objetivo comparar os resultados obtidos através de um método clássico, que considera o solo tratado como um solo homogêneo através de parâmetros de resistência equivalentes e uma análise em um software de elementos finitos que considera as colunas de brita e o solo circundante, este trabalho tem o intuito de auxiliar no aperfeiçoamento de projetos que envolvam a técnica de colunas de brita.

Palavras-chave: Reforço de solos moles; colunas de brita; Método de estabilidade.

Abstract – This work presents considerations on comparisons of stability analysis of soft soils reinforcement design using gravel columns, based on a brief bibliographic review and numerical analyses using equivalent parameters and with the Finite element method using the Plaxis 2d program. Based on the tests performed, geotechnical models were defined that were used in the two-dimensional numerical analyses with the objective of understanding better global stability of the landfill. In the finite element software, the gravel columns were considered as unitary cells in the plane-deformation state that considers the area of influence of the spine. For this type of analysis it was made a geometric transformation that takes into consideration the drainage capacity of the columns. The objective of this work is to compare the results obtained through a classical method, which considers the soil treated as a homogeneous soil by means of equivalent resistance parameters and an analysis in finite element software that considers the columns of gravel and the surrounding soil, this work aims to aid in the improvement of projects involving the technique of stone columns.

Keywords: Soft soil reinforcement; Stone Columns; Stability method.

1 Introdução

Existem diversas técnicas para melhoramento de solos moles, dentre elas a técnica da utilização de colunas verticais de brita (ou areia), em alguns casos revestidas com geotêxtil, mostra-se mais vantajosa em relação as demais. Devido a baixa capacidade de suporte, a alta compressibilidade e a baixa permeabilidade das camadas de argilas moles compressíveis faz-se necessário a aplicação de tal técnica com intuito do aumento da capacidade de suporte, redução na magnitude dos recalques e do tempo de consolidação, o custo competitivo devido a alta produtividade também é uma de suas características a ser levada em consideração (Souza et al 2016).

Vários estudos como Souza & Marques (2010) e Lima (2012), evidenciam a eficácia da utilização de colunas de brita para tratamento de solos moles, nas análises numéricas que estão presentes em literatura técnica os solos são modelados como um material elástico-linear, análises deste tipo apresentam limitações, contudo, ajuda na compreensão das variáveis relacionadas na aplicação desta técnica.

Nesta pesquisa foram comparadas as análises de estabilidade pela metodologia de Priebe (1995) e no MEF, através do programa PLAXIS 2D que atualmente é o mais utilizado para análises numéricas.

1.1 Reforço com colunas de brita

As primeiras informações sobre a utilização da técnica de colunas de brita foi em 1830, pelos engenheiros militares franceses (Hu 1995), tal técnica ajuda na redução dos recalques totais e diferenciais, redução do tempo de consolidação por adensamento primário, aumento da capacidade de suporte e ganho de resistência ao cisalhamento nos solos compressíveis.

Segundo Filz e Smith (2007), geralmente os aterros construídos sobre colunas de brita possuem uma ou mais plataformas de transferências de carga como os geossintéticos. Estudos pararelos como de Simon (2012) afirma que não existe a necessidade de plataformas de transferência de carga visto que os recalques das colunas de brita e da argila são de magnitudes próximas.

As construções das colunas de brita podem se dar de duas maneiras, com ou sem encamisamento (utilização de geossintético) a utilização do encamisamento tem como função a separação do material da coluna com o solo mole, além de aumentar a capacidade da resistência lateral da coluna, promovendo assim um aumento na capacidade de carga. Lima (2012) afirma que o emprego dos geossintéticos pode ser inviabilizado devido ao seu alto custo.

Pesquisas como a de Barksdale e Bachus (FHWA 1983) pondera que as colunas de brita apresentam maior eficiência quando a área tratada é de grande dimensão, onde serão construídos aterros. As colunas podem ser flutuantes, ou seja, com a ponta em solo mole ou as colunas fixas, assentes em solos com maior resistência. Geralmente as colunas são executadas com as profundidades variando de 6 a 15 m (Lima 2012).

1.2 Célula Unitária

Adota-se o conceito de célula unitária para as colunas de brita, aplica-se este conceito no conjunto coluna de brita e a área de influência da coluna, o solo que a circunda. As deformações radiais neste caso são consideradas nulas.

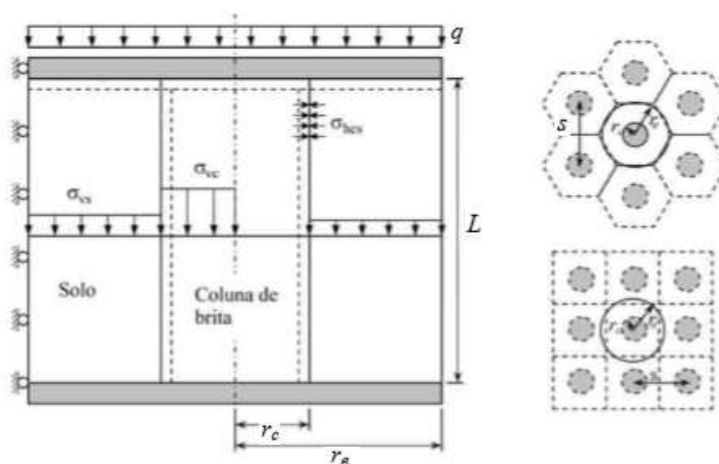


Figura 1 – Conceito de célula unitária. Fonte: Lima 2012 adaptou de Castro 2008.

Onde: r_c = raio da coluna de brita; r_e = raio de influência; *comprimento* da coluna de brita; s = espaçamento entre centro das colunas; q = carga vertical uniforme; σ_v = tensão vertical e σ_h = tensão horizontal.

Pode-se observar uma substituição do solo mole compressível por um material granular, tornando este conjunto mais rígido. Esta substituição fica compreendida entre 10 a 50% segundo Lima (2012), já FHWA (1983) afirma que esta variação usualmente é de 10 a 35%. O coeficiente de substituição (CS), também conhecido como taxa de substituição (a_s) quando dado em porcentagem pode ser expresso pela razão entre a área da coluna granular (A_{col}) e a área de influência da coluna (A).

$$CS = \frac{A_{COL}}{A} = \frac{A_{col}}{A_{col} + A_{sol}} = a_s(\%) \quad (1)$$

1.3 Efeito em grupo

As colunas de brita quando carregadas em grupo ou isoladas apresentam comportamentos diferentes. Etzad et al. (2009), considera que em obras com taxa de substituição inferior a 10% as colunas em grupo passam a se comportar igual às colunas isoladas. Este trabalho tem como base um projeto em que a taxa de substituição é superior a 10% caracterizando o comportamento em grupo das colunas, que apresentam uma melhora na capacidade de carga se comparada a isolada. Nos casos de aterros do tipo rodoviário, geralmente observa-se recalques maiores na região central do aterro, ou seja, um espraçamento dos recalques Lima (2012). Comumente, as rupturas analisadas nas colunas em grupo dá-se na forma de um cisalhamento cônico conforme relata Etzad et al. (2009).

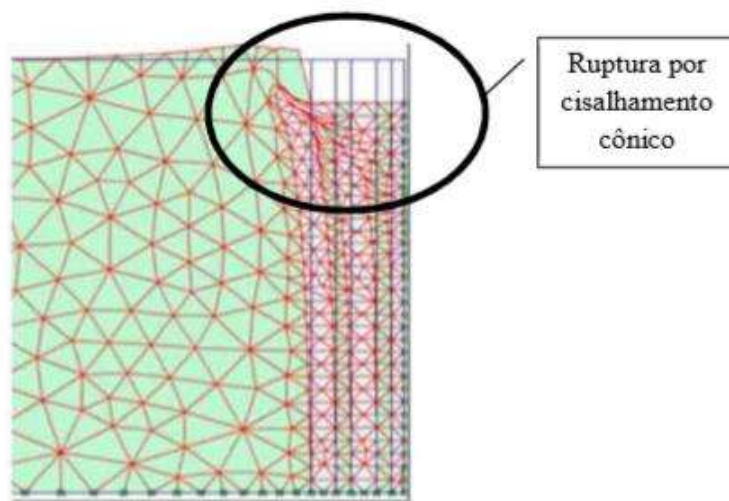


Figura 2 – Tipo de ruptura para um grupo de colunas. Fonte: Etzad et al. 2009.

2 Metodologia

2.1 Parâmetros de resistência do solo homogêneo equivalente

Nas análises de estabilidade geotécnica de solos tratados com colunas de brita, admite-se este solo tratado como um material homogêneo, cujos parâmetros de resistência c_m e ϕ_m podem ser calculados com base no coeficiente de substituição (CS) e do fator de concentração de tensões (FC), método este proposto por Priebe (1995) e nominado de

n. Almeida e Maques (2010) afirma que este método é um dos mais utilizados para este tipo de verificação. Combinando as teorias da elasticidade e dos empuxos de Rankine, chegou-se as expressões apresentadas a seguir:

$$\tan \phi_m = m \tan \phi_c + (1 - m) \tan \phi_s \quad (2)$$

$$c_m = (1 - m)c_s \quad (3)$$

$$m = \frac{CS \cdot FC}{[1 + (FC - 1)CS]} \quad (4)$$

Onde:

ϕ_m = ângulo de atrito interno do solo tratado

ϕ_c = ângulo de atrito interno do material da coluna

ϕ_s = ângulo de atrito interno do solo mole natural

c_m = coesão do solo tratado

c_s = coesão do solo natural

CS = coeficiente de substituição

FC = fator de concentração de tensões

Geralmente admite-se o comportamento não drenado nas análises de estabilidade de solos moles reforçados com colunas de brita, assim, o ângulo de atrito do solo mole a ser tratado pode ser adotado como nulo e a expressão 2 pode ser simplificada, resultando na expressão 5 apresentada abaixo:

$$\tan \phi_m = m \tan \phi_c \quad (5)$$

A partir dos parâmetros de resistência equivalentes c_m e ϕ_m do solo tratado e da geometria adotada em projeto, pode-se aplicar um método de análise de estabilidade clássico (Souza et al 2016). O perfil de resistência não drenada S_u de projeto adotado para a camada de argila é um dado fundamental para os cálculos de estabilidade, em geral, o ensaio mais utilizado para a determinação desse parâmetro é o ensaio de palheta de campo, de modo que aplica-se uma correção (Bjerrum 1969, 1973) para a obtenção da resistência a ser usada em projeto (Almeida e Maques 2010).

$$S_u(\text{projeto}) = \mu \cdot S_u(\text{palheta}) \quad (6)$$

2.2 Modelagem numérica

O software utilizado para as análises foi o PLAXIS 2D que necessita de uma transformação geométrica proposta por Tan et al. (2008). Observa-se que a análise unitária despreza a rigidez da coluna, em sua formulação analítica, porém, o efeito da rigidez da coluna deve ser considerado para uma análise mais realista do problema, por isso, Tan et al. (2008) apresentaram dois métodos de conversão para o estado plano-deformação onde os resultados foram validados a partir de análises axisimétricas.

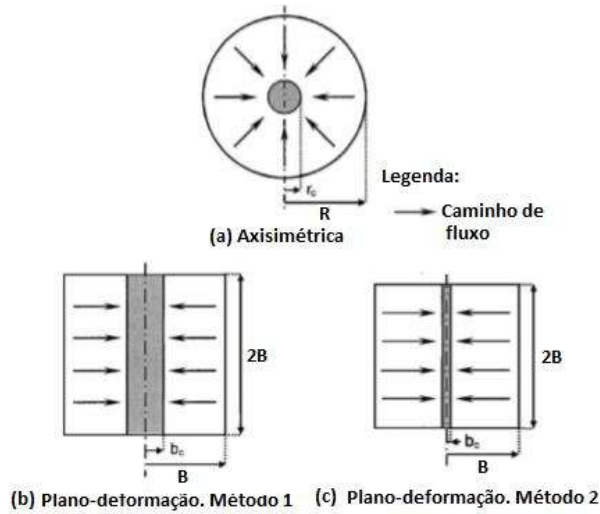


Figura 3 – Método de conversão para o estado plano-deformação. Fonte: Tan et al. (2008).

O primeiro método considera que o raio da coluna e a semi-largura da parede equivalem ($b_c = r_c$), e de forma semelhante o raio da área de influência R equivale a largura B . Considerando, duas conversões complementares equivalentes:

- Para rigidez: $E_{c,pl} a_{s,pl} E_{s,pl} (1 - a_{s,pl}) = E_{s,ax} a_{s,ax} + E_{s,ax} (1 - a_{s,ax})$ (7)

- Para Permeabilidade: $\frac{K_{h,pl}}{K_{h,ax}} = \frac{F(N)PL}{F(N)ax} \left[\frac{m_{vs} m_{vc} (1 - a_s)}{m_{vc} (1 - a_s + m_{vs} a_s)} \right] pl \left[\frac{m_{vc} (1 - a_s + m_{vs} a_{s0})}{m_{vs} m_{vc} (1 - a_s)} \right] ax \frac{B^2}{R^2}$ (8)

Onde:

E_c = Módulo de elasticidade da coluna granular;

E_s = Módulo de elasticidade do solo;

a_s = Razão de substituição (a_c);

k_h = Coeficiente de permeabilidade;

N = Razão entre diâmetros/larguras;

m_{vs} = Parâmetro de compressibilidade;

pl = Plano-deformação;

ax = Axisimétrica.

O segundo método é baseado na equivalência entre as permeabilidades em ambos os casos, este método preserva, as áreas para ambas condições e a largura da coluna para a condição de plano-deformação é dada pela equação a seguir.

$$b_c = B \frac{r_c^2}{R^2} \quad (9)$$

Com esta relação obtêm-se larguras menores se comparado ao primeiro método. Onde, R e B é a relação entre as áreas de influência de uma determinada malha (quadrada, retangular). Neste método as permeabilidades se equivalem, descartando a Equação 8. O modulo de elasticidade para ambas as condições são iguais.

Segundo Junior (2017) ambos os métodos foram submetidos a análises de validade, e concluiu-se que o segundo método é o mais indicado para conversão. O primeiro método apresenta resultados errôneos e fora do comportamento esperado e apresentado para o solo. Segundo os autores, a explicação está na falha do modelo em reproduzir o comportamento plástico da coluna de brita. Sendo assim, para o presente estudo, utiliza-se o Método 2 como ferramenta de conversão.

3 Resultados

Como mostrado anteriormente esta pesquisa usa dois tipos de análise de estabilidade, o método clássico que transforma o conjunto solo/coluna em um solo homogêneo competente e com parâmetros de resistência equivalentes, e o método de análise numérica usando um software de elementos finitos. Ambos os métodos necessitam de parâmetros dos ensaios realizados *in situ* e premissas de projeto.

Espessura da camada de solo mole	10 m
Resistência não drenada do solo mole (S_u)	10 kPa
Constante de compressibilidade $C_c/(1+e)$	0,375
Módulo confinado do solo Mole (E_{ms})	600 kPa
Coefficiente de Poison do solo mole (ν)	0,3
Coefficiente de adensamento vertical	0,0002 cm ² /s
Coefficiente de adensamento horizontal	0,0004 cm ² /s
Peso específico aparente do solo mole	14 kN/m ²
Ângulo de atrito do material da coluna	40°
Diâmetro das colunas	0,9 m
Espaçamento das colunas	2,5 m
Razão de substituição	0,12
Módulo confinado da coluna (E_{mc})	40000 kPa
Coefficiente de poison da brita (ν)	0,4
Altura do aterro	6 m
Peso específico aparente do aterro	20 kN/m ²

Tabela 1: Parâmetros representativos da seção de estudo. Fonte: Souza et al (2016)

Segundo Souza et al (2016) os valores do fator de segurança nas analises de estabilidade geotécnica da seção em estudo mostrou que a execução de colunas de brita com 90cm de diâmetro espaçadas de 2,5m em malha

triangular aumenta o coeficiente de segurança para 1,35 se comparado ao solo sem tratamento que tem apenas um valor de 0,6.

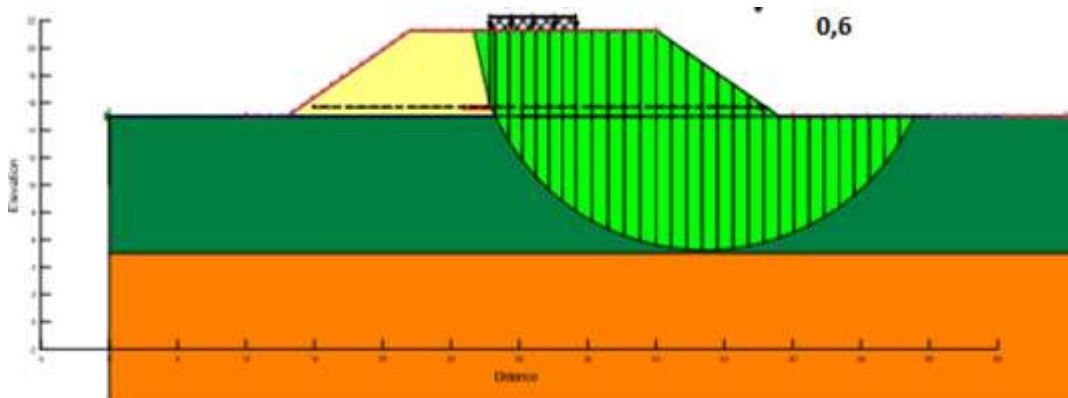


Figura 4 – Análise de estabilidade geotécnica de uma seção com solo mole sem tratamento.

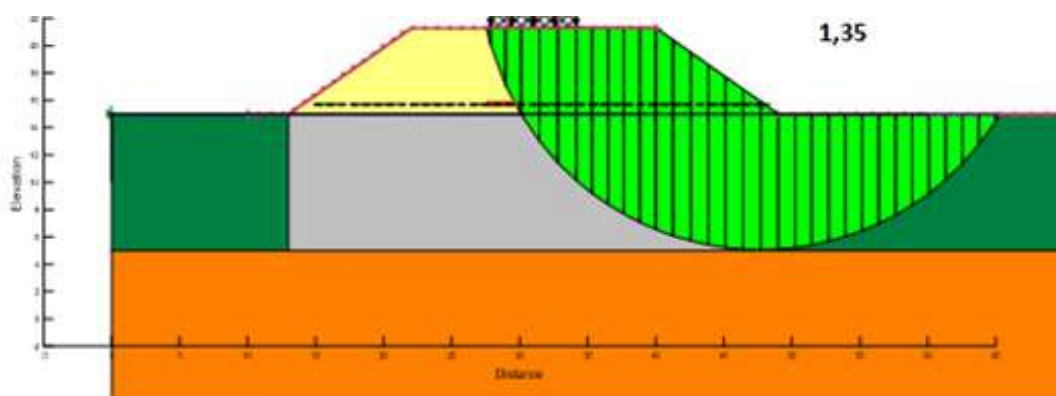


Figura 5 - Análise de estabilidade geotécnica de uma seção com solo reforçado com colunas de brita.

Para o cálculo de estabilidade utilizando o software PLAXIS 2D, é necessário a modelagem numérica do problema. O programa possui uma interface de fácil entendimento e utilização. Existem dois tipos de modelo: axisimétrico ou plano-deformação, nesta pesquisa optou-se pela análise do modelo plano-deformação, seguindo a transformação geométrica proposta por Tan et al. (2008) descrita anteriormente, as espessuras das colunas de brita foram calculadas pela Equação (9), obtendo-se um valor de 0,30m. Os parâmetros adotados para a modelagem estão descritos nas tabelas a seguir:

Tabela 2 - Parâmetros utilizados para materiais com modelos constitutivos Mohr-Coulomb

Material	γ (kN/m ³)	ϕ' (°)	c' (kPa)	E (kPa)	ν	k_x (m/dia)	k_v (m/dia)
Aterro de Conquista	20	30	0	2000	0,3	0,86	0,86
Colunas de Brita	19	40	0	40000	0,4	27000	27000
Colchão Drenante	17	30	0	45000	0,3	8,64	8,64
Aterro	20	30	0	25000	0,3	0,86	0,86

Tabela 3 - Parâmetros utilizados para materiais com modelos constitutivos SoftSoil-Creep.

Material	γ (kN/m ³)	C_c	C_s	e_0	c' (kPa)	ϕ' (°)	k_v (m/dia)	k_h (m/dia)
Argila	14	0,932	0,11	0,65	5	25	0,000026	0,000026

A malha de elementos finitos possui 30 m de largura e 17,5 m de altura, as malhas são triangulares com 15 nós de deslocamentos e 8 pontos para observação.

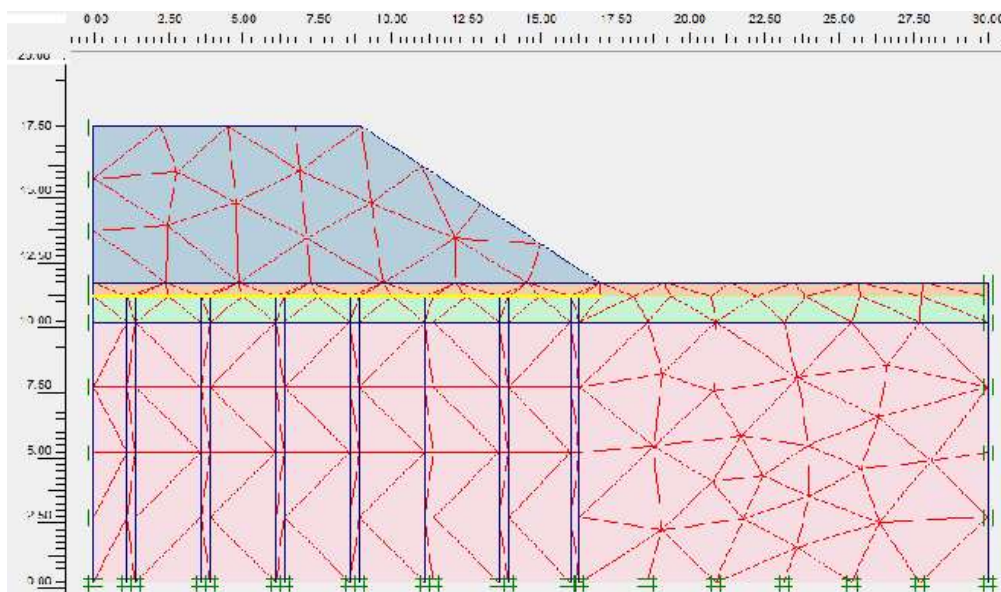


Figura 6 – Geometria e malha dos elementos finitos usados na seção de estudo

A norma preconiza um coeficiente de segurança para obras desta natureza um valor mínimo de 1,5. Com a modelagem no programa PLAXIS 2D o coeficiente de segurança inicial foi de 1,8. O coeficiente de segurança tende a aumentar com a dissipação do excesso de poropressão e ganho de resistência do conjunto solo/coluna, aumentando a estabilidade do aterro.

4 Conclusões

Pode-se observar que o método de Priebe (1995), onde se adota o conjunto solo/estrutura como um solo homogêneo equivalente obtivemos um coeficiente de segurança de 1,35 abaixo do que preconiza a norma, porém, apresentou grande melhora se comparado a estabilidade do aterro sem o tratamento do solo com as colunas de brita.

Observa-se na análise numérica do Programa PLAXIS 2D, que permite a modelagem de cada etapa da execução das colunas de brita, permitindo a utilização de parâmetros de ensaios *in situ*, ou seja, parâmetros reais e não equivalente dos materiais, obtivemos um coeficiente inicial 1,8 acima do que preconiza a norma. Afirmando que o dimensionamento das colunas de brita para o tratamento do solo mole está correto.

O método para melhor avaliação de estabilidade de problemas geotécnicos desta natureza é o de análise numérica no Programa PLAXIS 2D de elementos finitos, o software possibilita a modelagem e a utilização de parâmetros reais de cada material, simulando de forma mais próxima a realidade, favorecendo assim, o melhor dimensionamento das colunas de brita.

5 Referências bibliográficas

- Almeida MSS, Marques MÊS (2010) “Aterros sobre solos moles - projeto e desempenho.” São Paulo: Editora Oficina de Textos
- Bjerrum L (1973), “Problems of soil mechanics and construction on soft clays and structurally instable soils”. In: Proceedings of the 8th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Moscow, 3: 111-159
- Castro J (2008). “Análisis teórico de la consolidación y deformación alrededor de columnas de grava”. Tese de Doutorado, Universidade de Cantabria, Santander, Espanha
- Etezad M, Hanna A, Ayadat T (2009) “Discussion of "Behavior of Stone Columns Based on Experimental and FEM Analysis by A. P. Ambily and Shailesh R. Gandhi”. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering 135(9): 1355-1356
- FHWA (1983). “Design and construction of stone columns. Vol 1. Report FHWA/RD83/027.” Barksdale, R.D. e Bachus R.C. Federal Highway Administration
- Junior LS et al (2017) Numerical Modeling of Test Embankment Supported by Stone Column Foundation. In: FARIA, P. d. O. (Ed.). In: Proceedings of the XXXVIII Iberian Latin American Congress on Computational Methods in Engineering. Florianópolis
- Lima BT (2012) Bruno Teixeira Estudo do uso de colunas de brita em solos argilosos muito moles. Dissertação, Universidade Federal do Rio de Janeiro

Priebe HJ (1995) The Design of vibro replacement. <https://www.geplus.co.uk/download?ac=1423451>. Acessado em 10 de outubro de 2018

Souza GLA, Pacheco M, Souza RN, Viana EA (2016) Projeto e controle de execução de reforço de solos moles utilizando colunas de material granular: Experiência com a implantação de um grande empreendimento rodoviário. In: Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica

Tan AS, Tjahyono S, Oo KK (2008) Simplified Plane-Strain Modeling of Stone-Column Reinforced Ground. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 134 (2): 185–194