

Análise de riscos ambientais e de acidentes em ensaios de provas de carga estática de fundações profundas

Analysis of environmental risks and accidents in deep foundation static load tests

¹Aleones José da Cruz Júnior, ²Taline Carvalho Martins, ³Daniel Magalhães da Cruz, ⁴Isabelle Rocha Arão

¹Professor do ensino básico, técnico e tecnológico – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Trindade (IFGoiano) (aleones.junior@ifgoiano.edu.br)

²Professora do ensino básico, técnico e tecnológico – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Campus Rio Verde (IFGoiano) (taline.carvalho@ifgoiano.edu.br)

³Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) (daniel.cruz@ufrgs.br)

⁴Professora de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho – Centro Universitário Araguaia (UniAraguaia) (isabellearao@faculdadearaguaia.edu.br)

RESUMO: Este trabalho se constitui em um estudo de caso sobre os riscos ambientais e de acidentes de um ensaio de Prova de Carga Estática (PCE) realizada em estaca de fundação de uma obra de construção civil em Goiânia no ano de 2020. O objetivo geral foi realizar o levantamento dos potenciais riscos ambientais e de acidentes na execução das etapas do ensaio e propor medidas mitigadoras. A metodologia possui uma abordagem qualitativa com procedimento experimental, sendo que para a obra do estudo de caso, após revisão bibliográfica, inspeção e acompanhamento *in loco*, foram definidas três etapas de serviços, sendo elas: montagem do sistema de reação, travamento do sistema de reação, e execução do ensaio com aplicação dos carregamentos. Foram aplicadas três técnicas que permitiram classificar e analisar os riscos, dentre elas: Análise Preliminar de Riscos (APR), técnica estruturas “e se?” (WI) e técnica *Hazard Rating Number* (HRN). A técnica APR consegue fazer uma descrição geral de todos os riscos, enquanto a WI é melhor para descrever os riscos mais relevantes, ao passo que HRN consegue quantificar através de índices todos os riscos levantados. Os riscos mais relevantes foram advindos de movimentação de cargas, serviços em altura e ruptura do sistema. As medidas mitigadoras principais constam em afastar trabalhadores do sistema durante o ensaio; nos serviços de movimentação de cargas garantir a manutenção do equipamento e treinamento do operador; treinamento de funcionários para movimentação de cargas e para trabalhos em altura; e garantir linha de vida, fornecimento de Equipamentos de Proteção Individual (EPI), e de plataformas seguras para o trabalho. A análise de riscos através dos três métodos evidenciou os pontos críticos no desenvolver do ensaio e propôs melhorias para tornar o ensaio de PCE mais seguro aos trabalhadores.

Palavras Chave: Segurança do trabalho. Ensaio de controle de fundações. Técnicas de avaliação de riscos.

ABSTRACT: This work constitutes a case study on the environmental and accident risks of a static load test (PCE) carried out on a foundation pile of civil construction work in Goiânia in 2020 year. The general objective was to carry out a survey of the potential environmental risks and accidents in the execution of the test steps and propose mitigating measures. The methodology is based on a qualitative approach with an experimental procedure, and for the case study work, after reviewing the literature, rules and procedures, inspection, and on-site monitoring, three stages of services were defined, namely: assembly of the reaction system, locking of the reaction system, and execution of the test with load application. Three techniques were applied that allowed classifying and analyzing the risks, among them: Preliminary Risk Analysis (APR), technique structures "what if?" (WI), and Hazard Rating Number (HRN) technique. The APR technique can make a general description of all the risks, while the WI is better at describing the most relevant risk, while the HRN can quantify all the risks raised through indices. The most relevant risk arise from cargo handling, services at heights, and system disruption. The main mitigating measures are to remove workers from the system during the test; in the cargo handling services, ensure equipment maintenance and operator training; employee training for cargo handling and work at height; and ensure lifeline, supply of Personal Protective Equipment (PPE), and safe work platforms. Risk analysis using the three methods highlighted the critical points in the development of the test and proposed improvements to make the PCE test safer for workers.

Keywords: Work safety. Foundation control test. Risk assessment techniques.

1. INTRODUÇÃO

A garantia do desempenho de uma fundação profunda de uma obra de construção civil pode ser obtida a partir de um teste em verdadeira grandeza de uma estaca, conforme determina a NBR 6122 (ABNT, 2019), com a realização de um ensaio de Prova de Carga Estática (PCE) a cada conjunto de 100 estacas na obra.

O ensaio de prova de carga estática tem seu método definido pela NBR 16903 (ABNT, 2020). Normalmente são realizados em etapas iniciais das obras, em condições transitórias, muitas delas não adequadas, podendo ser consideradas perigosas. Portanto, a avaliação das condições do ambiente de trabalho para execução destes testes ainda não é rotina dos Setores de Saúde e Segurança do Trabalho (SST), seja por ausência do setor quando ocorre a execução dos serviços, tempo curto da atividade, negligência ou desconhecimento da natureza das atividades, todavia a NR 18 (BRASIL, 2020c) traz diretrizes gerais que devem ser seguidas, mesmo que não contemple em seu escopo a especificidade relativa à execução de PCE.

Para avaliar os riscos relacionados a prova de carga estática, primeiramente deve-se entender todo o conjunto de procedimentos e atividades relacionadas a execução do ensaio previstos em norma e observados no caso de estudo. A partir daí deve-se buscar a solução das seguintes questões: quais são as atividades mais relevantes? Quais são os riscos associados a cada atividade? Quais atividades impactam em condições de maiores riscos? E por fim quais medidas e cuidados devem ser tomados afim de eliminar ou minimizar os riscos enumerados?

Neste estudo, todos esses levantamentos foram combinados utilizando metodologias consagradas de análise de riscos: Análise Preliminar de Riscos (APR), método estruturado “e se?” (*What if – WI*), e método *Hazard Rating Number* (HRN).

Este trabalho tem como objetivo geral analisar os riscos ambientais e de acidentes em ensaios de prova de carga estática, com aplicação em uma obra de construção civil em Goiânia-GO. Como objetivos específicos podem ser listados: entender as etapas e as atividades para execução do ensaio de prova de carga estática; enumerar os riscos associados a cada atividade; classificar as atividades que impactam em condições de maiores riscos; e propor medidas e cuidados a serem tomados afim de eliminar ou minimizar os riscos enumerados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Risco pode ser entendido como a possibilidade de um evento adverso com efeito negativo sobre uma organização, sendo assim a palavra risco é entendido como algo não desejável. Em contraponto, a palavra chance é utilizada quando o evento tem efeito positivo, um resultado favorável. O significado associado à palavra risco pode ser enumerado em três aspectos: de *Hazard* – condições de uma variável com potencial necessário para causar danos como lesões pessoais, danos a equipamentos e instalações, danos ao meio-ambiente, perda de material em processo ou redução da capacidade de produção; de *Risk* – expressa uma probabilidade de possíveis danos em um período específico de tempo ou número de ciclos operacionais, podendo ser indicado pela probabilidade de um acidente multiplicado pelo dano em valores monetários, vidas ou unidades operacionais; e de Incerteza – quanto à ocorrência de um determinado acidente (RUPPENTHAL, 2013).

Leinfelder (2016) evidencia um serie de conceitos, relativos a: risco, perigo, severidade, probabilidade e estudo de riscos. Conceituando que um perigo deve ser reconhecido e entendido como algo mais amplo, relacionado a uma fonte que pode causar lesões ou doenças, danos a propriedade, e danos ao meio ambiente do local de trabalho, ou combinação destas. Já o risco seria definido se associar o perigo e relacionar com a probabilidade de ocorrência do evento, e com a severidade que é entendida como gravidade

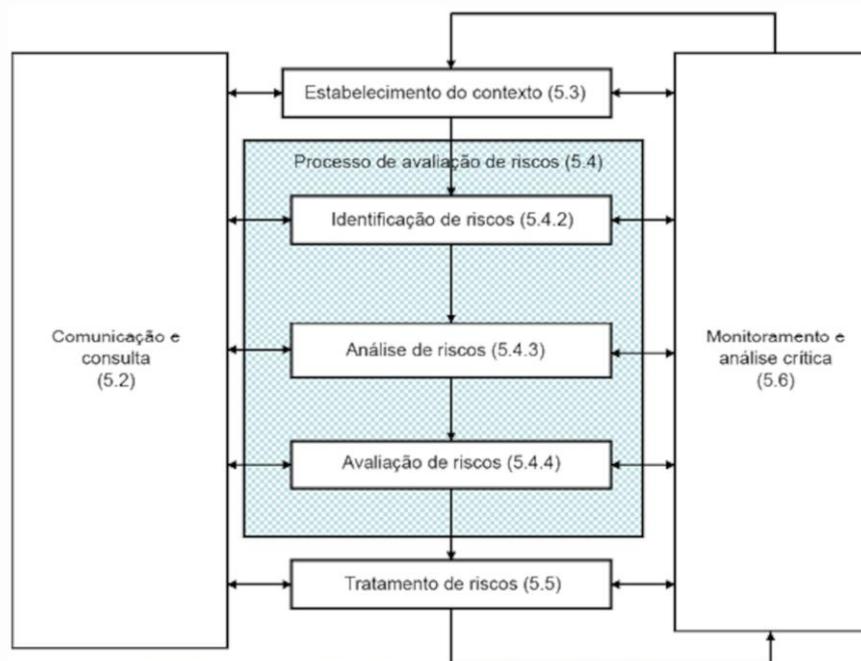
da consequência. Assim o risco pode ser expresso como uma função de probabilidade e de severidade para um dado perigo levantado. Conceitos gerais de riscos ocupacionais e perigos constam na NR 1 (BRASIL, 2020a).

As normas internacionais como a *Occupational Health and Safety Assessment Series* (OHSAS) - OHSAS 18001 (BSI, 2007), e brasileiras como as NBR ISO 31000 (ABNT, 2009) e NBR ISO 31010 (ABNT, 2012), indicam um método sistemático para o gerenciamento de riscos que iniciam com a escolha do objeto para em seguida: identificar, analisar, estimar, tratar, monitorar e comunicar os riscos associados a alguma atividade, função ou processos relacionados a este objeto. O processo envolve a identificação dos perigos e análise dos riscos, estimando-se a expectativa de ocorrência dos eventos e os impactos que estes causam. Na NBR ISO 31000 (ABNT, 2009) consta um fluxograma do processo de gestão de riscos, mostrado na Figura 1.

De acordo com Ruppenthal (2013) não existe um método ótimo para se identificar riscos. Sugere-se obter uma grande quantidade de informações sobre riscos, por meio da combinação de várias técnicas e métodos existentes, com a inspeção de segurança e de riscos, investigação de acidentes já ocorridos, e também fluxogramas de processos para identificação de riscos, assim evitar ameaças por perdas decorrentes de acidentes.

Dentre as várias técnicas de identificação de perigos e riscos podem ser enumeradas como principais: técnica estruturada “e se?” (*what if?* – WI) (DINIZ, 2019), Análise Preliminar de Riscos (APR) (DINIZIO; MARTINS, 2020), Análise de Modo de Falhas e Efeitos (FMEA) (CAVAIGNAC; FORTE, 2018), Análise de Operabilidade de Perigos (HAZOP) (SILVA; SOUZA, 2018) e *Hazard Rating Number* (HRN) (JEAN; ROSA, 2022).

Figura 1 – Fluxograma do processo de gestão de riscos segundo NBR ISO 31000 (ABNT, 2009).



Fonte: ABNT (2009).

Rohm et al. (2020) discutem as novas diretrizes definidas para a implantação do Gerenciamento de Riscos Ocupacionais (GRO), a partir das revisões das NR 1 - Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais (BRASIL, 2020a) e NR 9 - Avaliação e controle das exposições ocupacionais a agentes físicos, químicos e biológicos (BRASIL, 2020b) também discorrem que as ferramentas de análise de riscos estabelecem uma

metodologia orientada para calcular ou classificar o risco de determinado evento, de modo qualitativo, quantitativo ou semi-quantitativo.

As análises quantitativas necessitam de mensuração matemática com índices e pesos, sendo recomendados em casos de riscos classificados como intoleráveis. As análises qualitativas utilizam métodos que servem basicamente para identificação de condições perigosas e de eventos indesejados. As ferramentas de análise de risco semi-quantitativas incorporam uma fase de classificação dos riscos, levando em conta a severidade e a probabilidade do evento indesejado. A escolha da metodologia para análise de riscos deve considerar a natureza da atividade, disponibilidade de informação, experiência do gestor/grupo, entre outros fatores.

A análise de risco de variadas condições de serviços já foram objeto de inúmeros trabalhos presentes na literatura, mas cabe enumerar algumas pesquisas semelhantes com objetivo proposto de avaliar riscos ocupacionais em ambientes específicos de trabalho, como:

- Christófoli et al. (2018) avaliaram os riscos ocupacionais presentes nas atividades com uso de água, em uma cozinha hospitalar, propondo ações mitigadoras para os problemas encontrados. Foram utilizadas técnicas qualitativas e descritivas para levantamento dos riscos, assim como neste trabalho. Detectaram problemas nas instalações e na execução das tarefas. Por fim demonstraram a necessidade de implementação de planos de gestão integrados que buscam diminuir os impactos ambientais e reduzir gastos financeiros.
- Oliveira e Febras (2019) identificaram riscos ocupacionais existentes nos equipamentos de uma usina de concreto e a apresentação do estudo das propostas de redução ou eliminação com base na NR 12 (BRASIL, 2019a). Aplicaram a técnica de avaliação de riscos *Hazard Rating Number* (HRN) para atividades enumeradas por check-list, semelhante a este trabalho foram listados os riscos mais relevantes com base na inspeção *in loco*.
- Paulino (2019) descreveu um procedimento de avaliação de risco identificando as áreas mais agravantes no processo fabril de uma indústria produtora de biodiesel em Porto Nacional/TO. Utilizou as técnicas de análise de risco: *Hazard Rating Number* e Análise Preliminar de Risco. Os resultados obtidos pelo uso das técnicas de análise de risco permitiram quantificar o grau de perigo das atividades referentes à manutenção de fábrica, como também apresentam sugestões para que estes sejam eliminados ou amenizados.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a análise de riscos ambientais e de acidentes em ensaio de prova de carga estática foi definido o método científico da pesquisa hipotético dedutivo conforme definido por Del Bianco (2016), com uma abordagem qualitativa, com natureza aplicada, com procedimento experimental, uma vez que o objeto é ensaio de campo de uma obra de construção civil, que é executado em um determinado momento da obra. A referida pesquisa científica pode ser classificada quanto ao seu delineamento como estudo de caso.

O objeto de pesquisa definido foi um estudo de caso de um ensaio em uma obra de construção civil, onde busca-se uma análise dos riscos ambientais e de acidentes. Em relação a técnica de coleta de dados de observação sistemática, entende-se ser possível de utilizá-la porque já se tem pré-selecionado os aspectos da atividade que será observada, conforme discutido por Del Bianco (2016).

A primeira etapa da pesquisa consistiu na revisão bibliográfica sobre o tema, buscando trabalhos que já foram publicados abordando o mesmo assunto, ou temas semelhantes. Também nesta etapa foi feito um levantamento das normas vigentes sobre o procedimento do

ensaio, como a NBR 6122 (ABNT, 2019) e NBR 16903 (ABNT, 2020), e de documentos da obra como Programa de Gerenciamento de Riscos Ambientais (PPRA) e/ou Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), além de protocolos e procedimentos internos da obra relacionados a Saúde e Segurança do Trabalho (SST) que podem de alguma forma intervir nos procedimentos do ensaio. Nesta etapa a pesquisa teve um foco bibliográfico e documental.

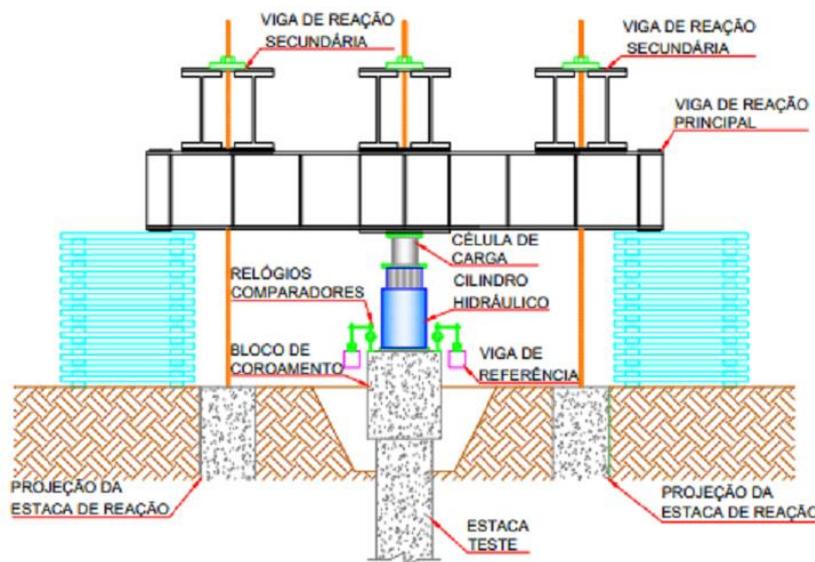
A segunda etapa constou no acompanhamento do ensaio com o levantamento dos riscos ambientais e de acidentes durante a preparação, montagem e execução do ensaio de prova de carga estática. Uma vez selecionado o estudo de caso, da obra em análise, a pesquisa tomou um formato de pesquisa qualitativa, aplicada, explicativa e experimental.

A terceira etapa teve um foco na análise e proposição de soluções. Uma vez que todos os riscos ambientais e de acidentes foram enumerados, foi possível classificar as atividades que impactam em condições de maiores riscos e também propor medidas e cuidados a serem tomados afim de eliminar ou minimizar os riscos enumerados.

3.1 Aspectos gerais do ensaio de Prova de Carga Estática

Segundo Fellenius (2022) o ensaio de Prova de Carga Estática (PCE), desde os primeiros registros identificados, tem sofrido evolução contínua de modo a torná-lo mais categórico, rápido e econômico, bem como de maneira a permitir que sua execução ocorra da forma mais representativa da condição prevista para a situação real de execução. Lacerda et al. (2015) fazem um breve relato da evolução histórica do ensaio de PCE. A Figura 2 mostra um esquema genérico do ensaio de PCE com sistema de reação em estacas muito comum nas obras atualmente.

Figura 2 – Esquema genérico de montagem de prova de carga estática.



Fonte: Souza e Albuquerque (2020).

A partir das normas NBR 6122 (ABNT, 2019) e NBR 16903 (ABNT, 2020), que definem o ensaio de PCE no âmbito dos aspectos de engenharia civil, pode-se ressaltar os seguintes processos executivos que determinam as etapas de trabalho e por consequência definiram condições perigosas com riscos associados:

- Condições de entorno de 30m sem vibrações ou serviços, e equipamentos de medição durante o ensaio em abrigo de intempéries;

- Quando da utilização de reação em cargueiras, garantir com cavaletes ou “fogueiras” a estabilidade e a segurança do sistema devem ser atendidas em todo o ensaio;
- No caso de reações por tirantes ou estacas, estes devem fornecer capacidade maior que a carga máxima do ensaio, para que não ocorra ruptura do sistema;
- A carga máxima aplicada no sistema corresponde a duas vezes a carga de projeto da estaca prova, para tal o sistema de reação deve suportar os esforços;
- São previstas quatro metodologias de execução do ensaio, de forma que o ensaio pode durar de cinco horas a tempos maiores que vinte quatro horas;
- O monitoramento dos deslocamentos do sistema de reação deve ser realizado com finalidade de prevenção de acidentes.

A NR 18 (BRASIL, 2020c) regulamenta condições de segurança e saúde no trabalho na indústria da construção, porém não contempla no seu escopo as atividades de prova de carga estática, assim não dispõe no seu texto condições específicas inerentes a estes trabalhos. Todavia, a referente norma estabelece condições mínimas de segurança e ambiente de trabalho em canteiros de obras, como por exemplo, definições de áreas de vivência, sinalização e isolamento de áreas de serviço, movimentação de cargas e serviços de solda. Por outro lado, a NR 18 (BRASIL, 2020c) determina que sejam obrigatórias a elaboração e a implementação do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) nos canteiros de obras, contemplando os riscos ocupacionais e suas respectivas medidas de prevenção, sendo assim, a de se esperar que os aspectos de segurança do trabalho referentes ao ensaio de PCE constasse nesse documento.

3.2 Técnicas para avaliação de riscos

Para análise dos riscos ambientais e de acidentes foram considerados os conceitos, definições e métodos previstos nas normas que tratam do tema, em específico, da norma OHSAS 18001 (BSI, 2007), que trata de sistema de gestão de segurança e saúde ocupacional. Também das normas brasileiras, NBR ISO 31000 (ABNT, 2009), que é uma norma de gestão de riscos, que fornece princípios e diretrizes para a gestão de riscos, tendo aplicabilidade para qualquer empresa pública, privada ou comunitária, associação, grupo ou indivíduo e não é específica para qualquer indústria ou setor. A NBR ISO 31010 (ABNT, 2012), que trata das técnicas para o processo de avaliação de riscos, é uma norma de apoio à NBR ISO 31000 (ABNT, 2009) e fornece orientações sobre a seleção e aplicação de técnicas sistemáticas para o processo de avaliação de riscos.

Como técnicas de avaliação de riscos foram utilizadas neste trabalho a Análise Preliminar de Riscos (APR), técnica estruturada "E se?" (*What if?* – WI), e a técnica *Hazard Rating Number* (HRN).

Segundo Dinizio e Martins (2020) a técnica APR de identificação de riscos teve origem nos programas de segurança militar criados no departamento de defesa dos EUA. É uma técnica estruturada que tem por objetivo identificar os riscos presentes numa instalação e que podem ser ocasionados por eventos indesejáveis. A técnica APR está descrita na NBR ISO 31010 (ABNT, 2012).

A APR pode ser utilizada durante as etapas de desenvolvimento, estudo básico, detalhamento, implantação e ainda nos estudos de revisão de segurança de uma instalação existente (DINIZIO; MARTINS, 2020). A NBR ISO 31010 (ABNT, 2012) define sua utilização, como:

É mais comumente realizada no início do desenvolvimento de um projeto quando há pouca informação sobre detalhes do projeto ou procedimentos operacionais e pode muitas vezes ser uma precursora para estudos adicionais

ou fornecer informações para a especificação do projeto de um sistema. Ela também pode ser útil ao analisar os sistemas existentes para priorizar os perigos e riscos para análise adicional ou quando as circunstâncias impedem a utilização de uma técnica mais extensiva. (ABNT,2012, p.29).

O método é estruturado na forma de uma tabela onde são listados os riscos, causas, efeitos, categorias de severidade, medidas preventivas ou corretivas e responsabilidades, como apresentado por Ruppenthal (2013) no Quadro 1.

Quadro 1 – Planilha para Análise Preliminar de Riscos.

Risco	Causa	Efeito	Categoria de severidade	Medidas preventivas e corretivas	Responsável
Risco associado a uma determinada atividade	O que causa o risco	Qual a consequência ao ocorrer o evento	Quanto o evento ocorrido pode causar de dano	Medidas para minimizar ou eliminar os riscos	Responsável por implantar e acompanhar as medidas

Fonte: Adaptado de Ruppenthal (2013).

Para a utilização da APR é necessário verificar as categorias de severidade dos efeitos, descritas por Dinizio e Martins (2020), como indicado no Quadro 2.

Quadro 2 – Categorias de severidade dos efeitos planilha APR.

Categoria	Descrição
Catastrófica V	Múltiplas fatalidades intramuros ou fatalidade extramuros; Danos catastróficos com possibilidade de perda da instalação industrial; Danos severos em áreas sensíveis ou se estendendo para outros locais
Crítica IV	Até 3 fatalidades intramuros ou lesões severas extramuros; Danos severos aos sistemas (reparação lenta); Danos severos com efeito localizado.
Média III	Lesões severas intramuros ou lesões leves extramuros; Danos significantes aos sistemas; Danos moderados.
Marginal II	Sem lesões ou primeiros socorros; Danos leves a equipamentos sem comprometimento da continuidade operacional; Danos insignificantes.
Desprezível	Sem lesões ou primeiros socorros; Danos leves a equipamentos sem comprometimento da continuidade operacional; Danos insignificantes.

Fonte: Dinizio e Martins (2020).

A técnica estruturada “e se?” (*what if* – WI) pode ser utilizada no projeto na fase pré-operacional ou na produção, trata-se de uma análise qualitativa e geral, de simples aplicação, cuja utilidade é possibilitar uma primeira abordagem para identificação de riscos (DINIZ, 2019). A NBR ISO 31010 (ABNT, 2012) ressalta no item B.9.6 do seu escopo, nos pontos fortes e limitações, a utilização desta técnica qualitativa requer uma equipe experiente, com um moderador experiente, para que possam ser levantados os riscos em condição preliminar anterior a aplicação de uma técnica quantitativa mais sofisticada. Diniz (2019) sugere a estrutura do Quadro 3, como forma de registro desta técnica.

Quadro 3 – Planilha para técnica estruturada “E se?”.

Atividade	Teste de Hipótese “e se...?”	Causa / Perigo	Consequências	Observações e recomendações
Relato de uma atividade	Algo relacionado a um desvio na atividade	Qual a causa do desvio	Qual a consequência do desvio	Medidas para minimizar ou eliminar os riscos

Fonte: Diniz (2019).

Por fim a técnica *Hazard Rating Number* (HRN), é muito comum para se estimar os riscos em máquinas e equipamentos, utilizada com frequência para se quantificar e graduar o nível de risco, também conhecida como, Número de Avaliação de Riscos. Este método classifica um risco de modo a se ter a noção se este é aceitável ou não. O método tem grande eficácia, pois, a partir de um risco identificado, relacionado ao perigo considerado, tem-se uma função da gravidade do dano com a probabilidade de ocorrência deste mesmo dano para um dado número de trabalhadores expostos (JEAN; ROSA, 2022). Assim pode-se equacionar cada risco encontrado conforme mostra a Equação 1.

$$HRN = LO \cdot FE \cdot DPH \cdot NP \quad (1)$$

onde: HRN, é o número de avaliação de riscos; LO, é a probabilidade de ocorrência; FE, é a frequência de exposição; DPH, é o grau de possível lesão; e NP é o número de pessoas sob o risco. Cada uma destas variáveis é definida por tabelas conforme indicado, respectivamente, nas Tabelas 1, 2, 3 e 4.

Tabela 1 – Probabilidade de ocorrência.

Probabilidade de Ocorrência do Dano	LO
Certamente	15
Esperado	10
Provável	8
Alguma Chance	5
Possível	2
Não Esperado	1
Impossível	0,33

Fonte: Jean e Rosa (2022).

Tabela 2 – Frequência de exposição.

Frequência de Exposição ao Risco	FE
Constantemente	5
Horário	4
Diariamente	2,5
Semanal	1,5
Mensal	1
Anual	0,2
Raramente	0,1

Fonte: Jean e Rosa (2022).

Tabela 3 – Grau de possível lesão.

Dano	DPH
Morte	15
Perda de 2 membros/olhos ou doença grave (irreversível)	8
Perda de 1 membro/olho ou doença grave (temporária)	4
Fratura – Ossos importantes ou doença leve (permanente)	2
Fratura – Ossos menores ou doença leve (temporária)	1
Laceração/Efeito leve na saúde	0,5
Arranhão/Contusão	0,1

Fonte: Jean e Rosa (2022).

Tabela 4 – Número de pessoas sob o risco.

Número de Pessoas Expostas	NP
Mais de 50 pessoas	12
16-50 pessoas	8
8-15	4
3-7	2
1-2	1

Fonte: Jean e Rosa (2022).

O resultado obtido para o valor HRN na Equação 1 é analisado conforme a Tabela 5 para verificação e classificação dos riscos.

Tabela 5 – Classes de riscos HRN.

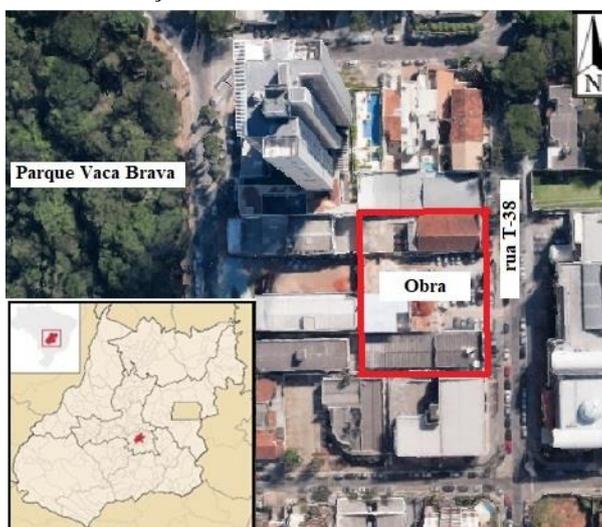
HRN	Risco	Descrição	Ação
0-5	Insignificante	Risco muito baixo para segurança e saúde	Nenhuma ação
5-50	Baixo e significativo	Riscos necessários para a implementação de medidas de controle e segurança urgentemente	Melhoria Recomendada
50-500	Alto	Possíveis riscos que exigem medidas de controle de segurança urgentemente	Necessária ação de melhoria
500+	Inaceitável	Inaceitável utilização do equipamento na situação atual	Necessária ação de melhoria

Fonte: Jean e Rosa (2022).

3.3 Caracterização do estudo de caso

O estudo de caso definido localiza-se numa obra no setor Bueno em Goiânia, Goiás, no Centro Oeste do Brasil, nas coordenadas 16°42'37" S e 49°16'07" O (polígono vermelho indicado na Figura 3). Foram executados dois ensaios de Prova de Carga Estática, os ensaios foram executados para fins de projeto em estágio anterior a escavação da obra, entre 20 a 24 de outubro de 2020. O canteiro não havia sido montado, estando somente a área cercada. Os ensaios de PCE foram realizados pelo método de Prova de Carga Lenta (PCL), conforme rege a NBR 16903 (ABNT,2020), em estacas tipo hélice contínua de diâmetro de 80cm e de comprimentos de 21m e 23m. O sistema de reação contou também com estacas tipo hélice contínua de mesmo diâmetro e profundidade, com montagem similar à ilustrada na Figura 2.

Figura 3 – Localização do estudo de caso em Goiânia, Goiás, Brasil.



Fonte: Adaptado de Google Earth (acessado em 19 de novembro 2022).

Foram acompanhados *in loco* todos os serviços referentes ao ensaio de PCE, desde a chegada dos equipamentos, montagem do sistema de aplicação de cargas, execução do procedimento de ensaio, desmontagem do sistema e movimento para próximo ensaio e/ou retirada dos equipamentos. O número de trabalhadores envolvidos foi de dois da empresa especializada no serviço, sendo um chefe de equipe e um auxiliar, mais um operador de caminhão Munck de empresa terceirizada em atividades de movimentação de carga, um fiscal engenheiro da empresa proprietária que acompanhou algumas etapas do serviço.

Apesar do presente trabalho mostrar a análise de riscos somente de dois ensaios realizados em um único local, pode-se afirmar que a natureza e as condições de serviço que constam na maioria das obras onde o ensaio de PCE são executados não diferem, porque representam condições iniciais de obra e quase sempre são executados pelas mesmas empresas especializadas nos ensaios.

Durante o acompanhamento das atividades em campo a equipe de pesquisa perguntou sobre a disponibilidade dos documentos pertinentes (PGR, PPRA, ficha de equipamentos de proteção individual e coletiva, comprovantes de treinamentos específicos), não foram feitas por parte dos pesquisadores intervenções nos procedimentos ou insistência no fornecimento de documentos para não tornar a avaliação viciada.

4. RESULTADOS/ DISCUSSÕES

Para o estudo de caso deste trabalho foram solicitados os documentos da obra disponíveis que tratavam das condições de segurança do trabalho, como o PPRA (anteriores a fevereiro/2020) ou PGR (a partir de fevereiro/2020), porém estes documentos não foram fornecidos porque ainda estavam em fase de elaboração. O estudo de caso, representa a condição de execução dos ensaios de PCE, que na maioria das situações ocorrem no início da obra, coincidentes ou até antecedentes a fase de montagem do canteiro. Ressaltando a importância e o ineditismo do presente estudo que visa avaliar os principais riscos para o ensaio de prova de carga estática que antecede os serviços de fundações profundas em obras de construção civil.

Após o acompanhamento de todo o conjunto de atividades que constitui a execução do ensaio de PCE para o estudo de caso, foram definidas as seguintes etapas do ensaio para a análise de riscos ambientais e de acidentes: i) Montagem do sistema de reação; ii) travamento do sistema de reação; e iii) execução do ensaio com aplicação dos carregamentos. Foram notados durante a execução vários desvios de procedimentos e de falta ou má utilização de Equipamento de Proteção Individual (EPI).

4.1.1 Montagem do sistema de reação

O sistema de reação é composto por um conjunto de vigas metálicas responsável por fornecer a ancoragem necessária para aplicação de cargas na estaca central, portanto, construídas em vigas de material suficientemente rígido para os níveis de carga que se pretende aplicar. Na obra definida o sistema de reação tem capacidade aplicação de cargas até 500 toneladas, constando de uma viga principal com peso aproximado de 5 toneladas, 2 vigas secundárias de 1,2 tonelada cada, 4 blocos de concreto para cavaletes cada um com peso de 600kg, macaco atuador de carga com peso de 500kg. Todos estes equipamentos pesados são movimentados por guindastes, gruas ou caminhões *munck* e devem ser posicionados de modo preciso para evitar excentricidades ou desaprumos. A Figura 4 mostra uma sequência de fotos da montagem deste sistema.

A partir do acompanhamento das atividades e como ilustrado na Figura 4, podem ser enumerados os seguintes riscos ambientais e de acidentes, com seus agentes:

- riscos físicos: radiação solar em dias de sol, umidade em caso de chuva - todos os serviços são executados ao ar livre;
- riscos químicos: presença de poeiras e materiais particulados de solo;
- riscos ergonômicos: posturas inadequadas e eventual trabalho com excesso de peso;
- riscos biológicos: Coronavírus - devido ao período de pandemia de COVID19;
- riscos de acidentes: quedas em mesmo nível ou com diferença de nível, quedas de carga (movimentação de cargas em altura).

Figura 4 – Montagem do sistema de reação: (a) chegada material em caminhão Munck; (b) movimentação da viga principal; (c) movimentação da 1ª viga secundária; (d) movimentação da 2ª viga secundária; e (e) movimentação das chapas de travamento.



4.1.2 Travamento do sistema de reação

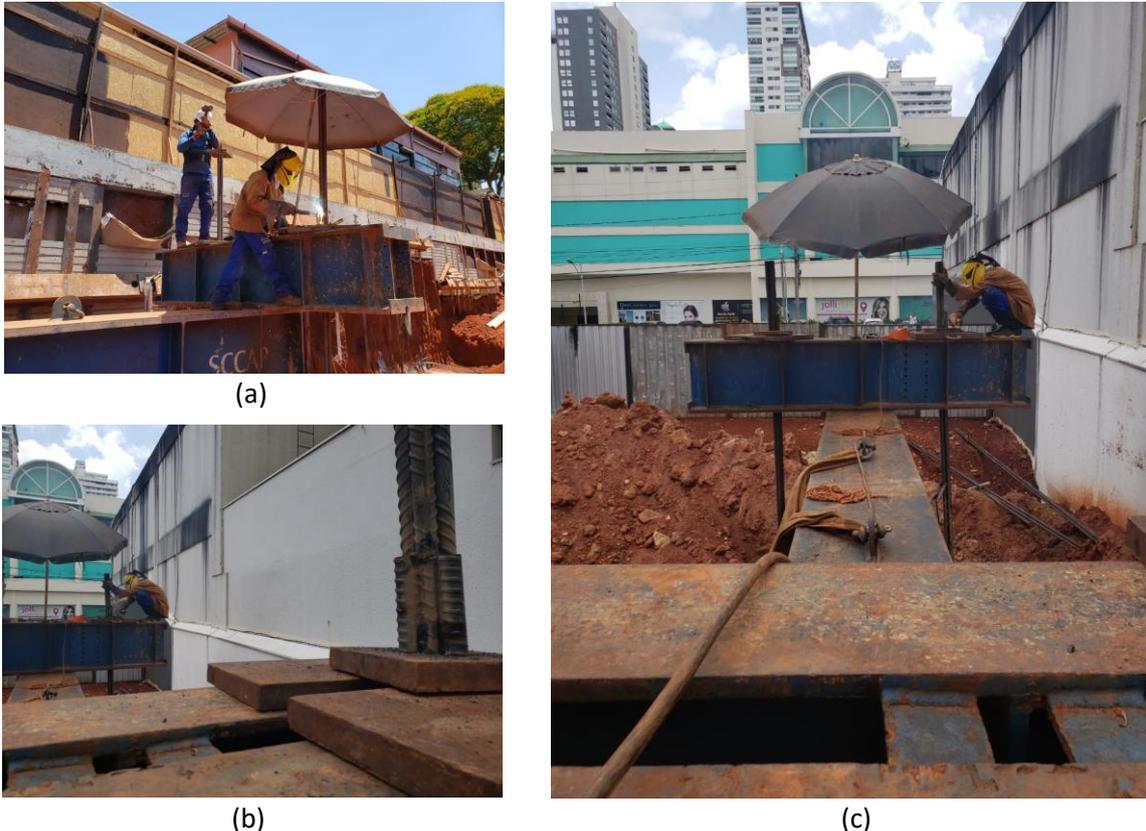
Uma vez posicionado o sistema de reação deve ser feito um travamento do sistema para aplicação das cargas. Este travamento pode se dar por meio de porcas e barras rosqueadas ou por meio de soldas. Na obra do estudo de caso o travamento foi feito por meio de soldas nos tirantes. O travamento deve oferecer uma resistência duas vezes maior que a carga máxima a ser aplicada durante o ensaio. A Figura 5 apresenta-se uma série de fotos do travamento do sistema da obra do estudo de caso. Para o estudo de caso o chefe de equipe acumulou a função de soldador.

Também analisando as atividades acompanhadas e como mostrado na Figura 5 podem ser enumerados os seguintes riscos ambientais e de acidentes, com seus agentes:

- riscos físicos: radiação solar em dias de sol, umidade em caso de chuva, radiação não ionizante (UV) devido a solda e calor;
- riscos químicos: presença de poeiras e materiais particulados de solo e fumos metálicos;

- riscos ergonômicos: posturas inadequadas durante processo de solda;
- riscos biológicos: Coronavírus - devido ao período de pandemia de COVID19;
- risco de acidentes: quedas em mesmo nível ou com diferença de nível, exposição e/ou contato com superfícies quentes, e exposição a eletricidade devido a condutores com isolamento deficiente.

Figura 5 – Travamento do sistema de reação: (a) solda nos tirantes; (b) detalhe dos tarugos soldados; e (c) vista geral do serviço de solda.



4.1.3 Execução do ensaio com aplicação dos carregamentos

Uma vez que o sistema estiver devidamente travado o ensaio pode ser executado. A aplicação das cargas é feita através de uma bomba hidráulica elétrica que comanda um macaco hidráulico (atuador), as cargas são aplicadas em incrementos crescentes em intervalos de tempo regulares, ao passo que são lidos os deslocamentos da estaca central (de ensaio) em relógios comparadores, até uma carga máxima prevista para ensaio, seguindo critérios de engenharia e respeitando as condições limites previstas pela NBR 16903 (ABNT, 2020). Esta atividade pode durar de 5 a 24 horas ininterruptas de trabalho. O ambiente de trabalho deve estar protegido de sol e chuva, para que não ocorram inferências nas leituras dos relógios comparadores durante o ensaio. A Figura 6 apresenta fotos da execução do ensaio na obra do estudo de caso.

E finalmente ao acompanhar as atividades, e como mostrado na Figura 6 podem ser enumerados os seguintes riscos ambientais e de acidentes, com seus agentes:

- riscos químicos: presença de poeiras e materiais particulados de solo;
- riscos ergonômicos: posturas inadequadas para serviços de longa duração (cadeiras inadequadas), condições de acuidade visual deficitárias em serviços noturnos devido a iluminação inadequada, longas jornadas de trabalho que podem exceder ao previsto na legislação;

- riscos biológicos: Coronavírus - devido ao período de pandemia de COVID19;
- risco de acidentes: ruptura e instabilidade do sistema de reação durante aplicação dos carregamentos, quedas em mesmo nível em consequência de iluminação inadequada; exposição a eletricidade devido a condutores com isolamento deficiente; e falta de isolamento e sinalização da área de trabalho que pode permitir entrada de pessoas alheias e também se implementada pode afastar trabalhadores de pontos críticos.

Figura 6 – Execução do ensaio com aplicação dos carregamentos: (a) vista geral; e (b) posição do operador.



4.2 Análise dos riscos associados e medidas de mitigação

Foram aplicadas três técnicas para avaliação dos riscos ambientais e de acidentes, já descritas anteriormente, sendo elas Análise Preliminar de Riscos (APR), estruturada “e se?” (WI), e *Hazard Rating Number* (HRN) para os riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e de acidentes enumerados para as etapas do ensaio de montagem do sistema de reação, travamento do sistema de reação, e execução do ensaio com aplicação dos carregamentos.

Os Quadros 4, 5 e 6 mostram os resultados das APR, onde pode-se observar que para a etapa de montagem e travamento do sistema de reação (Quadros 4 e 5) os riscos mais representativos foram o de quedas em mesmo nível ou com diferença de nível com severidade crítica e o de quedas de carga com severidade catastrófica, ambos relacionados ao serviço de movimentação de cargas. Cabe discutir que a NR 35 (BRASIL, 2019b) considera trabalho em altura qualquer atividade executada a uma altura superior a 2,0m, o que se aplica tanto ao movimento da carga, quanto ao serviço dos funcionários sobre as vigas metálicas na montagem do sistema.

A norma determina que em qualquer movimentação de carga deve ser feita uma avaliação de riscos, o que não ocorreu durante o acompanhamento do estudo de caso. Foi apresentado pelo operador do caminhão *Munck* comprovante de treinamento de movimento de cargas em altura, mas não foi apresentado ficha/livro de manutenção do sistema de guindaste de içamento das cargas conforme prevê a NR 12 (BRASIL 2019a).

Quadro 4 – Análise Preliminar de Riscos para etapa de montagem do sistema de reação.

Risco	Agente	Causa	Efeito	Categoria de severidade	Observações e recomendações	Responsável
Físico	Radiação solar	Exposição ao sol durante os trabalhos	Insolação e doenças de pele	I - Desprezível	Utilização correta de EPI (uniformes de mangas longas, toca árabe, óculos de proteção escuro) e protetor solar	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Físico	Umidade	Exposição à chuva durante os trabalhos	doenças do aparelho respiratório, quedas, doenças de pele	I - Desprezível	Modificações no processo do trabalho. Medidas de proteção coletiva (tendas de apoio, estrados de madeira). Uso de EPI (botas de borracha, capas plásticas).	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Químico	Presença de poeiras e materiais particulados de solo	Exposição ao ambiente com poeiras devido a limpeza e escavação de solos	Aumentar o risco de câncer de pulmão. Ocorrência de pneumoconiose causada por inalação de poeira.	I - Desprezível	Recomenda-se a atenuação da substância com a umidificação. Utilização de EPI (máscara e óculos) adequada ao nível de poeira	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Ergonômico	Posturas inadequadas	Execução de serviços com postura inadequada	Entorses e lesões	II - Marginal	Treinamento quanto a posição e posturas para o movimento de cargas	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Ergonômico	Trabalho com excesso de peso	Execução de serviços com peso excessivo	Fraturas e lesões	II - Marginal	Treinamento quanto a posição e posturas para o movimento de cargas	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Biológico	Coronavírus - devido ao período de pandemia de COVID19	Exposição a trabalhos em grupo em obra	Contaminação pelo Coronavírus	I - Desprezível	Uso de mascaras, distanciamento social, diminuição do contato das equipes	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Risco de acidente	Quedas em mesmo nível ou com diferença de nível	Tropeçar na área de trabalho ou desequilíbrio em trabalhos em altura	Lesões e fraturas	III - Crítica	Uso de EPI (cinto de segurança) para trabalhos em altura, treinamento NR-35, limpeza e organização da área de trabalho	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Risco de acidente	Quedas de carga (movimentação de cargas em altura)	Falha do sistema de içamento, movimentação inadequada de cargas	Morte, fraturas e lesões. Danos a equipamentos	IV - Catastrófica	Garantia de funcionamento adequado do sistema de içamento (manutenção e treinamento) conforme critérios da NR-12. Movimentação de cargas em altura adequada seguindo os critérios da NR-11 e NR-35	Chefe de equipe

Quadro 5 – Análise Preliminar de Riscos para etapa de travamento do sistema de reação.

Risco	Agente	Causa	Efeito	Categoria de severidade	Observações e recomendações	Responsável
Físico	Radiação solar	Exposição ao sol durante os trabalhos	Insolação e doenças de pele	I - Desprezível	Utilização correta de EPI (uniformes de mangas longas, toca árabe, óculos de proteção escuro) e protetor solar	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Físico	Umidade	Exposição à chuva durante os trabalhos	doenças do aparelho respiratório, quedas, doenças de pele	I - Desprezível	Modificações no processo do trabalho. Medidas de proteção coletiva (tendas de apoio, estrados de madeira). Uso de EPI (botas de borracha, capas plásticas).	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Físico	Radiação não ionizante	Exposição à radiação a raios UV devido a solda	Doenças oculares, queimaduras na pele, câncer de pele	II - Marginal	Utilização correta de EPI (avental de raspa, luvas e capote), cremes protetores de solda	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Químico	Presença de poeiras e materiais particulados de solo	Exposição ao ambiente com poeiras devido a limpeza e escavação de solos	Aumentar o risco de câncer de pulmão. Ocorrência de pneumoconiose causada por inalação de poeira.	I - Desprezível	Recomenda-se a atenuação da substância com a umidificação. Utilização de EPI (máscara e óculos) adequada ao nível de poeira	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Químico	Exposição a fumos metálicos	Atividade de solda sem a devida exaustação	Irritação nos olhos, nariz e peito; diversos tipos de câncer; Capacidade pulmonar reduzida; Doenças da pele, como ulcerações;	II - Marginal	Exaustão mínima para local aberto. Utilização de EPI (máscara e óculos) adequada ao nível do fumo metálico	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Ergonômico	Posturas inadequadas	Execução de serviços com postura inadequada	Entorses e lesões	II - Marginal	Treinamento quanto a posição e posturas na execução de soldas	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Biológico	Coronavírus - devido ao período de pandemia de COVID19	Exposição a trabalhos em grupo em obra	Contaminação pelo Coronavírus	I - Desprezível	Uso de mascaras, distanciamento social, diminuição do contato das equipes	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Risco de acidente	Quedas em mesmo nível ou com diferença de nível	Tropear na área de trabalho ou desequilíbrio em trabalhos em altura	Lesões e fraturas	III - Crítica	Uso de EPI (cinto de segurança) para trabalhos em altura, treinamentos NR-35, limpeza e organização da área de trabalho	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Risco de acidente	Exposição e/ou contato com superfícies quentes	Contato com superfícies quentes resultantes de soldas	Queimaduras	II - Marginal	Uso de EPI (luvas e avental de raspa), isolamento e sinalização de partes quentes	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Risco de acidente	Exposição a eletricidade	Condutores com isolamento inadequado	Choques elétricos	II - Marginal	Garantia do isolamento dos condutores	Chefe de equipe e Engenheiro contratante

Quadro 6 – Análise Preliminar de Riscos para etapa de execução do ensaio com aplicação dos carregamentos.

Risco	Agente	Causa	Efeito	Categoria de severidade	Observações e recomendações	Responsável
Químico	Presença de poeiras e materiais particulados de solo	Exposição ao ambiente com poeiras devido a limpeza e escavação de solos	Aumentar o risco de câncer de pulmão. Ocorrência de pneumoconiose causada por inalação de poeira.	I - Desprezível	Recomenda-se a atenuação da substância com a umidificação. Utilização de EPI (máscara e óculos) adequada ao nível de poeira	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Ergonômico	Posturas inadequadas	Execução de serviços com postura inadequada	Entorses e lesões	I - Desprezível	Treinamento quanto a posição e ergonomia para serviços de longa duração	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Ergonômico	Leituras em condição de acuidade visual deficitária	Execução de serviços noturnos com iluminação inadequada	Problemas de visão, dores de cabeça, irritação e estresse.	I - Desprezível	Melhoria na iluminação noturna	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Ergonômico	Longa jornada de trabalho	Atividade de monitoramento do ensaio pode durar entre 5 a 24 horas	Fadiga, estresse, e doenças mentais como síndrome de Burnout. Consequências de doenças físicas	III - Média	Fazer AET – Análise Ergonômica do Trabalho. Deve-se prever turnos de trabalho, ou intervalos de descanso conforme legislação vigente	Engenheiro contratante
Biológico	Coronavírus - devido ao período de pandemia de COVID19	Exposição a trabalhos em grupo em obra	Contaminação pelo Coronavírus	I - Desprezível	Uso de mascaras, distanciamento social, diminuição do contato das equipes	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Risco de acidente	Quedas em mesmo nível em condição de acuidade visual deficitária	Tropeçar na área de trabalho durante a execução de serviços noturnos com iluminação inadequada	Lesões e fraturas	I - Desprezível	Limpeza e organização da área de trabalho, e Melhoria na iluminação noturna	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Risco de acidente	Exposição a eletricidade	Condutores com isolamento inadequado	Choques elétricos	II - Marginal	Garantia do isolamento dos condutores	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Risco de acidente	Ruptura e instabilidade do sistema de aplicação de carga	Excesso de carga além da capacidade real do sistema, defeitos executivos das fundações e materiais	Morte, fraturas e lesões. Danos a equipamentos	IV - Catastrófica	Controle executivos das fundações e dos materiais, afastar área de trabalho do sistema de reação	Chefe de equipe e Engenheiro contratante
Risco de acidente	Falta de isolamento e sinalização	Entrada de pessoas alheias, e afastar trabalhador de riscos	Fraturas e lesões	III - Média	Isolamento da área, sinalização de área restrita com uso obrigatório de EPI	Chefe de equipe e Engenheiro contratante

Foi observado também ausência de EPI específico para trabalhos em altura e linha de vida para ancoragem, ou adequações de plataformas que oferecessem proteção coletiva, como pode ser visto nas Figuras 5 e 6. Na movimentação das cargas não foram utilizadas cordas guias e em muitas situações os funcionários estiveram expostos a riscos durante o trabalho (ver Figura 5 (b), (c) e (d)).

A área de trabalho não foi isolada e sinalizada seguindo as orientações mínimas previstas na NR 18 (BRASIL, 2020c), a referida norma ainda especifica critérios mínimos para escadas de mão que não foram seguidos, como por exemplo, comprimento acima do nível superior.

A APR realizada para a etapa de execução do ensaio com a aplicação de carregamentos (Quadro 6) mostrou que durante a atividade o risco de ruptura do sistema de reação tem severidade catastrófica. Além de medidas executivas que melhorem a execução e materiais que evitem a ruptura do sistema, uma medida efetiva seria criar condições para que a área de monitoramento do ensaio ficasse fora de um provável raio de queda das vigas secundárias, com modificações dos equipamentos (leituras remotas) ou pelo menos que os funcionários estivessem expostos somente durante o momento das leituras e não todo o tempo como mostra a Figura 6.

No Quadro 7 apresenta-se o resultado da técnica WI, agrupando-se as três etapas pesquisadas. Como se pode observar, a partir da técnica levou-se perguntas a respeito dos riscos mais relevantes, que geram danos e doenças graves de modo imediato, sendo possível explorar com um pouco mais de detalhes estes riscos. Na aplicação da técnica ao estudo de caso as atividades de movimentação de cargas na montagem e travamento do sistema, solda do travamento e instabilidade do sistema foram as que podem resultar em acidentes com consequências mais graves. A utilização da técnica WI depende muito do moderador e do que é indicado como relevante, de fato, quanto mais se conhece o ensaio e quanto mais os riscos e consequências de cada agente são consideradas importantes, o uso da técnica pode ser mais explorado resultando num conjunto maior de informações.

A utilização de EPI foi percebida como deficitária durante o acompanhamento das atividades, por exemplo, nos trabalhos em altura não foram utilizados cintos de segurança, para os demais serviços os funcionários portavam os EPI's básicos (Capacetes, botas, luvas, aventais, óculos) em aparente bom estado, as fichas de EPI's não estavam em campo e não foram fornecidas posteriormente pela empresa para verificação. O certificado de Aprovação (CA) dos EPI's básicos estavam regulares com as atividades seguindo as diretrizes da NR 6 (BRASIL, 2018).

NO Quadro 8 estão indicados os resultados da aplicação da técnica *Hazard Rating Number* (HRN), também para as três etapas. Foi possível analisar todas os riscos enumerados e nesta técnica quantificou-se um índice, alcançado a classificação de risco muito alto para os serviços de movimentação de cargas em altura e o risco de ruptura e instabilidade do sistema de aplicação de cargas. Também, o método de avaliação consegue mostrar que a longa jornada de trabalho no decorrer do monitoramento de ensaio tem um risco significativo, porque mesmo que apresente um grau de possível dano baixo, possui uma alta frequência de exposição e alta probabilidade de ocorrência. Como medida preventiva deste principal risco ergonômico, deve-se seguir as diretrizes da NR 17 (BRASIL, 2021) que determina treinamentos periódicos, medidas organizacionais e Análise Ergonômica do Trabalho (AET). No estudo de caso, os funcionários desconheciam qualquer estudo ou treinamento, foi solicitado documentos relacionados à AET mas não foram fornecidos, porque de acordo com a empresas ainda estavam em confecção.

Quadro 7 – Técnica estruturada “e se” (WI) para as três etapas do estudo de caso.

Atividade	O que aconteceria se?	Causas	Consequências	Observações e recomendações
Montagem do sistema de reação	Algum dos aparatos caísse inesperadamente	Falha no equipamento de içamento; Falha humana do operador; Ruptura de cabos e/ou cintas	Morte ou fraturas muito graves se atingir funcionários; danos materiais se atingir equipamentos	Garantia de manutenção do equipamento e de treinamento do operador (NR 12); Treinamento de funcionários conforme NR 35.
	O funcionário caísse do caminhão ou da montagem	Desequilíbrio em serviços em altura; ausência de estruturas de segurança (plataformas, cintos, linhas de vida)	Fraturas muito graves	Garantia de linha de vida; utilizar EPI - cinto de segurança; garantir o travamento de escadas ou de plataformas seguras para o trabalho (NR35 e NR-18)
Travamento do sistema de reação	A solda não for adequadamente executada	Ausência de treinamento e qualificação do operador, não fornecimento de EPI e de condições de trabalho	Exposição do trabalhador radiação UV que podem causar doenças oculares, queimaduras na pele, câncer de pele; Exposição do trabalhador a fumos metálicos que podem causar câncer e doenças pulmonares; Queimaduras; se a solda romper em etapa posterior pode ocasionar morte de funcionários ou fratura grave	Garantia de qualificação e habilitação de soldador; Fornecimentos de EPI (NR 6), como: luva e avental de raspa, capote, mascara soldador, com Certificado de Aprovação (CA) adequado a natureza dos serviços; medidas de controle e qualidade das soldas executadas
	O funcionário caísse do sistema durante o travamento	Desequilíbrio em serviços em altura; ausência de estruturas de segurança (plataformas, cintos, linhas de vida)	Fraturas muito graves	Garantia de linha de vida; utilizar EPI - cinto de segurança; garantir o travamento de escadas ou de plataformas seguras para o trabalho (NR35 e NR-18)
Execução do ensaio com aplicação dos carregamentos	O sistema instabilizasse	Falha no sistema de reação (subdimensionados e/ou materiais com resistência inadequada); falha na montagem do sistema (excentricidades ou solda deficitária)	Morte ou fraturas muito graves se atingir funcionários; danos materiais se atingir equipamentos	Implementar medidas de controle de execução dos serviços e materiais, afastar trabalhadores do sistema durante o ensaio. Sinalizar e isolar área (NR-18)

Quadro 8 – Técnica Hazard Rating Number (HRN) para as três etapas do estudo de caso.

Condição	Risco	Agente de risco	Probabilidade de ocorrência (PO)	Frequência de Exposição (FE)	Grau do possível dano (GPD)	Número de pessoas expostas (NP)	HRN (PO x FE x GPD x NP)	Classificação de risco
Trabalhadores expostos ao sol	Físico	Exposição à radiação solar	8	5	0,5	1	20	Significante
			Provável	Constantemente	enfermidade leve	1 - 2 pessoas		
Trabalhadores expostos à chuva	Físico	Exposição à umidade	2	1	0,5	1	1	Muito baixo
			Possível	Mensal	enfermidade leve	1 - 2 pessoas		
Trabalhadores expostos a poeiras	Químico	Presença de poeiras e materiais particulados de solo	8	5	0,5	1	20	Significante
			Provável	Constantemente	enfermidade leve	1 - 2 pessoas		
Trabalhadores com postura inadequada ao movimentar cargas	Ergonômicos	Posturas inadequadas	2	2,5	0,5	1	2,5	Muito baixo
			Possível	Diariamente	enfermidade leve	1 - 2 pessoas		
Aglomeração de trabalhadores	Biológicos	Coronavírus - devido ao período de pandemia de COVID19	1,5	5	0,5	1	3,75	Muito baixo
			Improvável	Constantemente	Dilaceração / corte / enfermidade leve	1 - 2 pessoas		
Trabalhados em altura e com superfícies irregulares	Risco de acidentes	Quedas em mesmo nível ou com diferença de nível	5	5	2	1	50	Significante
			Alguma chance	Constantemente	Fratura grave de ossos - mão / braço / perna	1 - 2 pessoas		
Trabalhos com soldas	Físico	Radiação não ionizante	1,5 Improvável	5 Constantemente	4 Enfermidade média ou grave	1 1 - 2 pessoas	30	Significante
Trabalhos com cargas em altura	Riscos de acidentes	Quedas de carga (movimentação de cargas em altura)	5	5	15	1	375	Muito alto
			Alguma chance	Constantemente	Fatalidade	1 - 2 pessoas		

Quadro 8 – Técnica Hazard Rating Number (HRN) para as três etapas do estudo de caso (continuação).

Condição	Risco	Agente de risco	Probabilidade de ocorrência (PO)	Frequência de Exposição (FE)	Grau do possível dano (GPD)	Número de pessoas expostas (NP)	HRN (PO x FE x GPD x NP)	Classificação de risco
Trabalhos de longa duração e noturnos	Ergonômicos	Jornada de trabalho longa	15 Certamente	2,5 Diariamente	1 Doença temporária	1 1 - 2 pessoas	37,5	Significante
Trabalhos com soldas	Químico	Exposição a fumos metálicos	2	5	4	1	40	Significante
			Possível	Constantemente	Enfermidade média ou grave	1 - 2 pessoas		
Trabalhos com soldas	Físico	Exposição e/ou contato com superfícies quentes	1,5	4	0,5	1	3	Muito baixo
			Improvável	Em termos de hora	queimadura / enfermidade leve	1 - 2 pessoas		
Presença de extensões e pontos de energia	Risco de acidentes	Exposição a eletricidade	1	2,5	0,5	1	1,25	Muito baixo
			Altamente improvável	Diariamente	Dilaceração / corte / enfermidade leve	1 - 2 pessoas		
Trabalhos de longa duração e noturnos	Ergonômicos	Leituras em condição de acuidade visual deficitária	8	4	0,1	1	3,2	Muito baixo
			Provável	Em termos de hora	Arranhão / Escoriação	1 - 2 pessoas		
Trabalhos de longa duração e noturnos	Risco de acidentes	Quedas em mesmo nível em condição de acuidade visual deficitária	1,5	4	0,5	1	3	Muito baixo
			Improvável	Em termos de hora	Dilaceração / corte / enfermidade leve	1 - 2 pessoas		
Trabalhos de longa duração e noturnos	Riscos de acidentes	Ruptura e instabilização do sistema de aplicação de carga	1,5	5	15	1	112,5	Muito alto
			Improvável	Constantemente	Fatalidade	1 - 2 pessoas		

4. CONCLUSÃO

A análise de riscos ambientais e de acidentes em ensaios de PCE efetuada neste trabalho tem importância porque discute aplicação de técnicas consagradas na literatura e seus resultados, à um conjunto de atividades que passaram a ser regulamentados por normas técnicas recentes, ocorrem em etapas iniciais de uma obra de construção civil ou em fases de projeto e planejamento, que antecedem à execução de fundações profundas e até ao canteiro e instalações provisórias, que muitas vezes não estão contempladas no PGR e/ou acompanhadas por setor de SST de modo adequado.

Foi definido um estudo de caso de uma obra de construção civil em Goiânia-GO, onde foram realizados dois ensaios de PCE, sendo analisados os riscos ambientais e de acidentes utilizando as técnicas APR, WI e HRN. Após a visita e inspeção dos serviços foram definidas três etapas representativas para o estudo, definidas em: montagem do sistema de reação, travamento do sistema de reação e execução do ensaio com aplicação dos carregamentos.

Para cada uma das etapas definidas foram enumerados os riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e de acidentes. Os riscos biológicos apesar de pouco representativos devido ao baixo número de funcionários na obra e aos serviços serem considerados preliminares (anteriores a obra propriamente dita) foram relatados devido ao período de pandemia de COVID-19. Os riscos físicos relataram a exposição à radiação solar, radiação não ionizantes (UV). Os riscos químicos se devem a poeiras de partículas de solo e de fumos metálicos de solda. Os riscos ergonômicos foram consequentes de posturas de serviços e longa jornada de trabalho. Os riscos de acidentes foram os mais relevantes advindos de movimentação de cargas, serviços em altura e ruptura do sistema de reação.

As três metodologias de análise de riscos APR, WI e HRN mostraram como resultados os riscos mais relevantes de ruptura e instabilidade do sistema de aplicação de cargas, movimentação de cargas e trabalhos em altura. A técnica APR conseguiu cobrir todos os riscos enumerados com uma descrição básica e classificação mínima quanto a severidade. A técnica WI consegue expor melhor os aspectos dos riscos mais relevantes, no entanto, a técnica não se mostrou descritiva para riscos menos relevantes. A técnica HRN consegue quantificar através de um índice os riscos mais relevantes.

As principais medidas e cuidados que devem ser tomados para mitigar os riscos num ensaio de prova de carga estática podem ser listados: implementar medidas de controle de execução dos serviços e materiais; afastar trabalhadores do sistema durante o ensaio com sinalização e isolamento, seguindo preceitos mínimos da NR18; nos serviços de movimentação de cargas garantir a manutenção do equipamento e treinamento do operador, conforme critérios da NR 12; treinamento de funcionários para movimentação de cargas para trabalhos em altura, bem como linha de vida conforme NR 35; fornecimento de EPI conforme NR 6 e plataformas seguras para o trabalho. Também evitar longas jornadas de trabalho, seguindo os preceitos da NR17, seja por trabalho com alternância de equipe, sendo respeitado períodos de descanso.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2019. 91p.

_____. **NBR 16903**: Solo — Prova de carga estática em fundação profunda. Rio de Janeiro, 2020, 11p.

_____. **NBR ISO 31000: Gestão de riscos — Princípios e diretrizes.** Rio de Janeiro, 2009, 32p.

_____. **NBR ISO 31010: Gestão de riscos — Técnicas para o processo de avaliação de riscos.** Rio de Janeiro, 2012, 110p.

BRASIL. Portaria SEPRT nº 6.730, de 09 de março de 2020. **NR1 - Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais.** Ministério do Trabalho e Previdência, Brasília, 2020a. 16p. Disponível em <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-01-atualizada-2020.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2022.

_____. Portaria SEPRT nº 877, de 24 de outubro de 2018. **NR6 - Equipamento de Proteção Individual - EPI.** Ministério do Trabalho e Previdência, Brasília, 2018b. 11p. Disponível em <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-06.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2022.

_____. Portaria SEPRT nº 6.735, de 10 de março de 2020. **NR9 - Avaliação e controle das exposições ocupacionais a agentes físicos, químicos e biológicos.** Ministério do Trabalho e Previdência, Brasília, 2020b. 16p. Disponível em <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-09-atualizada-2021-com-anexos-vibra-e-calor.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2022.

_____. Portaria SEPRT nº 916, de 30 de julho de 2019. **NR 12 - Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.** Ministério do Trabalho e Previdência, Brasília, 2019a. 167p. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2022.

_____. Portaria SEPRT nº 423, de 7 de outubro de 2021. **NR 17 - Ergonomia.** Ministério do Trabalho e Previdência, Brasília, 2021. 22p. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-17-atualizada-2021.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2022.

_____. Portaria SEPRT nº 8.873, de 10 de fevereiro de 2020. **NR 18 - Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção.** Ministério do Trabalho e Previdência, Brasília, 2020c. 54p. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-18-atualizada-2020-1.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2022.

_____. Portaria SEPRT nº 915, de 30 de julho de 2019. **NR 35 – Trabalho em Altura.** Ministério do Trabalho e Previdência, Brasília, 2019b. 16p. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-35.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2022.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION (BSI). **Occupational Health and Safety Assessment Series (OHSAS) 18.001/2007** - Sistemas de gestão da segurança e da saúde do

trabalho – Requisitos. Disponível em https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/7319/2/Anexo%20I%20OHSAS180012007_pt.pdf. Acesso em: 16 nov. 2022

CAVAIGNAC, A; FORTE, L. Utilização do FMEA para priorização de risco ocupacional: uma nova abordagem direcionada a construção civil. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v.4, n.3, p.132–149. 2018. Disponível em: https://periodicos.ufes.br/bjpe/article/view/v4n3_8. Acesso em:17 set. 2022.

CHRISTÓFFOLI, T; DURANTE, L; BLUMENSCHNEIN, R; LINS, J; MOREIRA, J. Saúde, segurança e meio ambiente: análise preliminar de riscos em atividades que fazem o uso da água em cozinha hospitalar. **ES Engineering and Science**, 7(3), p.28-41. 2018. <https://doi.org/10.18607/ES201877020>

DEL BIANCO, N. R. **Métodos e Técnicas de Pesquisa**: Núcleo de Tecnologia de Educação a Distância - NUTEC. 3. ed. Goiânia: Faculdade Araguaia, 2016. 15 p.

DINIZ, M. Identificação de perigos e riscos em operação ferroviária com uso da técnica de análise What If. **Revista Brasileira de Saúde e Segurança no Trabalho**, v.1, n. 2, p. 44-54. 2019. <http://dx.doi.org/10.18265/2594-4355a2018v1n2p44-54>.

DINIZIO, M; MARTINS, P. Ferramentas de gerenciamento de riscos na engenharia de segurança do trabalho: um estudo de revisão bibliográfica. **Ideias e Inovação - Lato Sensu**, v. 5(3), p.83-96. 2020. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/ideiaseinovacao/article/view/8908> Acesso em:19 nov. 2022.

FELLENIOUS, B. H., **Basics of Foundation Design**, Electronic Edition, Calgary, Alberta, Canada, 2022. Disponível em: <https://www.fellenius.net/papers/420%20The%20Red%20Book,%20Basics%20of%20Foundation%20Design%202022.pdf> Acesso em: 19 nov. 2022

JEAN, U; ROSA, A. Compreensão da Apreciação de Riscos em Máquinas e Equipamentos. **Revista Processos Químicos**, v.16, n.30, p.59-68. 2022. <https://doi.org/10.19142/rpq.v16i30.643>

LACERDA, E; MARTINI, R; CHAHUD, E; BRANCO, L. Evolução histórica dos ensaios de prova de carga. **Revista Construindo**, v. 7, n. 1, 14 p. 2015. Disponível em: <http://201.48.93.203/index.php/construindo/article/view/3948> Acesso em: 19 nov. 2022

LEINFELDER, Robson Rodrigues. **Análise de riscos para a redução dos riscos de segurança em uma pedreira paulista**. 2016. Dissertação (Mestrado). 100 f. Escola Politécnica da Universidade São Paulo, São Paulo, 2016.

OLIVEIRA, F; FEBRAS, F. Análise de adequação de um equipamento eletro-mecânico em uma usina de concreto conforme NR 12 – Segurança do trabalho em máquinas e equipamentos. **Revista Tecnológica**, [S.l.], v. 9, n. 1, p.76-94. ISSN 2358-9221. 2019. Disponível em: <https://uceff.edu.br/revista/index.php/revista/article/view/323> Acesso em: 17 set. 2022.

PAULINO, M. Avaliação de risco pelo método Hazard Rating Number em setor de indústria produtora de biodiesel em Porto Nacional/TO. **Inventionis**, v.1, n.2, p.9-18. 2019. <http://doi.org/10.6008/CBPC2674-6395.2019.002.0002>

RÖHM, D; LUCIANO, E; ROSA, J; TIRELLI, M; OKANO, M; RIBEIRO, R.
Gerenciamento de riscos ocupacionais: uma nova proposta de segurança do trabalho. **South American Development Society Journal**, [S.l.], v. 6, n. 17, p. 156, ISSN 2446-5763. 2020.
<http://dx.doi.org/10.24325/issn.2446-5763.v6i17p156-174>

RUPPENTHAL, J. E. **Gerenciamento de riscos**. 1º ed. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, Rede e-Tec Brasil, 2013. 120 pg.

SILVA, R. F.; SOUZA, G. F. M. Descarregamento de grãos em tombador de terminais portuários: um Estudo de Perigo e Operabilidade (HAZOP) para a gestão de risco do processo. In: XXV SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – SIMPEP, 2018, Bauru. **Anais...** Bauru, SIMPEP, 2018.

SOUZA, J. I. G.; ALBUQUERQUE, P. J. R. Avaliação do atrito lateral de estacas comprimidas por meio do emprego de dados de estacas de reação utilizadas em provas de carga. In: XXVIII CONGRESSO {VIRTUAL} DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNICAMP, 2020, Campinas. **Anais...** Campinas, CIC Unicamp, 2020. Disponível em: <https://www.prp.unicamp.br/inscricao-congresso/resumos/2020P16395A33255O557.pdf>
Acesso em: 19 nov. 2022.



O conteúdo deste trabalho pode ser usado sob os termos da licença Creative Commons Attribution 4.0. Qualquer outra distribuição deste trabalho deve manter a atribuição ao(s) autor(es) e o título do trabalho, citação da revista e DOI.