

**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNIFACVEST
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

ALEXANDRE ROQUE DA SILVA

**FUNDAÇÕES EM TORRES DE LINHAS DE TRANSMISSÃO NO MUNICÍPIO
LAGES - SC**

Lajes (SC), junho de 2021

ALEXANDRE ROQUE DA SILVA

**FUNDAÇÕES EM TORRES DE LINHAS DE TRANSMISSÃO NO MUNICÍPIO
LAGES - SC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado para a
obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil do
Centro Universitário Unifacvest.

Orientador: Prof.^a Aldori Batista Dos Anjos

Lajes (SC), junho de 2021.

ALEXANDRE ROQUE DA SILVA

**FUNDAÇÕES EM TORRES DE LINHAS DE TRANSMISSÃO NO MUNICÍPIO
LAGES - SC**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado pela Banca Examinadora para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil do Centro Universitário Unifacvest.

Lajes, junho de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Prof.º

Prof.º

Prof.º

“Sou muito grato a Deus por essa oportunidade e dedico este trabalho aos meus pais, fundamentais para a minha formação, sem eles não teria conseguido alcançar os meus sonhos”.

FUNDAÇÕES EM TORRES DE LINHAS DE TRANSMISSÃO NO MUNICÍPIO LAGES – SC

Alexandre Roque da Silva¹

Aldori Batista dos Anjos²

RESUMO

O presente trabalho buscou, inicialmente, demonstrar uma abordagem teórica a respeito dos modelos e métodos construtivos de torres para linhas de transmissão de energia elétrica. Apresentando os principais sistemas de concepção de estruturas para estes modelos de torres, bem como a tipologia de fundação empregada em cada situação, dirimindo as peculiaridades únicas de cada modelo de fundação.

Pretendesse demonstrar os procedimentos necessários para a execução de funções para este tipo específico de obra, explanando sobre as dificuldades de implantação, bem como discutindo sobre os procedimentos corretos para sua execução. Além disso, também foi analisado os aspectos de segurança do trabalho e se buscou discorrer sobre os impactos ambientais gerados pela construção das torres de linhas de transmissão.

A metodologia usada foi de pesquisa bibliográfica de diversos autores, pesquisadores e cientistas de renomes na área de Engenharia Civil.

Palavras-chave: torres de linhas de transmissão, fundação rasa, fundação profunda, segurança do trabalho, impacto ambiental.

¹Acadêmico do Curso de Engenharia Civil, 10ª fase, do Centro Universitário UNIFACVEST.

²Prof. Mestre em Engenharia Civil, do corpo docente do Centro Universitário UNIFACVEST.

FOUNDATIONS IN TRANSMISSION LINE TOWERS IN THE CITY OF LAGES - SC

Alexandre Roque da Silva¹

Aldori Batista dos Anjos²

ABSTRACT

This paper sought, initially, to demonstrate a theoretical approach to the models and construction methods of towers for electric power transmission lines. Presenting the main systems of structures conception for these towers models, as well as the foundation typology employed in each situation, solving the unique peculiarities of each foundation model.

It intended to demonstrate the necessary procedures for the execution of functions for this specific type of work, explaining the difficulties of implementation, as well as discussing the correct procedures for its execution. In addition, the aspects of work safety were also analyzed and we tried to discuss the environmental impacts generated by the construction of transmission line towers.

The methodology used was bibliographic research of several renowned authors, researchers and scientists in the field of Civil Engineering.

Keywords: transmission line towers, shallow foundation, deep foundation, occupational safety, environmental impact.

¹Academic of the Civil Engineering Course, 10th phase, UNIFACVEST University Center.

²Master's Degree in Civil Engineering, UNIFACVEST University Center.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 JUSTIFICATIVA	8
1.2 Objetivos	8
1.2.1 Objetivo Geral.....	8
1.2.2 Objetivos Específicos	8
1.3 Organização.....	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	10
2.1 TIPOS DE TORRES PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO	10
2.1.1 - Montagem de Estruturas Metálicas	11
2.2 – TIPO DE FUNDAÇÕES UTILIZADAS EM LT	14
2.2.1 – Fundação Tipo Sapata	15
2.2.2 – Fundação Tipo Tubulão.....	16
2.2.3 – Fundação Tipo Bloco Ancorado em Rocha	18
2.3 – OBRAS CIVIS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO	18
2.3.1 – Implantação De Linhas De Transmissão	18
2.3.2 - Abertura de Acessos	19
2.3.3 – Execução da Obra.....	20
2.3.4 - Manutenção da Linha de Transmissão	21
2.4 – SEGURANÇA DO TRABALHO EM LT's.....	21
2.5 – IMPACTO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE	23
3 ESTUDO DE CASO	26
3.1 – FUNDAÇÕES UTILIZADAS	26
3.1.1 – Fundação Tipo Sapata	27
3.1.2 – Fundação Tipo Viga L.....	28
3.1.3 – Fundação Tipo Tubulão a Céu Aberto.....	29
3.1.4 – Fundação Tipo Haste Ancorada em Rocha.....	30
3.2 – SEGURANÇA DO TRABALHO NA OBRA.....	30
4 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

De acordo com Chaves (2004) No início do Século XX, o crescente aumento dos centros urbanos e industriais provocou o aumento da demanda de energia elétrica. A instalação de centrais de geração de energia elétrica a partir do potencial hidráulico, geralmente próximas das quedas de água e longe dos centros de consumo, implicou na necessidade imediata de expansão das linhas de transmissão.

Posteriormente aos incrementos de sua quantidade, as linhas de transmissão tiveram que se adequar ao crescimento das potências transmitidas, fato causador de importantes modificações nos suportes dos cabos – as torres. Seja pelo maior afastamento entre as fases (cabos), ou mesmo entre os cabos e a estrutura, seja pela maior distância entre suportes, passou-se do uso da madeira ao aço e das estruturas planas (poste e cruzetas) às torres treliçadas espaciais ou estaiadas. Assim, cada vez mais, esses suportes passaram a ser executados em estruturas de aço.

Segundo Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), 13,7 mil quilômetros de novas linhas foram outorgadas desde 1999. Destes, 7,4 mil quilômetros estão em atividade desde junho 2004. Estima-se que o sistema de transmissão nacional conta com 90 mil quilômetros (ANEEL, 2008). Essas linhas de transmissão são formadas por torres metálicas treliçadas, compostas de cabos, para-raios e isoladores que perfazem longos percursos – centenas até milhares de quilômetros. Ao longo dos trajetos, as torres estão assentadas em solos de origem e qualidades geotécnicas diversificados.

De acordo com Amaral (2015) as fundações para as torres que compõem esses empreendimentos são bem conhecidas na engenharia civil, tratam-se de sapata e de tubulão. O emprego de tais estruturas de fundações em torres de linhas de transmissão, contudo, exigem atenção as suas particularidades, em especial quanto a verificação ao arrancamento e tombamento.

Este trabalho busca avaliar através de um estudo de caso, as práticas executivas da construção de fundações de torres de linhas de transmissão de

energia elétrica. Pretende-se através de levantamentos de campo, analisar os aspectos que mais geram dificuldades neste processo construtivo, e bem como, avaliar se a prática vs teoria dos sistemas empregados. O trabalho será desenvolvido em uma empresa da construção civil, em uma obra localizada em Lajes – Santa Catarina.

1.1 JUSTIFICATIVA

Este estudo se justifica, tendo em conta diminuta pesquisa neste campo. A proposta do trabalho consiste em fazer um estudo de caso em obras situadas no município de Lages em Santa Catarina, visto que há necessidade de compreender melhor a teoria com a prática executiva do processo de construção das fundações de linhas de transmissão de energia elétrica.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O principal intuito deste trabalho é realizar uma análise comparativa entre os tipos de fundações empregadas nas diversas categorias de solos ao se executar torres de linhas de transmissão de energia.

1.2.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos deste trabalho são os seguintes:

- a) História e conceito de fundações para as torres de linhas de transmissões;
- b) Métodos de fundações existentes;
- c) Obras civis na execução e manutenção de fundações de linhas de transmissão;
- d) Segurança do trabalho na execução de torres de linhas de transmissão;
- e) Sustentabilidade nas construções das fundações de linhas de transmissão.

1.3 ORGANIZAÇÃO

Este trabalho está estruturado em quatro capítulos, sendo que o primeiro capítulo se refere à introdução. Neste capítulo, será apresentado o tema, a justificativa, o objetivo e a estruturação dos capítulos.

No segundo capítulo, através do referencial teórico, são apresentados conceitos sobre a implantação de torres, modelos construtivos das estruturas, tipos de fundações e questões relacionadas a segurança do trabalho.

No terceiro capítulo apresenta-se a empresa abordada no estudo de caso, é efetuada a caracterização de todos os elementos construtivos envolvidos na execução de fundações de torres de transmissão.

Por último, o quarto capítulo contém as principais conclusões e, a partir das experiências vivenciadas durante o estudo, algumas sugestões e recomendações para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados os principais conceitos para melhor compreensão deste estudo. Inicialmente, são definidos os modelos construtivos das estruturas, tipos de fundações e as obras civis envolvendo a execução das fundações das LT's.

2.1 TIPOS DE TORRES PARA LINHAS DE TRANSMISSÃO

De acordo com Gontijo (1994), as torres usuais de LT e de telecomunicação podem ser classificadas de várias maneiras, subdivididas com vistas ao projeto da estrutura, da seguinte maneira:

- 1.Quanto à disposição dos cabos condutores;
- 2.Quanto ao número de circuitos elétricos que elas suportam;
- 3.Quanto à sua função na linha;
- 4.Quanto à forma de resistência das estruturas (autoportantes e estaiadas);
- 5.Quanto à voltagem da linha;
- 6.Quanto ao formato da silhueta da torre.

De acordo com Menezes (2015), quando a transferência dos esforços das torres para o solo é realizada diretamente através das fundações de pé da torre, elas são classificadas como autoportantes. Se os esforços são divididos entre as cargas de tração e de compressão, transmitidas ao terreno através das fundações dos cabos de estais e mastros, respectivamente, são intituladas estaiadas.

Segundo Chaves (2004) as torres autoportantes são normalmente instaladas em locais acidentados, de difícil acesso, em praças de montagem com largura restrita ou em locais pantanosos. As estaiadas, por sua vez, são utilizadas exclusivamente, geralmente em trechos com terreno plano e pequenos ângulos. Seu uso tem sido bastante intensificado e recomendado sempre que possível tecnicamente, já que sua formação com um mastro central e quatro estais torna-se mais leve e, portanto, mais econômica que as autoportantes. Apesar de existirem

inúmeras configurações de silhuetas de estruturas autoportantes e estaiadas, a Figura 1 e Figura 2, ilustra dois modelos possíveis, com a respectiva descrição dos componentes das torres.

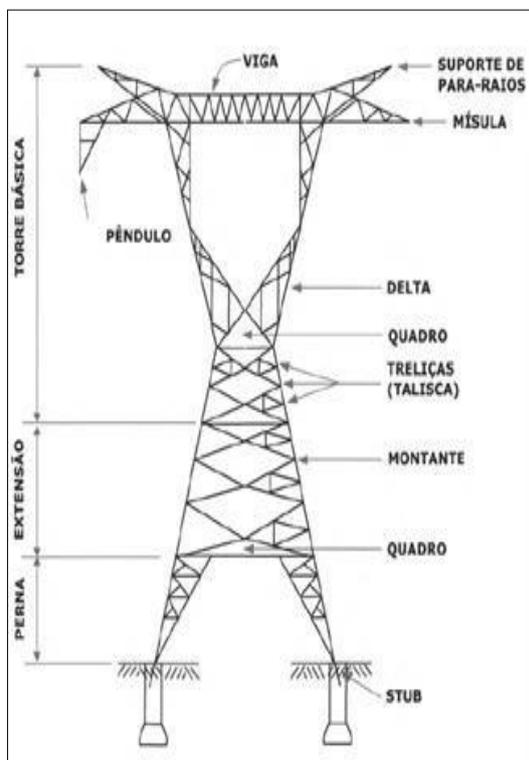


FIGURA 1 – Estrutura Autoportante
Fonte: Menezes (2015)

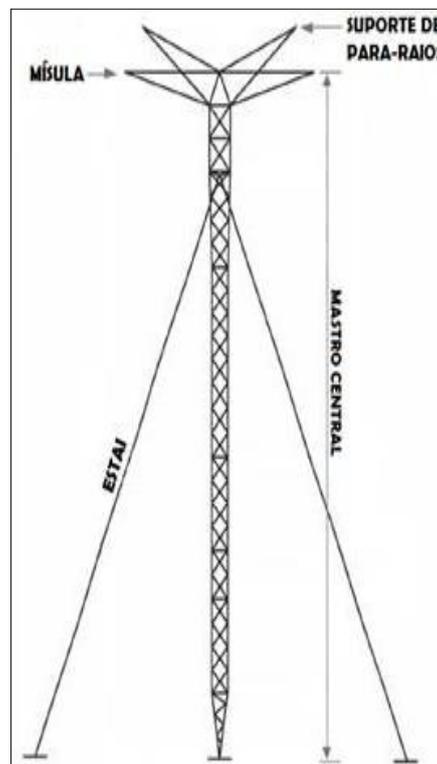


FIGURA 2 – Estrutura Estaiada
Fonte: Menezes (2015)

Ainda conforme Chaves (2004) a topografia do traçado da linha de transmissão, ou o espaço disponível, determina o tipo de sistema estrutural a ser utilizado no projeto das torres. As torres estaiadas têm suas estruturas bem mais leves e esbeltas que as autoportantes. As autoportantes são mais pesadas, portanto mais caras, e essa diferença aumenta quanto mais altas forem as torres.

2.1.1 - Montagem de Estruturas Metálicas

De acordo com Menezes (2015), as estruturas são transportadas até o canteiro de obras, normalmente por meio de caminhões, em lotes de peças que são

separados de acordo com seu tipo. Depois de armazenadas em locais limpos e seguros é elaborado o Plano de Montagem, que descreve todas as atividades aplicadas no procedimento, incluindo o método de trabalho, controle de qualidade, a produção esperada e a composição das equipes, além de todas as técnicas de içamento e estaiamento provisórios. Este planejamento também deve ser bastante cuidadoso quanto ao aspecto ambiental, de modo que todas as normas e recomendações têm de ser respeitadas a fim de evitar impactos degradantes.

Segundo Chaves (2004) a montagem pode ser realizada por meio de três métodos tradicionais: montagem manual, montagem com guindaste e montagem mista. Em circunstâncias especiais pode ser observada a montagem através de helicópteros em áreas de difícil acesso ou que apresentem rígidas restrições ambientais. Este último método é bem mais custoso e com aplicações bem esporádicas no Brasil.

A montagem manual é dividida em três etapas: pré-montagem, montagem propriamente dita e revisão da torre, compostas por equipes de encarregados, montadores e ajudantes.

A pré-montagem nada mais é do que o espalhamento e posicionamento das peças da torre sobre o solo e tem o objetivo de facilitar o içamento das torres no momento da montagem propriamente dita, conforme mostra a Figura 3. Feito isto, outra equipe inicia o içamento dos montantes, este procedimento é repetido diversas vezes até que todas as peças da torre sejam fixadas aos conjuntos, de acordo com a especificação do projeto.

Sousa (2015) alerta que esta atividade trata-se de uma tarefa de grande risco aos montadores, que precisam estar, a todo o momento, conectados à estrutura através de equipamentos de proteção individual e coletivos (EPI's e EPC's) necessários a sua segurança, para realizar o perfeito engate das peças a alturas elevadas.



FIGURA 3 – Processo de Montagem das Torres
Fonte: Menezes (2015)

Conforme Menezes (2015), durante a montagem das torres, os parafusos não são apertados com o torque requisitado no projeto, são apenas ajustados suficientemente para garantir a estabilidade da estrutura, assim, após a montagem uma nova equipe faz o aperto final com o auxílio de um torquímetro e verifica se todas as peças estão corretamente instaladas. Somente após uma verificação criteriosa, desde a parte inferior da torre até as mísulas superiores, é que o palnut (dispositivo que impede o afrouxamento dos parafusos) é inserido, juntamente com a tinta de alumínio anticorrosiva.

De acordo com Chaves (2004), existe ainda outro método de montagem, que é utilizado o apoio de um guindaste, seu processo executivo é feito de modo semelhante à montagem manual, porém aumenta-se a produtividade e eleva-se o custo com o equipamento. A montagem mista, por sua vez, é a combinação da manual com a mecânica, sendo utilizada em casos onde a lança do guindaste não alcança os pontos mais altos da torre, exigindo, por isso, que os dois métodos sejam intercalados, conforme mostra a Figura 4. A análise quanto à técnica mais vantajosa cabe à gerência do projeto.



FIGURA 4 – Processo de Montagem Mistas das Torres
Fonte: Menezes (2015)

De acordo com Menezes (2015) as estruturas estaiadas, por sua vez, possuem um processo de montagem que difere um pouco das autoportantes, pois faz uso de estais e mastros provisórios para posteriormente realizar o içamento dos materiais definitivos. E, após o içamento da estrutura, estando ela já revisada e com os parafusos apertados com os torques indicados no projeto, se observa ainda as atividades de tensionamento dos estais e nivelamento das torres, para que haja um correto equilíbrio de forças entre os quatro estais.

2.2 – TIPO DE FUNDAÇÕES UTILIZADAS EM LT

Segundo Amaral (2015), as estruturas de fundações serão os elementos responsáveis por transmitir os carregamentos oriundos da superestrutura para o solo de maneira que não haja sobrecarga excessiva. A sobrecarga poderá ocasionar a deformação excessiva do solo (recalque) ou provocar o cisalhamento do solo subjacente. As fundações são divididas em dois grupos: fundações diretas (rasa ou ainda superficiais) e fundações profundas.

A NBR-6122:1996 delinea como limite entre esses grupos que a razão de profundidade de assentamento com a menor dimensão da base da fundação seja maior que duas vezes para considerá-la profunda. Entre as fundações profundas com maior uso em linhas de transmissão são tubulões e estacas. Neste trabalho, contudo, as estacas não serão contempladas, restringindo-se aos tubulões, como fundações profundas. Para as fundações diretas é usual a implantação de sapatas.

De acordo com Garcia (2005), o carregamento proveniente dos suportes de sustentação de LT's, especialmente em torres autoportantes, pode ser transmitido às fundações através de um elemento metálico de ligação denominado "stub". Para o dimensionamento da fundação, considera-se como ponto de aplicação desse carregamento o último furo de ligação das pernas da torre com o "stub". Os desenhos do stub e da silhueta da torre apresentam importantes informações para o projeto das fundações, tais como composição e dimensão do stub, ângulos de inclinação das faces e dos montantes da torre e forma e dimensões dos módulos de composição da torre. Muitos desses elementos são considerados essenciais ao cálculo das cargas nas fundações.

2.2.1 – Fundação Tipo Sapata

De acordo com Ashcar (1999) as sapatas poderão assumir formas retangulares, quadradas, circulares e corridas. Quando aplicadas em torres de LTs, são assentadas em pequenas profundidades - de 2,0 a 3,0 metros de embutimento - devido à dificuldade de escavação; logo, não são recomendadas o uso em áreas sujeitas a erosões.

Segundo Ashcar (1999), os fustes dessas fundações, quando utilizadas como base de torres do tipo autoportante podem ter a mesma inclinação que os pés da torre. Esta geometria permite que o ponto de aplicação dos esforços oriundos dos pés da torre coincida com o centro da sapata, garantindo-lhe uma amenização do momento fletor, reduzindo o custo de implantação.

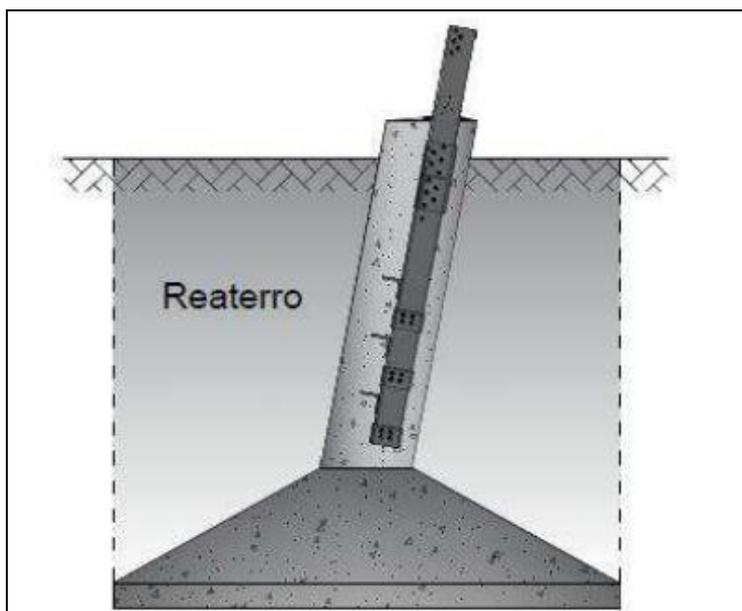


FIGURA 5 – Fundação Tipo Sapata
Fonte: Amaral (2015)

De acordo com Menezes (2015) após a concretagem da sapata, o reaterro deverá ser executado com compactação mecânica, em camadas não superiores a 20 cm cada, com teor de umidade ótima, e obter um grau de compactação mínimo de 95% do Proctor Normal. Todos esses cuidados têm fundamento no fato de que as fundações são sujeitas ao arrancamento devendo o reaterro apresentar características geotécnicas iguais, ou melhores que o terreno original.

2.2.2 – Fundação Tipo Tubulão

De acordo com Amaral (2015), quando não há uma capacidade de suporte do solo mais a superfície, o assentamento da fundação será feito em camadas mais subjacentes a fim de se adquirir uma capacidade de suporte razoável. Seu comprimento total varia de 3 a 10, metros, de acordo com as características do solo em que é embutido e magnitude dos carregamentos na superestrutura.



FIGURA 6 – Fundação Tipo Tubulão
Fonte: Menezes (2015)

Chaves (2004) relata que seu grande uso em LTs é garantido devido ao seu baixo custo. Isto advém do pequeno volume de escavação que se tem em relação a outras fundações; a inexistência de reaterro; ao mínimo consumo de fôrma; sua pequena interferência no meio durante sua execução, reduzindo ou mesmo eliminando a necessidade de recomposição vegetal. Outra vantagem deste tipo de fundação é a proteção proporcionada para a cantoneira de ancoragem, o stub. Devido à grande largura de seu fuste, há um grande cobrimento de concreto capaz envolver o stub, independente de sua inclinação.

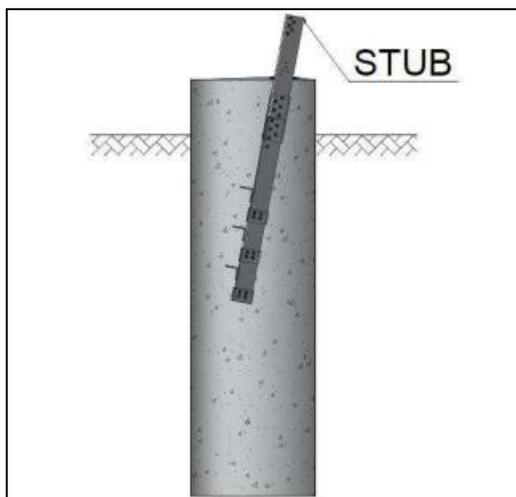


FIGURA 7 – Stub em Tubulão
Fonte: Amaral (2015)

Segundo Menezes (2015), os estudos e projetos de fundação devem ser realizados com extremo cuidado e devem garantir, através de cálculos e ensaios, confiabilidade. Tal preocupação se justifica pelo fato de ser muito mais demorada, trabalhosa e custosa a recuperação de uma estrutura de linha de transmissão que apresente danos na fundação do que simplesmente remontar uma estrutura metálica danificada.

2.2.3 – Fundação Tipo Bloco Ancorado em Rocha

Segundo Velozo (2010) os blocos ancorados são prismas retos de dimensões, em planta, menores e de maior altura que as sapatas, associados a chumbadores constituídos por barras de aço. São utilizados na ocorrência de rocha não escavável manualmente a pequena profundidade (até cerca de 2,5 m). Como as sapatas, os blocos podem ter pilares de concreto armado para receber os “stubs”. Em virtude dos valores reduzidos das dimensões desse tipo de fundação, é importante a atenção para a reserva de espaço para a colocação do “stub”. Nesse tipo de fundação, os esforços de arrancamento são transmitidos ao maciço de fundação pelos chumbadores.

2.3 – OBRAS CIVIS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO

2.3.1 – Implantação De Linhas De Transmissão

Conforme Gontijo (1994), o projeto de implantação de uma linha de transmissão inicia com a definição de seu traçado. Uma vez definido, a próxima etapa do projeto é o levantamento topográfico, no campo, com o objetivo de auferir o perfil do terreno. Este estudo deve indicar os principais obstáculos, acidentes, e ocorrências que se encontram na largura da faixa de servidão da LT. Somente com um levantamento topográfico bem executado é que se pode trabalhar as próximas etapas do projeto, evitando futuras relocações de torres, ou desvios do traçado.

De acordo com Chaves (2004), com esses dados em mãos as torres são localadas, uma a uma, considerando-se vários fatores que definem a segurança, a otimização do projeto, bem como as características particulares de cada tipo de

torre. Como exemplo pode-se citar alguns procedimentos ou diretrizes:

- minimizar a quantidade de torres;
- espaçar as torres de maneira uniforme;
- garantir a distância mínima dos cabos ao solo;
- evitar paralelismo da LT com outras linhas de transmissão, linhas férreas, cercas de arames, etc;
- evitar locação de torres em locais impróprios, como terrenos muito íngremes, terrenos com processos francos de erosão, brejos, beiras de lagos ou rios, etc.

Geralmente as torres de linhas de transmissão percorrem as distâncias buscando, sempre que possível, uma trajetória reta, e evitando grandes acidentes geográficos, como por exemplo, travessias de rios muito largos, e terrenos de baixíssima capacidade de suporte.

2.3.2 - Abertura de Acessos

Segundo Menezes (2015), representa todos os serviços envolvidos na abertura de estradas e caminhos de acesso para cada uma das torres de transmissão. O objetivo é viabilizar vias para transporte de materiais, mão-de-obra e de inúmeros equipamentos pesados, necessários à construção da LT. Os acessos são construídos somente quando necessário, pois em determinadas áreas já existem estradas que facilitam a execução das obras. Já em locais onde o acesso é precário ou inexistente, é indispensável construir caminhos que interliguem as áreas de alocação das estruturas às estradas mais próximas e, em alguns casos, a realização de algumas obras de apoio como pontes, mata-burros, etc. é inevitável. Geralmente as estradas de acesso são construídas com largura de quatro metros, suficiente para permitir a passagem de caminhões e equipamentos de grande porte.

Sendo assim, se trata de uma tarefa que exige cuidados especiais com o meio ambiente, de modo que a mitigação de possíveis danos torna-se uma obrigação da concessionária do empreendimento. Além disso, a transmissora deve adotar medidas de proteção, preservação e segurança de encostas, torres e da

própria estrada para garantir a segurança do local. Para isso são utilizados dispositivos de drenagem, recomposição da camada vegetal, contenções e outros artifícios.

Quando o caminho até a área da torre é inviabilizado por dificuldades técnicas, fundiárias ou restrições ambientais que impossibilitam a abertura de estradas podem ser utilizados alguns transportes alternativos como mulas, balsas, teleféricos ou helicópteros para possibilitar a construção. Também é importante evitar quaisquer transtornos aos proprietários de terras próximas.

2.3.3 – Execução da Obra

Esta fase compreende a implantação da obra em si, quando não se consegue evitar ações de intervenção no local, deve elaborar planos de minimização de impactos ambientais. Com relação às fundações das torres, procura-se alterar, o mínimo possível, o terreno onde estão os pés das torres, no próprio projeto pode-se projetar estruturas com pés de alturas variáveis, que reproduzam os desníveis do terreno, permitindo fundações isoladas e pontuais.

As principais orientações para se minimizar o efeito das intervenções no local de implantação das torres estão indicadas a seguir:

- escolha do tipo de fundação que exija a menor escavação, o menor reaterro, e o menor bota-fora possíveis. Isto sem prejuízo de sua segurança;
- execução de pequenas obras de drenagem localizadas, que evitem erosões, tanto nos locais das torres, quanto nas estradas de acesso;
- execução de pequenas obras, também com o intuito de drenagem do local de locação da torre, e de seu entorno;
- recomposição vegetal dos locais de implantação das fundações das torres, caso necessária;
- recomposição vegetal, se necessária, ao longo da faixa de servidão da LT, com gramíneas ou vegetação baixa;
- execução de contenções e de proteções de taludes e de encostas, além de outros serviços de proteção ou correção.

2.3.4 - Manutenção da Linha de Transmissão

Consiste na manutenção periódica e preventiva do patrimônio implantado. Onde são consideradas o reparo ou substituições de sinalizações das torres, dos cabos, dos isoladores, das fundações, dos acessos, das faixas de servidão, e de todas as obras implantadas e são específicos para cada linha ou torre implantada.

2.4 – SEGURANÇA DO TRABALHO EM LT's

Este é um assunto cada vez mais em pauta nos dias atuais, tornando-se uma função empresarial, em virtude que, as organizações devem procurar minimizar os riscos a que estão expostos seus funcionários pois, apesar de todo avanço tecnológico, qualquer atividade envolve um certo grau de insegurança.

No Brasil historicamente, a construção civil representa o setor de maior concentração de mão de obra, dada a sua elevada oferta de trabalho sem muitas restrições para a contratação. De acordo com a DIEESE (2001), o setor emprega quatro milhões e setecentos mil trabalhadores, sendo que 80% desse contingente na informalidade.

Segundo Diniz (2002), a construção civil distingue-se dos demais setores industriais por utilizar poucas máquinas e tecnologias para a obtenção da qualidade do produto, dependendo esta, quase que exclusivamente, da mão-de-obra utilizada. Consequentemente, de certa forma, deveria contribuir para o desenvolvimento da segurança do trabalho desse departamento, mas vale a pena notar que este ainda é um dos setores industriais com a maior taxa de acidentes.

No país, de acordo com Amaral (2013) foram registrados 412 mil acidentes no trabalho em 1993, 388 mil em 94 e 424 mil em 95. No período de 2012 a 2018, ocorreram aproximadamente 17mil óbitos e mais de quatro milhões acidentes registrados por esta causa, portanto, no Brasil, os acidentes no trabalho causam a cada 3 horas e 40 minutos uma vítima fatal.

Existe enumeras normas e legislações que abordam o tema da segurança

do trabalho. A NR-05 trata especialmente da comissão interna de prevenção de acidentes (CIPA), prevê obrigações mínimas em termos de Equipamentos de Proteção Individual (EPI) e exige que as empresas com mais de 100 colaboradores criem esta comissão permanentemente dentro das suas instituições.

De acordo com Amaral(2013), a segurança ocupacional no Brasil é regida pelo Decreto nº 5.452, de 1º de maio de 1943, que aprovou a Lei de Consolidação da Lei do Trabalho e é regulamentado por 29 regulamentos (NR), das quais se faz uso das mais voltadas à construção civil, tais como:

- NR 5 - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA: estabelece a obrigação de empresas públicas e privadas de organizar e manter em funcionamento, por estabelecimento, uma comissão constituída exclusivamente por empregados, com o objetivo de prevenir infortúnios no trabalho, fazendo sugestões e recomendações ao empregador para melhorar condições de trabalho, eliminando as possíveis causas de acidentes de trabalho e doenças ocupacionais;

- NR 6 - Equipamentos de Proteção Individual - EPI: estabelece e define os tipos de EPIs que as empresas devem fornecer a seus funcionários, sempre que as condições de trabalho o exigirem, a fim de salvaguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores;

- NR 10 - Estabelece os requisitos e condições mínimas objetivando a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que, direta ou indiretamente, interajam em instalações elétricas e serviços com eletricidade;

- NR 18 - Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção: estabelece diretrizes de ordem administrativa, de planejamento de organização, que objetivem a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na indústria da construção civil.

- NR 33 - Esta Norma visa estabelecer requisitos mínimos para a identificação de espaços confinados e o reconhecimento, avaliação, monitoramento

e controle de riscos, a fim de garantir permanentemente a segurança e a saúde dos trabalhadores que interagem direta ou indiretamente nesses espaços.

- NR 35 - Esta Norma estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente com esta atividade.

Ainda segundo Amaral(2013), funcionários de empresas de todos os setores devem utilizar equipamentos para sua segurança, isso é garantido pelo Art. 166 (p. 21) do CLT:

"A empresa está comprometida em fornecer aos funcionários equipamentos gratuitos proteção individual adequada ao risco e em perfeitas condições e funcionando sempre que medidas gerais não são oferecidas proteção total contra o risco de acidentes e lesões corporais, e também de acordo com a NR-6, que regula o uso de equipamentos de proteção individual, "é o empregador quem deve solicitar o uso de equipamentos de proteção individual e o empregado pode usá-los apenas para os fins a que se destina".

2.5 – IMPACTO AMBIENTAL E SUSTENTABILIDADE

De acordo com a Lei nº 6.938/81 que estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), o licenciamento ambiental tornou-se parte integrante da política nacional. Este ato tem por objetivo compatibilizar o desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico, essenciais à vida.

Segundo Sousa (2015), é necessário que seja realizado um diagnóstico ambiental da área de influência direta e indireta do projeto, visando a uma descrição e análise completas dos recursos ambientais presentes na região, assim como suas interações, de forma a caracterizar a situação ambiental da área antes da implantação.

Menezes (2015) relata que há grande burocratização no processo. Como a

regulamentação ambiental é implementada de forma diferenciada de acordo com o estado e há inúmeros conflitos de competências, seja pelos órgãos licenciadores (IBAMA, no âmbito federal, e autarquias, ligadas às secretarias municipais e estaduais do meio ambiente).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 237/97 há três tipos diferentes de licença ambiental no modelo brasileiro que devem ser concedidos à concessionária para que o empreendimento seja implantado:

- Licença Prévia (LP) – É concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade. Atesta a viabilidade ambiental, que inclui sua concepção e a aprovação da localização, estabelecendo todos os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas etapas de implementação. A licença terá prazo de validade máximo de um ano, independente do porte e do potencial poluidor-degradador do empreendimento, podendo ser renovada de acordo com o cronograma de elaboração dos planos, programas e projetos relativos ao empreendimento ou atividade, o prazo máximo de vigência de cinco anos, devendo ser renovada anualmente.
- Licença de Instalação (LI) – Possibilita a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, englobando todas as medidas de controle ambiental e demais condicionantes. O prazo de validade da licença será de no máximo de dois anos, independente do porte e do potencial poluidor-degradador do empreendimento, podendo ser renovada de acordo com o seu cronograma de implantação, tendo prazo de vigência de seis anos, devendo ser renovada a cada dois anos.
- Licença de Operação (LO) – Autoriza a operação da atividade ou empreendimento, caso esteja em conformidade com o cumprimento

das licenças anteriores. Traz ainda medidas de controle ambiental e condicionantes definidos para a operação. A licença terá prazo de validade mínimo de 01 ano e máximo de três anos, de acordo com o potencial poluidor-degradador da atividade/empreendimento, da seguinte forma: um ano para empreendimentos com alto potencial poluidor degradador, dois anos para empreendimentos com médio potencial poluidor degradador e três anos para empreendimentos com pequeno potencial poluidor degradador.

O licenciamento é essencial para garantir consonância com a legislação ambiental vigente, além de ser necessário para a obtenção de empréstimos com órgãos como BNDES.

3 ESTUDO DE CASO

A empresa onde este estudo será desenvolvido, conta com trezentos e cinquenta trabalhadores atuando na construção de linhas de transmissão de energia elétrica. A obra está situada no município de Lages em Santa Catarina, dispendo de inúmeros trechos de execução, ou seja, seu canteiro de obra é móvel. Sua mão de obra conta com funcionários próprios e de empresas terceirizadas especializadas.

A companhia estudada destaca-se por atuar em grandes obras de infraestrutura em diversas partes do país e exterior. Em seus canteiros de obra, contam com diversos equipamentos de alto custo. Sendo assim, implementam significativos investimentos em segurança e qualidade em suas construções.

Esta obra em específico é situada em uma região de relevo montanhoso, com grande potencial de ocorrência de acidentes. Posto isto, seus operários necessitam de treinamentos especializados, para executarem trabalho em altura em um local de difícil acesso.

3.1 – FUNDAÇÕES UTILIZADAS

Neste estudo, foram acompanhadas a execução de 35 torres de linhas de transmissão de energia. Sendo empregada os tipos de fundação relacionados abaixo:

- 14 torres com fundação tipo sapatas;
- 13 torres com fundação tipo vigas L;
- 02 torres com fundação profunda tipo tubulão a céu aberto;
- 06 torres com haste ancorada em rocha;

Para o início de qualquer tipo de fundação é necessário realizar a adequação do canteiro de obras, supressão vegetal, locação dos pontos, com auxílio de gabaritos e topógrafos.

3.1.1 – Fundação Tipo Sapata

Para a execução deste modelo de fundação, se inicia pela escavação do local até a cota de assentamento da sapata. A vala deve conter taludes de até 60° em suas faces, para promover a estabilidade do local, assim não ocorrer deslizamentos de solo enquanto os funcionários estão trabalhando.

A montagem das armaduras ocorre em uma central de armaduras, sendo transportada já pronta para o local da obra. As formas são executadas in loco, de acordo com as necessidades do projeto. É realizado todo o escoramento do pilarete para a concretagem Figura 8. Durante o processo de concretagem é inserido o stub no concreto ainda fresco.



FIGURA 8 – Fundação tipo sapatas em LT
Fonte: Autor (2021)

Após o tempo de cura do concreto é feita a desforma da sapata e iniciado o processo de reateramento do solo, com utilização da compactação mecânica, de camadas de 20cm por vez, sempre cuidando para garantir um ótimo teor de umidade Figura 9. As fundações estão sujeitas ao esforço de arrancamento, então é necessário o reaterro apresentar características geotécnicas iguais, ou melhores que o terreno original.



FIGURA 9 – Fundação tipo sapatas em LT
Fonte: Autor (2021)

3.1.2 – Fundação Tipo Viga L

O processo de execução deste modelo é idêntico ao da sapata, o que altera são as características geométricas do elemento. Dimensionado de acordo com projeto de fundações. Geralmente utilizado em situações onde a carga aplicada em sua fundação é um pouco menor que a da sapata Figura 10.



FIGURA 10 – Fundação tipo viga L em LT
Fonte: Autor (2021)

Esse elemento em concreto é pré produzido em uma central fora da área de fundação, ou seja, sua armadura, forma, concretagem, colocação do stub é realizada em outro ambiente. A viga é transportada até o local da obra e colocada dentro da vala com o auxílio de um caminhão munck. Com a orientação de acordo com o projeto de fundações.

3.1.3 – Fundação Tipo Tubulão a Céu Aberto

Para esse modelo de fundação, sua execução diverge das demais, pois se trata de uma fundação profunda. O método tubulão consiste na escavação do solo de forma manual, o solo é escavado em etapas, com a forma circular, aonde são inseridos os anéis da Figura 11, à medida que vai se escavando o solo é descartado para fora do tubo e os anéis são cravados cada vez mais fundo, até chegar na cota definida em projeto.

Esse tipo de fundação exige muita atenção na parte da segurança do trabalho, afim de manter o bem estar do funcionário que estará dentro da cavidade realizando a atividade. Após a conclusão da escavação é colocada a armadura necessária e feita concretagem do furo, por ultimo é inserido no concreto ainda fresco o stub o suporte para ancoragem para as torres.



FIGURA 11 – Fundação tipo tubulão
Fonte: Autor (2021)

A fundação com o uso de tubulões não necessita de reaterro, trazendo assim um melhor custo benefício quando comparada aos outros métodos construtivos. Apesar de ter um maior consumo de concreto, compensa por não utilizar formas e necessitar compactar o solo posteriormente, sendo o tipo mais utilizado quando o solo apresenta características geotécnicas necessárias.

3.1.4 – Fundação Tipo Haste Ancorada em Rocha

Neste caso em específico, é quando se encontra solo rochoso próximo ou na cota do terreno, onde não é possível realizar a fundação com sapatas ou blocos. As rochas são perfuradas com um equipamento especial para inserir as hastes de ancoragem diretamente nas rochas, fixadas com auxílio de adesivo estrutural ou outro componente de acordo com o projeto de fundações Figura 12.



FIGURA 12 – Fundação tipo haste ancorada em rocha
Fonte: Autor (2021)

Após a ancoragem das hastes na rocha, é posicionada a armadura entre elas, montado todo o sistema de formas e realizada a concretagem da mesma, seguindo os mesmos procedimentos de reaterro da sapata.

3.2 – SEGURANÇA DO TRABALHO NA OBRA

A construtora faz uso dos programas PPRA, PCMSO, LTCAT e Laudo Ergonômico para avaliar os riscos que seus funcionários estão expostos. O Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), tem a finalidade de gerenciar os riscos ambientais nas etapas de execução da obra, estes podendo ser:

risco físico, químico e biológico. O intuito do prospecto é neutralizar estas ameaças a saúde do trabalhador.

Seus equipamentos são monitorados em tempo real remotamente, por meio de sensores de velocidade e câmeras de segurança. Os funcionários contam com EPIs de alta qualidade de acordo com suas funções, para atender da melhor forma sua atividade de trabalho. Em todas as equipes, encontram-se profissionais treinados para resgates em altura, caso ocorra algum incidente.

Todos os funcionários recebem os equipamentos de proteção individual e também o treinamento de normas específicas, como NR-33 (Segurança e Saúde no Trabalho em Espaços Confinados), NR-35 (Trabalho em Altura) e NR-10 (Instalações e Serviços em Eletricidade), visando atender aos funcionários que fazem jus ao adicional de periculosidade.

Além disto, a empresa possui procedimentos internos visando a garantia de segurança dos seus associados, como: a análise preliminar de riscos (APR), onde é aferido todos os riscos que o profissional estará submetido ao desenvolver determinada atividade, também conta com um Check List de verificação dos equipamentos e maquinários precedentemente a sua utilização.

A entidade também conta com programas internos de incentivo a prevenção de acidentes de trabalho para seus funcionários, como o programa Anjo, onde é selecionado diariamente, um profissional para “cuidar” e servir de exemplo aos demais da equipe, no uso adequado dos equipamentos de proteção individual e na execução correta nas atividades sem exercer riscos desnecessários.

Diariamente, antes do início das atividades no canteiro de obra, é realizada uma reunião com todos os colaboradores, onde o encarregado da obra explana sobre as atividades do dia, os riscos que a envolvem, os procedimentos adequados de execução e os EPIs que devem ser utilizados.

4 CONCLUSÃO

Os objetivos do trabalho, de forma geral, foram atingidos. Apresentou-se os principais tipos de fundações empregadas na execução de torres de linhas de transmissão de energia elétrica. Além disso explanou-se o procedimento correto e dificuldades de execução de cada uma das estruturas de fundações estudadas.

Vimos que a fundação com maior vantagem é a utilização de tubulões em detrimento às outras fundações, pois não há necessidade de extensas escavações, reaterros e possui um consumo mínimo de área de fôrma, esse método torna-se mais atraente, mesmo às custas de um maior volume de concreto. No trabalho atual, pode-se perceber que a implantação de sapatas exige uma grande quantidade de escavação e reaterro em cada fundação, além de escoramentos e grande volume de formas de madeira, porém, neste estudo em decorrência do tipo de solo da região, o método mais utilizado foi o de fundação rasa com sapatas e vigas L.

A implantação do traçado das LT's é um aspecto importante para minimizar impactos ambientais. Podemos perceber que supressão vegetal e condições geológicas agregam maior dificuldades na sua execução. Segurança do trabalho se torna imprescindível para garantia do bem estar dos funcionários, além, do zelo do patrimônio de alto custo utilizado durante as obras.

Recomenda-se para que em trabalhos furos, seja realizado um estudo sobre a capacidade de carga de cada modelo de fundação e seu custo de execução, comprovando assim efetivamente qual método resulta em menor custo e um tempo de execução mais vantajoso para cada tipo de solo.

REFERÊNCIAS

AMARAL, A. G. do. Segurança no trabalho: EPI'S na construção civil. **Rev.Ciênc. Empres. UNIPAR**, Umuarama, v. 14, n. 2, p. 231-257, jul./dez. 2013.

AMARAL, Rodrigo Costa do et al. Dimensionamento de fundações para torres metálicas de linha de transmissão de energia elétrica. 2015.

ASHCAR, R. Recomendações e informações técnicas sobre fundações de linhas de transmissão. In: VIII ENCONTRO REGIONAL LATINOAMERICANO DO CIGRÉ, Ciudad del Este. Anais... Ciudad del Este : CIGRÉ, 1999.

CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção Civil. **Acidentes de Trabalho da Construção Civil**. Belo Horizonte, 1997.

CHAVES, Ronaldo Azevedo. **Fundações de Torres de Linhas de Transmissão e de Telecomunicação**. 2004.

COSTA, Analice Trindade. **Indicadores de acidentes de trabalho em obras da construção civil no Brasil e na Bahia**. 2009. 51f. Monografia (Curso de Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Bahia.

DIEESE - DEPARTAMENTO INTERSINDICAL DE ESTATÍSTICA E ESTUDOS SÓCIO-ECONÔMICOS. **Os trabalhadores e a reestruturação produtiva na construção civil**. São Paulo, 2001.

DINIZ, Jadir Ataíde Júnior **Segurança do Trabalho em obras de Construção Civil** dissertação (graduação) Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2002.

GARCIA, O.C. **Influência da Qualidade da Compactação dos Reaterros na Capacidade de Carga de Fundações Submetidas a Esforço de Tração**. Rio de Janeiro, RJ, 2005. 113p. Dissertação de Mestrado (Ciências em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ.

GROHMANN, Márcia Zampieri **Segurança No Trabalho Através Do Uso De Epi's: Estudo De Caso Realizado Na Construção Civil De Santa Maria**. Rio Grande do Sul, 2010.

LAGO, Eliane Maria Gorga. **Proposta De Sistema De Gestão Em Segurança No Trabalho Para Empresas De Construção Civil**. Pernambuco, 2006.

MEDEIROS, José Alysson Dehon Moraes; RODRIGUES, Celso Luiz Pereira. **A existência de riscos na indústria da construção civil e sua relação com o saber operário**. Paraíba: PPGE/UEPB, 2009.

MENEZES, Victor Prangiel de. **Linhas de transmissão de energia elétrica– aspectos técnicos, orçamentários e construtivos.** Rio de Janeiro, 2015.

MIGUEL, Alberto Sérgio S. R. **Manual de Higiene e Segurança do Trabalho.** 4a ed. Portugal: Porto Editora Ltda,1998.

MIRANDA, Carlos Roberto. **Introdução à saúde no trabalho.** São Paulo: Atheneu,1998.

ROCHA, Carlos Alberto Gurjão Sampaio de Cavalcante. **Diagnóstico do cumprimento da NR-18 no subsetor edificações da construção civil e sugestões para melhorias.** 148p. Porto Alegre. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal do RioGrande do Sul - UFRS , 1999.

SANTANA, V. S.; OLIVEIRA, R. P. **Saúde e trabalho na construção civil em uma área urbana do Brasil.** Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, 2004.

SOUSA, Elisa de Castro. **Traçado de linhas de transmissão: um mapeamento das complexidades ambientais para o licenciamento.** 2015.