



# SISTEMA DE TRANSMISSÃO **XINGU-RIO**

2º RELATÓRIO DE RESPOSTAS ÀS CONDICIONANTES DA LICENÇA PRÉVIA Nº 542/2017

## **ANEXO 2.5-4**

Outubro de 2017

00	25/10/17	Revisão Geral	DP	WZ
0D	10/10/17	Revisada área do eletrodo	NXM /LMS	PMT
0C	14/07/17	Revisada área do eletrodo	NXM /LMS	PMT
0B	29/03/17	Revisada área do eletrodo	NXM /LMS	PMT
0A	31/08/16	Emissão Inicial	NXM /LMS	PMT
<i>Rev.</i>	<i>Data</i>	<i>Descrição</i>	<i>Por</i>	<i>Aprov.</i>
 <b>XINGU RIO</b> TRANSMISSORA DE ENERGIA S.A.			<i>Reference</i> Projeto Xingu Rio – Bipolo 2 HVDC +/-800Kv - 500kVCA	
 <b>STATE GRID</b> CORPORATION OF CHINA CET BRAZIL TRANSMISSÃO DE ENERGIA LTDA			<i>Document Title</i> Memorial Descritivo Eletrodo de Aterramento da Estação Conversora <b>Terminal Rio</b>	
<i>Project</i>	DP – Daniel Pardini	17/03/17	<i>Discipline</i>	Relatório e Estudos Técnicos
<i>Approved</i>	PMT	17/03/17	<i>Nº Doc.</i>	CET-ET-RIO-RE-MA-0002-00
<i>Responsible</i>	NXM	17/03/17	<i>Rev.</i>	00
<i>CREA Nº</i>	10029931988-03-04		<i>Pages</i>	1/26
			<i>Nº CET</i>	



## Sumário

1.	Introdução .....	3
2.	Objetivo .....	3
3.	Parâmetros adotados.....	4
4.	Definição do local do Eletrodo .....	4
4.1.	Análise Geológica.....	6
4.2.	Área de pesquisa sugerida para o Eletrodo .....	8
5.	Eletrodo Profundo ou Vertical .....	11
6.	Componentes Internos dos Poços.....	12
7.	Eletrodo do Terminal Rio .....	12
8.	Interface entre a LT e os Anodos dos Poços .....	14
9.	Metodologia construtiva do Eletrodo.....	15
10.	Cronograma e Histograma .....	25
11.	Efeitos físicos do eletrodo em operação.....	25
12.	Drenagem na Área do Eletrodo .....	26
13.	Referências Bibliográficas .....	26
14.	Anexos .....	26



## 1. Introdução

A implantação do Eletrodo de Aterramento da Inversora Terminal Rio está localizada ao sul do estado de Minas Gerais. Esta instalação ficará sob a responsabilidade da XRTE – Xingu Rio Transmissora de Energia.

O Eletrodo faz parte do sistema que tem por objetivo principal possibilitar que a energia gerada na Usina Hidrelétrica de Belo Monte seja transportada em sistema monopolar para a região centro-sul do Brasil, reforçando o sistema interligado, que alimenta os principais centros consumidores do país, assim como ocorre no Bipolo 1.

A imagem abaixo apresenta a planta do traçado entre as duas estações conversoras e permite visualizar a localização de cada um dos eletrodos.

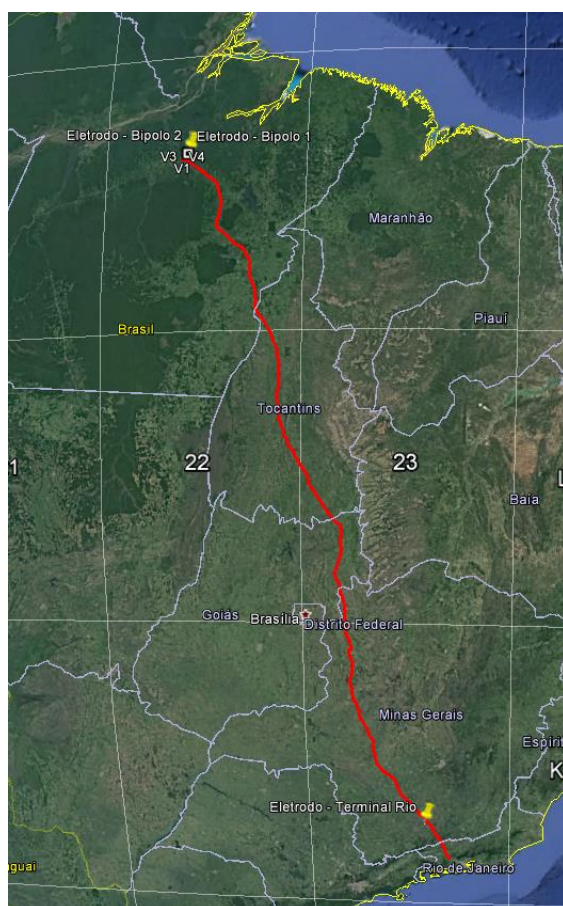


Figura 1.1 – Localização dos Eletrodos de Aterramento

## 2. Objetivo

O objetivo deste memorial descritivo é prover as informações fundamentais referentes ao projeto executivo para implantação do Eletrodo de Aterramento da Estação Inversora Terminal Rio do Bipolo 2, localizado no município de Minduri, estado de Minas Gerais. Maiores informações sobre a localização do Eletrodo, bem como seu acesso estão detalhados no **Relatório de Planejamento de Mobilização e de Canteiro**, que será **Anexo 01** deste memorial descritivo. Diferentemente do eletrodo de terra Xingu, o presente eletrodo apresentará uma configuração de arquitetura de projeto diferente, com sua estruturação verticalizada, modelo que se viabilizou por características regionais conforme será descrito a seguir.



### 3. Parâmetros adotados

De acordo com o Anexo 6 do edital da Aneel, cada Bipolo ( $\pm 800$  kV, 4.000 MW) terá uma corrente nominal de 2500A na direção da transmissão do Xingu para o Terminal Rio e 2044A no sentido inverso, com sobrecarga máxima esperada de 33% (3325A). Portanto, Belo Monte possui uma corrente máxima de eletrodos bem próxima a um dos eletrodos do Projeto de Interligação do Rio Madeira (3490 A).

Para maiores informações técnicas, como tempo de funcionamento, carga, temperatura, vida útil, formato, seções e conceito de funcionamento foi elaborado separadamente um relatório técnico específico nomeado como **Relatório Técnico do Eletrodo do Terminal Rio** que será o **Anexo 02** deste memorial descritivo.

### 4. Definição do local do Eletrodo

O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) do empreendimento apresentou as alternativas locais para escolha do local dos Eletrodos de Terra, partindo-se da premissa de que estes devem estar a uma distância mínima de 15km da Estação Conversora e levando em consideração os aspectos definidos no próprio item 5.2.2 do EIA. Assim foram analisadas 5 (cinco) macrodiretrizes para definir um local de instalação do Eletrodo de Terra SE Terminal Rio. A metade sul do estado do RJ é atravessada pela Serra do Mar, o Vale do Rio Paraíba do Sul e Serra da Mantiqueira. Tais características geográficas motivaram a busca por locais mais distantes para a instalação do Eletrodo. Além disso, outro importante fator impeditivo é a presença de dutos enterrados. Os Eletrodos de Terra devem estar distantes de dutos de forma a evitar a corrosão destes.

Conforme e descrito pelo Estudo de Impacto Ambiental, Considerando as condições citadas acima, foram estudadas 5 (cinco) macrozonas possíveis para a instalação do Eletrodo Terminal Rio, conforme mostrado na Figura a seguir em direção ao mar, na Baía de Sepetiba (1), na direção oeste, no sentido do município de Teresópolis/RJ (2) e por fim, três opções na direção norte, sentido sul de Minas Gerais (3), sentido Andrelândia/MG (4) e sentido Juiz de Fora/MG (5).

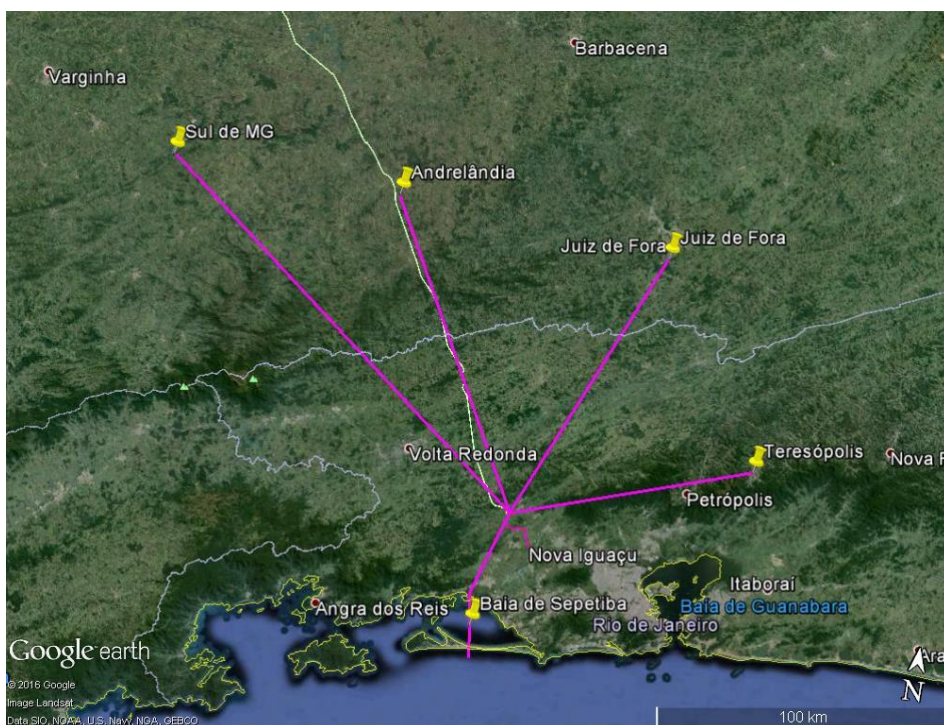


Figura 4.1 – Macrodiretrizes para definição de local do eletrodo Terminal Rio.

- Eletrodos marítimos são opções viáveis técnico e economicamente quando as Estações Conversoras estão próximas ao mar (<100km). Contudo, confrontou-se com um ecossistema frágil e protegido com diversas UCs existentes da Baía de Sepetiba e da Restinga de Marambaia. Do ponto de vista socioeconômico, também poderia conflitar com atividades pesqueiras e portuárias da região. Por estes motivos esta opção não foi priorizada, contudo, não à desqualificando como viável.
- Na direção oeste a SE Terminal Rio, estudou-se a possibilidade de instalar o eletrodo na região entre a Serra do Mar e o Vale do Paraíba. Porém não foi possível encontrar áreas com as características físicas adequadas e ao mesmo tempo distante de núcleos urbanos.
- Na direção do sul de Minas Gerais, a geografia da região exigiu que fossem estudadas alternativas após a Serra da Mantiqueira, na divisa com o estado do Rio de Janeiro. No entanto, nessa região existem diversas Unidades de Conservação (Parque Nacional do Itatiaia, Parque Estadual Serra do Papagaio, ...) fato que motivou a desistir da busca por locais nessa macrodireção.
- Em direção ao município de Juiz de Fora/MG o fator mais conflitante foi a proximidade com dutos da Petrobras que ligam a refinaria de Duque de Caxias ao estado de Minas Gerais.
- Durante as análises preliminares dos mapas geológicos, a região de Andrelândia/MG apresentou solos com as características necessárias para a implantação do Eletrodo. Ainda nessa direção, não há impedimentos quanto a áreas protegidas (UCs) nem dutos enterrados.

O levantamento Magneto Telúrico (MT) preliminar na etapa do EIA de prospecção geofísica indicou a região próxima à Andrelândia/MG na macrorregião 4, com condições do solo propícias para a instalação do Eletrodo Terminal Rio, sendo identificadas algumas alternativas (56 pré-selecionadas), sendo a selecionada após estudos preliminares no EIA o site 43e.

No entanto, após detalhamento do projeto e após novos estudos realizados no site 43e, foi verificado que os resultados de resistividade das camadas mais rasas do eletrodo apresentavam valores inaceitáveis, não permitindo atingir o valor de resistência menor que  $0,35\Omega$  (critério de projeto definido no Edital do Leilão da ANEEL).

Simulações foram feitas na tentativa de se projetar dois anéis de eletrodos na presente área, mas as dimensões não foram suficientes. Os resultados destas simulações podem ser vistos no comparativo apresentado na tabela 2.3 do **Relatório Técnico do Eletrodo do Terminal Rio, Anexo 02** deste memorial descritivo.

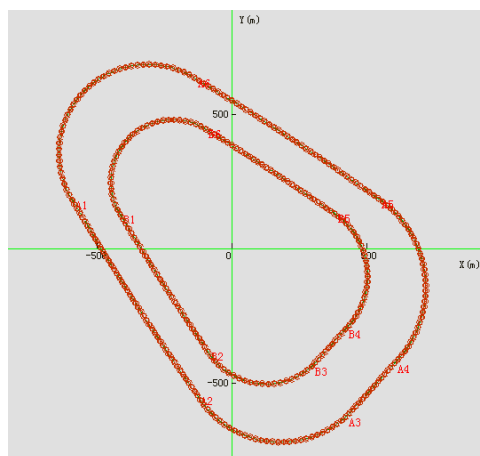


Figura 4.2 – Simulação com dois anéis grandes

Por conta disso foi necessário que a XRTE iniciasse novamente o processo de prospecção de novas áreas na região, a partir de nova análise geológica regional, seguida de análise detalhada local.

#### 4.1. Análise Geológica

As características geomorfológicas mais marcantes da região sudeste brasileira são as serras, a exemplo da Serra do Mar e Serra da Mantiqueira, separadas pela depressão do platô do Paraíba do Sul. Esta área corresponde à região do vale médio do rio Paraíba do Sul, onde está localizado um importante grupo de sub-bacias sedimentares terciárias (Taubaté, Resende e Volta Redonda, ver figura abaixo), correspondente ao segmento central do Sudeste Brasileiro Rift Continental (RCSB).

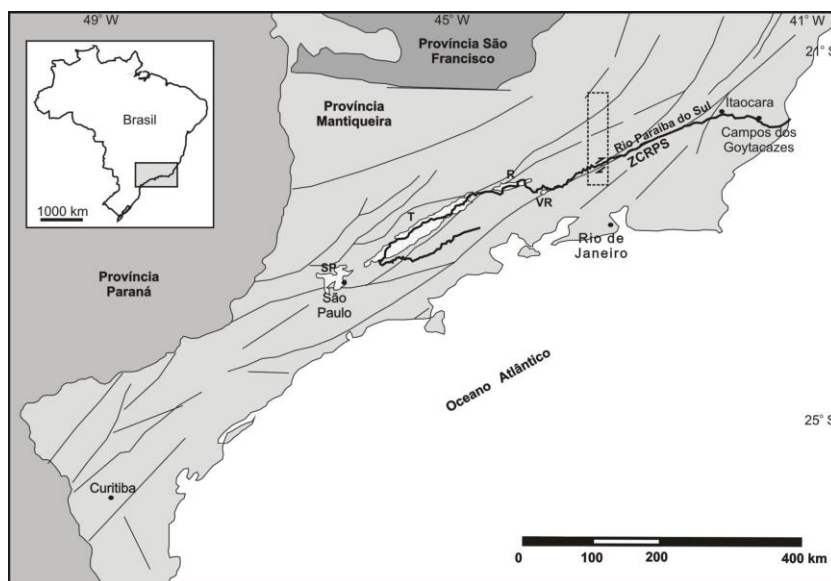


Figura 4.3 - Rio Paraíba do Sul, com suas três sub-bacias sedimentares - T - Taubaté, R - Resende e VR - Volta Redonda

A figura abaixo apresenta os principais domínios geológicos do Rio de Janeiro.

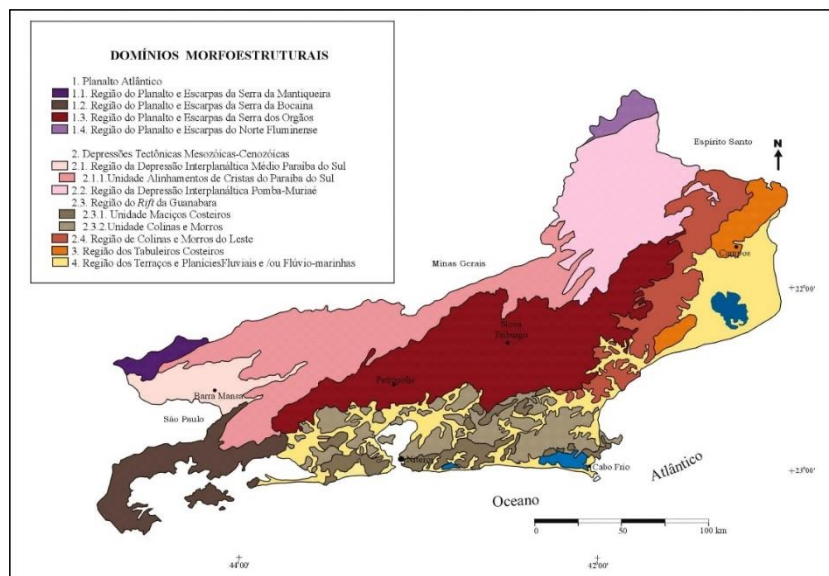


Figura 4.4 - Principais domínios geológicos do Rio de Janeiro.



Na continuidade do segmento central do RCSB, o rio Paraíba do Sul apresenta uma fissura, com cerca de 260 km de comprimento e até 10 km de largura, incorporado ao longo de um lineamento tectônico expressivo com a direção principal da ENE. Esta seção do rio é denominada “Além Paraíba” ou “Zona de Cisalhamento do Rio Paraíba do Sul” (ZCRPS).

A imagem abaixo mostra que a configuração geológica do Rio de Janeiro é dominada por um padrão de bandas com unidades geológicas alongadas que atingem aproximadamente a direção WSW-ENE. Algumas unidades geológicas são separadas por zonas de falhas principais. A parte noroeste da região é dominada por metamorfoseados - rochas de rocha (possivelmente carvão de grafite, azul pálido) e gnaiss (cores acastanhadas e azuladas com cruces). A parte sudeste é dominada por intrusões de granito (rosa, vermelho e laranja). Os sedimentos recentes, apenas uma capa fina, são mostrados em amarelo pálido.

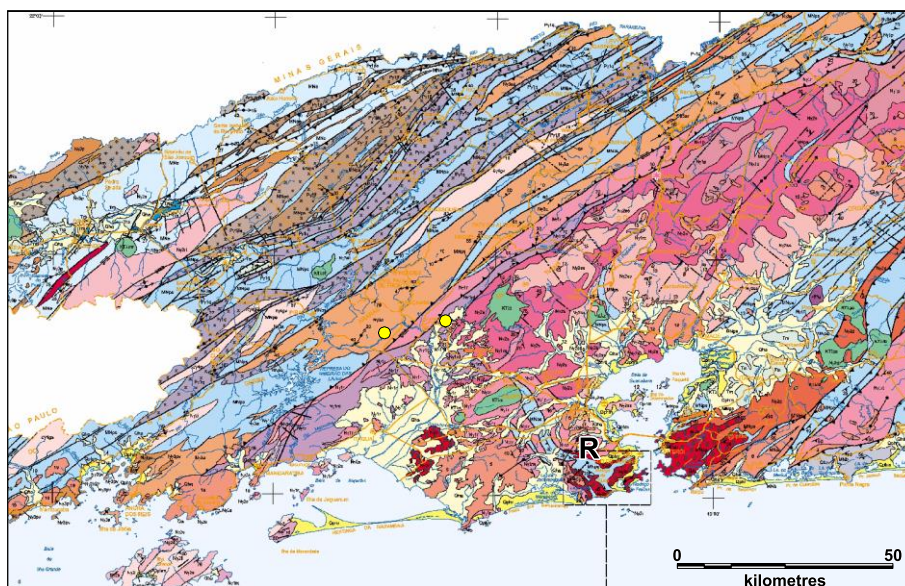
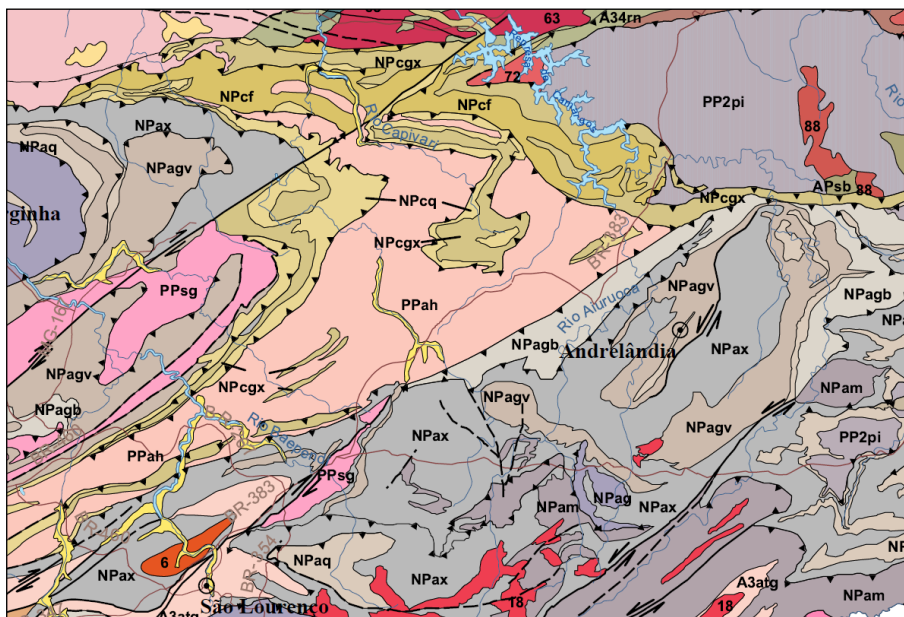


Figura 4.5 - Mapa geológico do sudoeste do Rio de Janeiro.

Normalmente os granitos e o gnaiss apresentam valores de resistividade altos a muito elevados ( $\sim 104$  a  $105 \Omega\text{m}$ ). No entanto, as rochas foliadas e ricas em mica, como xisto e alguns tipos de gnaiss, podem apresentar menos resistividade, em comparação com intrusões de granito inalteradas. A legenda para o mapa geológico indica que as unidades de xisto (azul pálido) no mapa acima hospedam camadas de grafite, mesmo que as posições precisas de tais camadas não sejam especificadas. Espera-se também que zonas de falha importantes de WSW-ENE possam apresentar uma resistividade bastante baixa na parte noroeste do mapa.

Considerando as difíceis condições geológicas e geográficas do Rio de Janeiro, a busca de um eletrodo para o Terminal Rio foi concentrada ao sul de Minas Gerais, figura abaixo. Nesta área há registros da ocorrência de grafite na região de São João Del Rey, a cerca de 150 km do Terminal Rio. Os grupos geológicos Andrelândia (Npax) e Carrancas (NPcgx) contêm xisto, uma rocha que pode hospedar veias de grafite. É importante notar que o xisto é uma rocha altamente anisotrópica, o que significa que o eletrodo equipotencial provavelmente será bastante assimétrico.



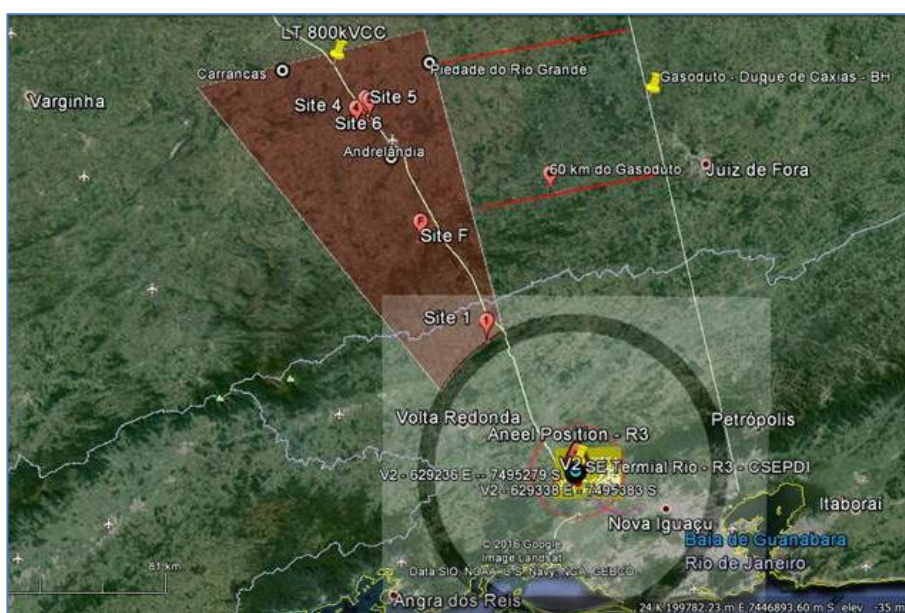


**Figura 4.6 - Mapa geológico da parte sul-ocidental de Minas Gerais - a linha HVDC se estende desde a barragem (norte central) até o canto sudeste, até o Rio de Janeiro.**

## 4.2. Área de pesquisa sugerida para o Eletrodo

Como o eletrodo próximo ao rio Paraíba do Sul não é viável, a busca pela localização do eletrodo seguiu sentido ré da linha HVDC no estado de Minas Gerais.

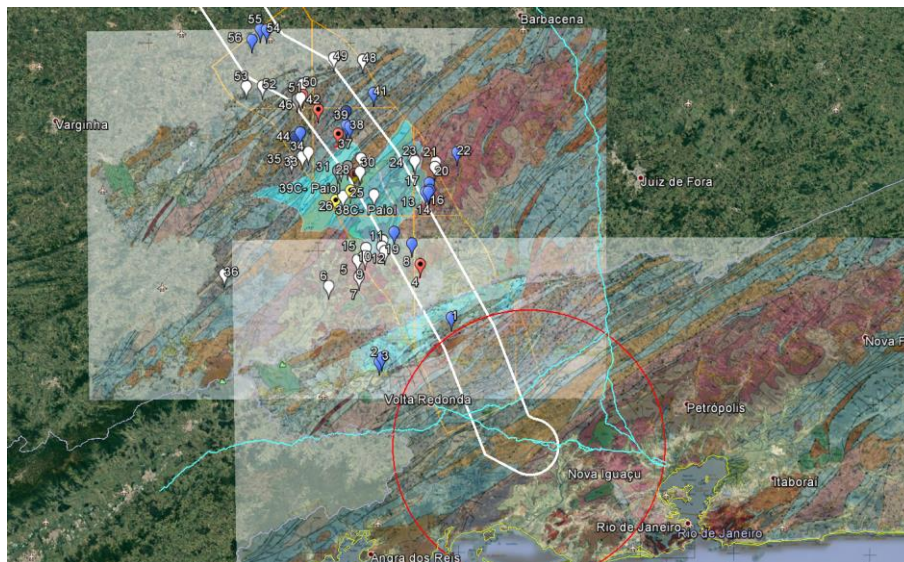
Uma avaliação geográfica do sul de Minas Gerais mostra distanciamento de oleodutos, apesar de ser uma área montanhosa. A avaliação geológica mostra uma área de rochas metamórficas, submetidas a um processo longo de dobragem, compressão e cisalhamento, no cinturão de Brasília, província geológica de Tocantins. As unidades do Período Toniano, identificadas por NPcgx (Group Carrancas) e NPax (Group Andréândia) podendo ter xisto, uma rocha que hospeda carbono e, portanto, pode apresentar veias de grafite. A figura a seguir apresenta a macrozona selecionada para a seleção do site:



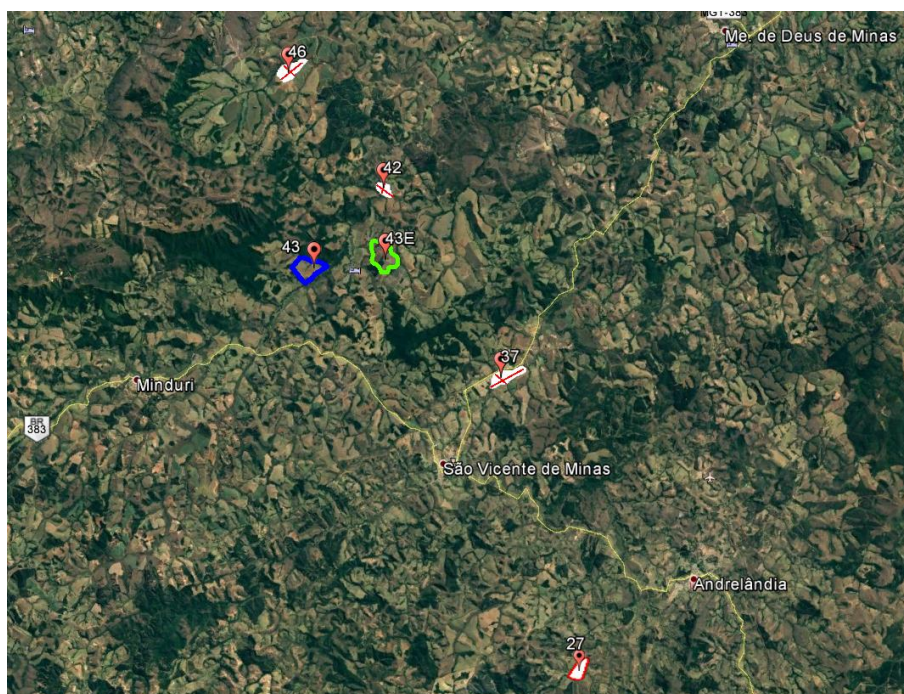
**Figura 4.7 - Macro-área para a pesquisa de Seleção de local para o eletrodo.**

A partir destes parâmetros citados anteriormente e devido a região ainda ter a característica montanhosa, foram escolhidas 56 áreas, considerando o quesito de tamanho e planicidade.

Assim foram visitados todos os sites, onde após a eliminação de alguns, se pré-qualificaram as opções destacadas em azul, onde foram feitos os primeiros estudos de resistividade. Após tais estudos foram definidos 8 sites, destacadas em vermelho, sendo o site 43e e o 43 as melhores áreas, conforme apresentando na figura a seguir.



**Figura 4.8 - Áreas estudadas na Etapa de Concepção**



**Figura 4.9 - Localização dos Sites 43 e 43E**

Na etapa de Estudo de Impacto Ambiental foi escolhido o site 43e, porém, no momento do detalhamento do projeto e após os novos estudos realizados foi verificado que os resultados de resistividade das camadas mais rasas apresentavam inaceitáveis, não permitindo atingir o valor de resistência menor que  $0,35\Omega$  (critério de projeto definido no Edital do Leilão da ANEEL).

Após isso foram efetuados os estudos no site 43, sendo este, o único com boas características técnicas e que atenderam as exigências do Edital da ANEEL. Segue abaixo a imagem do site 43 incluindo a marcação dos pontos onde serão feitos os poços para instalação das hastes do eletrodo. O que também pode ser observado no arquivo eletrônico, **Anexo II – Arquivo em KMZ com Arranjo e Vértices** deste relatório.

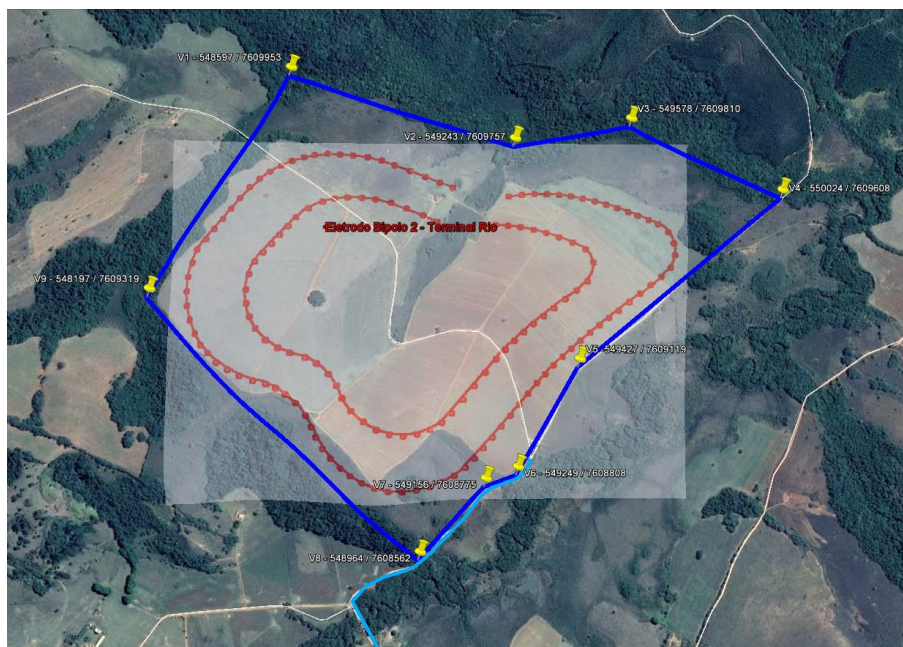


Figura 4.10 - Posição do Eletrodo de Aterramento – Site 43

Importante ressaltar 3 pontos:

- A localização da obra do eletrodo não interfere em nenhum corpo hídrico ou nascente. Todas os tipos de instalações, sejam elas temporárias para a fase da obra ou definitivas do eletrodo, foram localizadas evitando interferências com as APPs existentes nas proximidades.
- Será feita a supressão vegetal, quando necessária, conforme levantamento inventário florestal, apenas nas áreas e no entorno dos locais onde serão instalados os poços do eletrodo;
- Caso haja rocha durante a escavação do poço, inicialmente será feita uma pequena mudança da posição do poço, mas caso não seja suficiente, será feito o desmonte da rocha com o uso de explosivos. Para isto, será feito todo processo e tratativa junto a Exército Brasileiro.



Figura 4.11 - Parte da área onde será executado o Eletrodo. Cultivo de milho no local.



Figura 4.12 - Parte da área onde será executado o Eletrodo. Cultivo de milho no local.

## 5. Eletrodo Profundo ou Vertical

O eletrodo de aterramento profundo ou vertical é composto por diversos poços, nos quais os componentes principais de aterramento são instalados verticalmente no interior destes poços. A quantidade total de poços de um eletrodo e a distância de instalação entre os mesmos também pode variar de acordo com as condições geológicas detalhadas do terreno (comumente levantadas nas fases de projeto detalhado do sistema) e das características operacionais da Linha de Transmissão.

Cada poço deve primeiramente ser perfurado na profundidade e diâmetro requeridos em projeto, com a utilização de máquinas de perfuração de acordo com as características dos poços. O processo de perfuração deve adotar a instalação de tubos com camisa em aço com espessura de parede suficiente para manter o poço estável na instalação dos componentes internos.

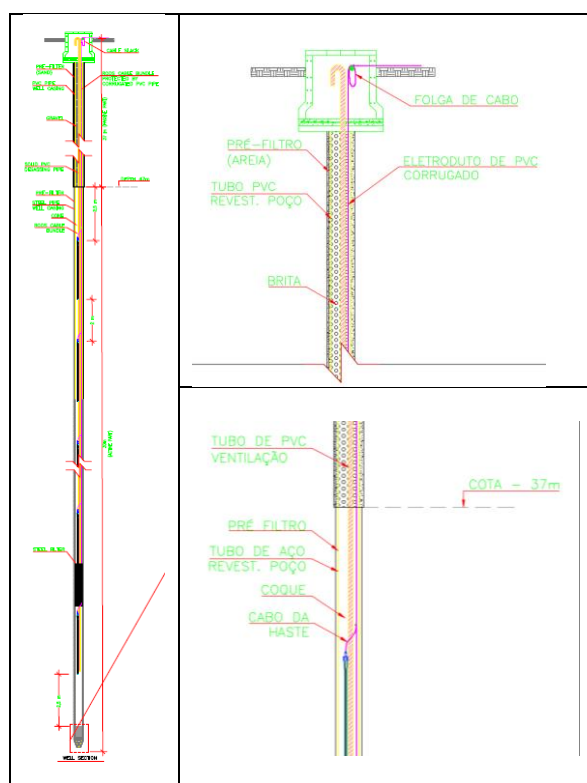


Figura 5.1- Configuração típica do eletrodo horizontal



## 6. Componentes Internos dos Poços

Cada poço profundo atua como uma grande haste de aterramento e, para isto, são utilizados componentes específicos para diminuir a resistência de aterramento total do eletrodo, otimizando a drenagem de corrente para o solo.

Os principais componentes atuantes deste aterramento são os anodos (hastes metálicas fabricadas em ligas específicas para este fim), com dimensões aproximadamente de 3 metros de comprimento cada, tendo a quantidade de anodos variada de acordo com o comprimento total das valas.

Outro componente importante na instalação do eletrodo é o Coque Calcinado de Petróleo, material quimicamente estável e insolúvel em água, que por conter características de boa condutividade elétrica é adicionado à vala para preencher o seu volume ao redor dos anodos e otimizar a área de contato com o solo local, proporcionando uma área ativa maior no escoamento do fluxo da corrente para o solo.

Durante a instalação dos anodos também é adotada a instalação de um tubo de ventilação, o qual é instalado ao longo de toda profundidade do poço.

Finalmente, objetivando monitorar a variação de temperatura e umidade do solo devido ao funcionamento do eletrodo, serão instalados sensores de temperatura e de umidade na interface da camada ativa (anodo + coque) com o solo local.

Abaixo segue a tabela de materiais que será utilizado na construção do eletrodo.

Nr.	Descrição	Especificação	Unid.	Quant.
1	Coque	Diâmetro da seção 650mm, 30m de espessura, para 160 poços verticais	ton.	2000,00
2	Condutor de eletrodo	Haste de ferrocromo de alto silício de $\varnothing 38\text{mm}$ , 3m de comprimento para cada peça	peça	1.150,00
3	Cabo de Alimentação	Cabo condutor de cobre 240mm <sup>2</sup> , 10kV, XLPE	metro	21.000,00
4	Cabo de ligação	Cabo condutor de cobre de 50mm <sup>2</sup> , tipo resistente a umidade, 1kV, XLPE	metro	17.000,00
5	Cabo Vertical	Cabo de condutor de cobre de 10mm <sup>2</sup> , tipo de resistência ao fogo úmido, 1kV, XLPE	metro	53.000,00
6	Cascalho		m <sup>3</sup>	1.800,00
7	Caixa de Junção de cabo de alimentação	Caixa de Junção de cabo de alimentação em alvenaria, incluindo o barramento para conexão dos cabos e isoladores.	ud	18,00
8	Caixa de ligação do cabo de jumper	Caixa de ligação do cabo de jumper em alvenaria, incluindo o barramento para conexão dos cabos e isoladores.	ud	160,00
11	Tubos de PVC	$\varnothing 75$	metro	48.000,00
12	Perfuração	Diâmetro de seção de 650mm, 67m de profundidade	ud	160,00
13	Sensor de umidade		ud	8,00
14	Sensor de Temperatura		ud	16,00

Tabela 6.1 - Quantidade de Materiais

## 7. Eletrodo do Terminal Rio

O eletrodo Terminal Rio é do tipo vertical e tem a configuração de anel duplo irregular. A haste (anodo) é de ferrocromo de alto silício e o material de enchimento ativo é o coque. Todos os valores encontrados durante o projeto executivo atendem os critérios técnicos de normas internacionais e da especificação técnica do leilão da ANEEL.

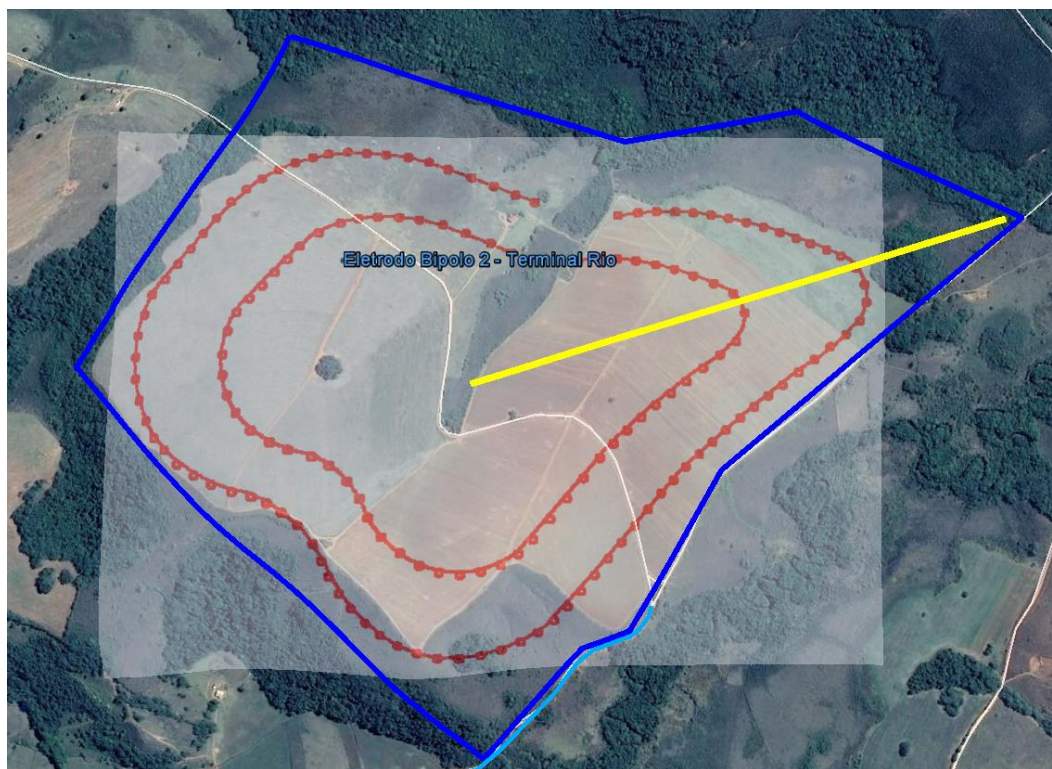
Esta configuração foi escolhida por otimizar a utilização de solo, mesmo em detrimento à utilização de material, que acaba sendo menos eficaz do que em um anel simples. No entanto, a utilização de anéis duplos permite a diminuição da área do eletrodo, minimizando assim qualquer impacto sócio-ambiental.

Este eletrodo tem como característica principal ser composto por duas poligonais concêntricas de poços, constituindo um eletrodo vertical e otimizando a área de construção do eletrodo. Este desenho tem fundamento no solo deste site por apresentar valores de resistividade menores a partir de 36m abaixo do nível do solo. Acima deste ponto, a resistividade medida é muito alta (próximo a 1.100  $\Omega.m$ ), inviabilizando a construção de um eletrodo horizontal. A tabela abaixo mostra as resistividades calculadas em cada uma das camadas assim como suas espessuras e profundidades.

Resistividade ( $\Omega.m$ )	Espessura (m)	Profundidade (m)
500	1	0
1100	35	1
300	40	36
130	130	76
500	6.200	206
210	17.000	6.406
500	$\infty$	23.406

**Tabela 7.1 - Dados de Resistividade da área de Eletrodo de Aterramento**

Os resultados mostram que a tensão de passo máxima calculada para o eletrodo de terra do Rio foi de 1.002V/m, conforme tabela apresentada a seguir. Porém, uma vez que o Eletrodo de Terra do Rio não é simétrico, a tensão de passo não é simétrica. As figuras a seguir mostram a seção de tensão de passo ao longo da linha amarela. Os resultados mostram que a tensão máxima do passo nesta seção foi de apenas 0.609V / m, o que é menor do que 23,32, limite indicado na norma IEC62344.



**Figura 7.1 – Destaque em amarelo a seção onde foi calculado o gráfico abaixo.**

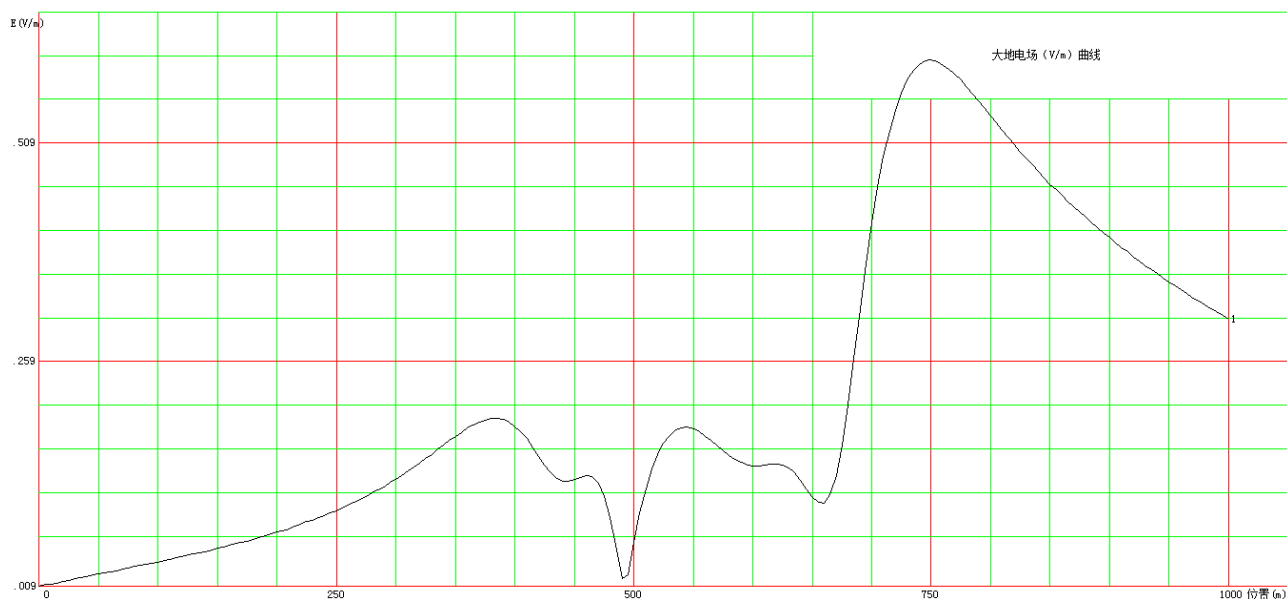


Figura 7.2 - Gráfico referente a tensão de passo da seção amarela com máximo de 0.609V/m.

Os principais valores de controle encontrados desde o detalhamento do projeto executivo estão indicados na tabela abaixo. Estes valores são oriundos das melhores práticas de engenharia e seus valores de limite são definidos em normas oriundas de institutos de todo o mundo, bem como no Anexo 06 do Edital da Aneel. No relatório técnico, **Relatório Técnico do Eletrodo do Terminal Rio, Anexo 02** deste memorial descritivo estão detalhadas e explicadas todas as referências e parâmetros.

Variável	Valor Calculado	Valor Limite	Referência
Tensão de Passo (V/m)	1,002	23,32	IEC62344
Temperatura (oC)	72,6	79	Anexo 6 da ANEEL
Densidade de Corrente (A/m <sup>2</sup> )	0,496	0,5	Anexo 6 da ANEEL
Vida Útil (MAh)	67,7	33	Anexo 6 da ANEEL
Elevação de Potencial (V)	559,2		
Resistência (Ω)	0,247	0,350	Anexo 6 da ANEEL
Quantidade de Condutor (t)	38,27		
Volume de Coque (m <sup>3</sup> )	1595,9		

Tabela 7.2 – Dados Elétricos de Controle do Eletrodo de Aterramento

## 8. Interface entre a LT e os Anodos dos Poços

Todos os anodos do eletrodo de aterramento devem ser conectados, e concentrados em um ponto para a transição com a linha de transmissão aérea.

Para isto cada anodo é conectado por meio de cabos elétricos a um barramento central, que têm a função de fazer a interface da Linha de Transmissão aérea com o eletrodo de aterramento. Neste ponto será construída uma pequena edificação conven-



cional, tipo alvenaria e concreto, de aproximadamente 6m<sup>2</sup> para abrigar os componentes do barramento central de transição e as chaves seccionadoras de controle que dividem os circuitos das seções dos anodos.

As interligações entre os anodos serão realizadas por meio de cabos elétricos lançados diretamente no solo, no interior de valas abertas comumente por meio de máquinas ou por ferramentas manuais quando possível.

Para facilitar a interligação entre os anodos, o eletrodo de aterramento é normalmente dividido por seções, onde cada seção realiza a interligação de uma quantidade de anodos por meio de cabos elétricos também lançados diretamente no solo e conectados a uma caixa de concreto, a qual têm construção simples e a finalidade de apenas abrigar o barramento metálico de interligação dos anodos daquela seção. É comum esta caixa ser construída diretamente no solo e ficar localizada em posições equidistantes em relação ao perímetro total do eletrodo.

## 9. Metodologia construtiva do Eletrodo

A implantação do eletrodo deverá ser realizada dentro dos padrões de qualidade exigidos e será fiscalizada pela XRTE.

Segue, abaixo, o projeto do **Arranjo Geral do Eletrodo, Anexo 3 - Desenhos do Eletrodo do Terminal Rio**, deste relatório, incluindo o detalhamento do projeto construtivo do eletrodo com as devidas dimensões em destaque e a tabela com as principais medidas do eletrodo de terra.

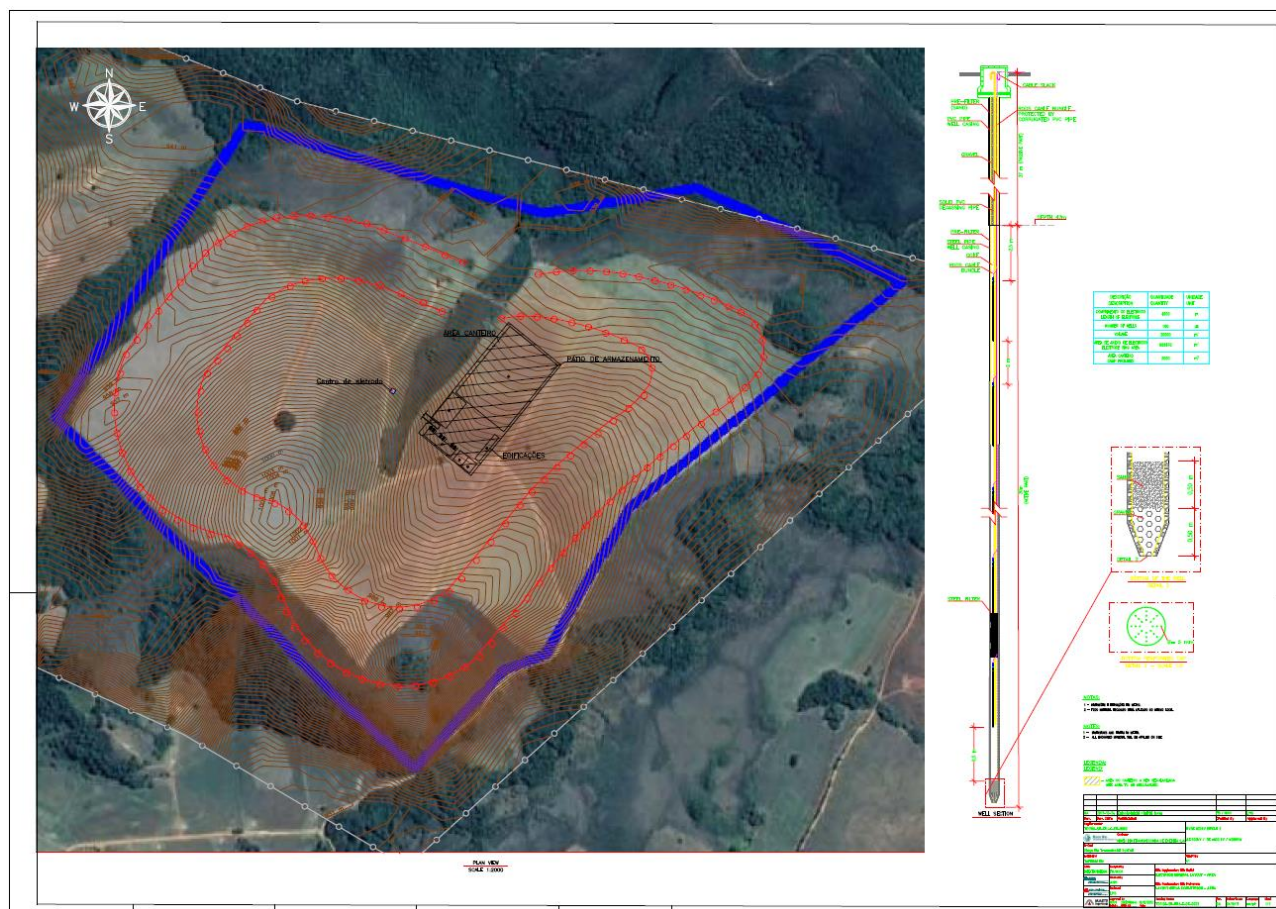
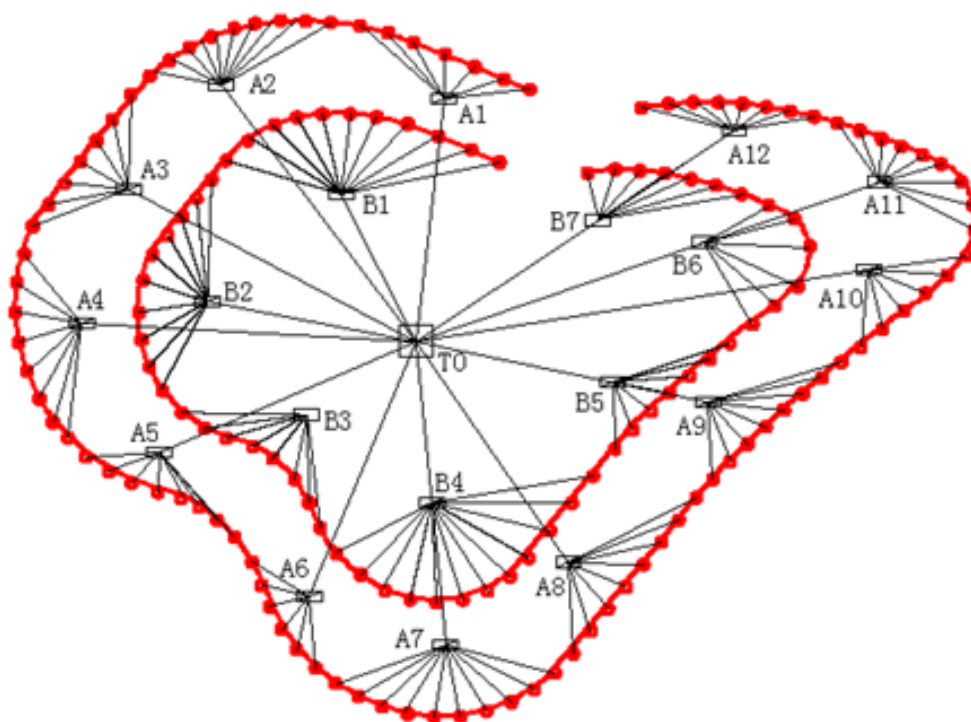


Figura 9.1 - Arranjo Geral do Eletrodo



Nas imagens abaixo estão representadas à vista da conexão dos cabos, a tabela com os dados do eletrodo e o corte do poço que será executado.

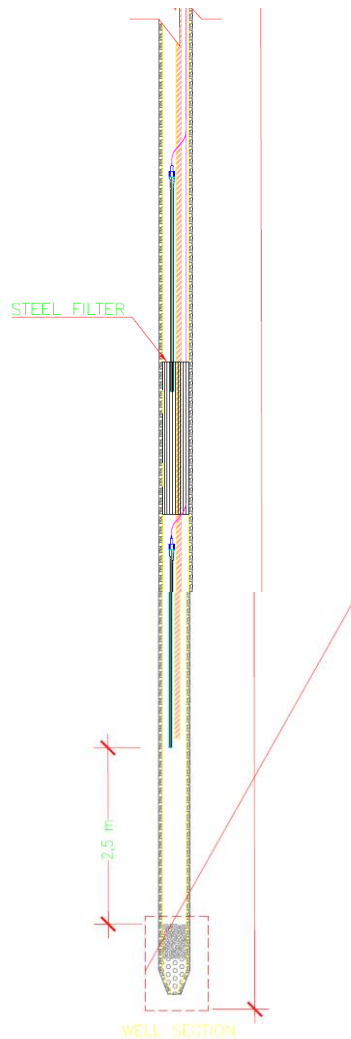
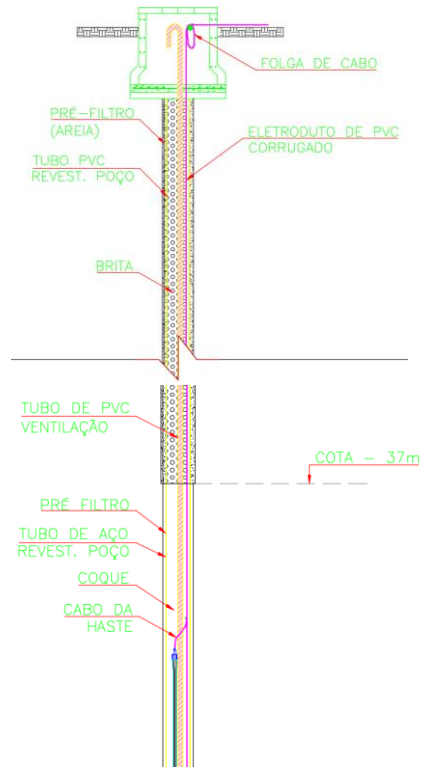
]



**Figura 9.2 - Vista da interconexão dos poços no Eletrodo de Aterramento**

DESCRIÇÃO DESCRIPTION	QUANTIDADE QUANTITY	UNIDADE UNIT
COMPRIMENTO DO ELECTRODO LENGTH OF ELECTRODE	4800	m
NUMBER OF WELLS	160	un
VOLUME	20000	m <sup>3</sup>
ÁREA DE ANEXO DE ELECTRODO ELECTRODE RING AREA	986470	m <sup>2</sup>
ÁREA CANTEIRO CAMP FACILITIES	2000	m <sup>2</sup>

**Tabela 9.1 – Dados do Eletrodo**



**Figura 9.3 - Seção do Poço**

Apresenta-se a seguir o detalhamento da sequência construtiva do Eletrodo:

- Implantação dos marcos georreferenciados das Casas de Distribuição e das Torres de chegada da Linha de Transmissão do Eletrodo.
- Implantação das coordenadas dos poços do eletrodo no solo, permitindo a limpeza do local dos poços e do seu entorno para receber o material proveniente da escavação temporariamente até que seja levado para o bota-fora.
- Supressão vegetal, quando necessária, das áreas atingidas;
- Prever uma maneira de escoar as águas pluviais, em caso de uma chuva torrencial, já que, o material escavado pode formar um dique de contenção no entorno da construção.
- Levantar as cotas na superfície do solo ao longo do Eletrodo para que seja feita a perfuração conforme projeto.
- Fazer a perfuração dos poços conforme profundidade e diâmetro requeridos em projeto, com a utilização de máquinas de perfuração de acordo com as características dos poços.

O processo de perfuração deve adotar a instalação de tubos camisa em aço com espessura de parede suficiente para manter o poço estável na instalação dos componentes internos, são utilizados comumente tubos de aço SCH 10 à SCH 30 para este fim.



**Figura 9.4 - Exemplo de equipamento para perfuração de poço profundo**



**Figura 9.5 - Confirmação da Profundidade do poço para instalação dos componentes internos**

- Instalar os componentes internos dos poços como hastes metálicas (anodos), tubos de ventilação de 1" no eixo central vertical ao longo de toda profundidade do poço, sensores de temperatura e espaçadores.



**Figura 9.6 - Lançamento dos componentes internos dos poços.**



**Figura 9.7 - Lançamento dos componentes internos dos poços.**

- Lançamento do coque misturado com água com o uso de equipamento de bombeamento ao poço para preencher o volume interno ao redor dos anodos e otimizar a área de contato com o solo local, proporcionando uma área ativa maior na drenagem da corrente para o solo. Neste momento deverá haver um cuidado especial para que se mantenha a integridade das hastes de Fe-Si, dos sensores de temperatura.
- Os sensores de temperatura e umidade deverão ficar posicionados conforme indicado no projeto, no centro do poço a uma profundidade de 50 metros. Apenas em 8 poços terão sensores de umidade e 16 poços terão sensores de temperatura. Nas regiões onde estiver posicionado os sensores deverão ser tomados extremos cuidados para que não haja danos durante o preenchimento do poço com o coque.



**Figura 9.8 - Bombeamento de Coque para preenchimento dos poços.**



**Figura 9.9 - Bombeamento de Coque para preenchimento dos poços.**



**Figura 9.10 - Bombeamento de Coque para preenchimento dos poços.**

- Conectar os cabos das hastes ao barramento de interligação entre os poços. O eletrodo de aterramento será dividido por seções, onde cada seção realiza a interligação de uma quantidade de poços por meio de cabos elétricos também lançados diretamente no solo e conectados a uma caixa de concreto, a qual têm construção simples e a finalidade de apenas abrigar o barramento metálico de interligação dos poços daquela seção. A caixa será construída diretamente no solo e ficará localizada em posições equidistantes em relação ao perímetro total do eletrodo.
- A derivação do cabo alimentador para as hastes será feita com solda exotérmica, depois recoberta com Mastic até o nível da capa do condutor, e então, envolvida por pelo menos três camadas de fita isolante. O conjunto será colocado em uma forma de plástico e depois preenchida com massa Scotchplast, de modo, a reforçar a estanqueidade da derivação.
- Todos os anodos lançados nos poços de aterramento do eletrodo devem ser conectados e concentrados em um ponto de conexão para a transição com a Linha de Transmissão aérea.



*Figura 9.11 - Acabamento do Poço e barramento de interligação de anodos.*



*Figura 9.12 - Acabamento do Poço e barramento de interligação de anodos.*



**Figura 9.13 - Acabamento do Poço e barramento de interligação de anodos.**

- Lançamento de cabos elétricos entre a caixa de Interligação dos anodos até as caixas de interconexões das seções. As interligações entre os poços são realizadas por meio de cabos lançados diretamente no solo, no interior de valas abertas com o uso de máquinas.



**Figura 9.14 - Caixa de interconexão de seções e valas para lançamento de cabos.**



**Figura 9.15 - Caixa de interconexão de seções e valas para lançamento de cabos.**

- Efetuar o lançamento dos cabos elétricos entre as caixas de interconexões das seções até o barramento central de transição do Eletrodo com a LT. Conectando todos os poços do eletrodo de aterramento em um ponto de conexão para a transição com a linha de transmissão aérea.
- Cada poço estará conectado por meio de cabos elétricos ao barramento central, que têm a função de fazer a interface da Linha de Transmissão aérea com o eletrodo de aterramento.
- O retorno do solo para dentro da vala de cabos deverá ser feito em camadas de 15 cm. A compactação deverá procurar fazer com que a compactação do solo fique o mais parecido possível com o original. Poderão ser usados equipamentos mecânicos de pequeno porte para este fim, tomando os cuidados necessários para com a integridade dos cabos. Os cabos dos sensores poderão se juntar aos cabos de distribuição até chegar ao interior das casas de distribuição.
- Após a formação do corpo do eletrodo, ligações dos cabos de distribuição e dos sensores haverá um trabalho mais pesado, podendo haver circulação de máquinas. Nesta ocasião deverá haver um controle especial para evitar que ocorra algum dano aos cabos, podendo haver inclusive ruptura.
- Enquanto as atividades de perfuração de poços, instalação dos componentes, lançamento do coque e dos cabos estão acontecendo será construída uma edificação de aproximadamente 6m<sup>2</sup> para abrigar os componentes do barramento central de transição e as chaves seccionadoras de controle que dividem os circuitos das seções dos poços.



**Figura 9.16 - Casa de chaveamento toda em concreto com porta de aço para evitar vandalismo**





**Figura 9.17 - Barramento Central de Transição do Eletrodo com a LT.**

- Os cabos de distribuição entram nas casas de distribuição por duas aberturas laterais, situadas abaixo da superfície do solo, uma de cada lado da casa. Para isso, deverão ser abertas canaletas até o nível da bandeja, um metro acima do corpo do eletrodo, passar os cabos, inclusive os dos sensores, e depois reaterrar, de modo, a disfarçar a entrada dos cabos para evitar vandalismo.
- Na parte externa da edificação serão instaladas as buchas e posteriormente conectadas ao cabeamento (Pingados) que descerão diretamente a linha de transmissão.



**Figura 9.18 - Casa de chaveamento próxima a torre da LT (vista das janelas das buchas)**



## 10. Cronograma e Histograma

A construção do Eletrodo da conversora Terminal Rio tem a duração planejada para 11 meses, considerando todas as etapas construtivas, bem como a mobilização e desmobilização de todo canteiro de obras. A previsão de início é para fevereiro de 2018, finalizando em dezembro de 2018.

O número de trabalhadores é bastante reduzido uma vez que grande volume do trabalho será realizado por máquinas como tratores e perfuratrizes. Durante o pico de obra espera-se atingir um total de 30 trabalhadores para atender o cronograma. Entre estes trabalhadores então incluídos os motoristas, operadores, engenheiros, técnicos, supervisores, encarregados, eletricitas e ajudantes.

Para atender esta demanda de pessoal está prevista a contratação de Mão de Obra local e de outras cidades e estados. É de total interesse da CET BRAZIL a contratação do maior número de trabalhadores do local, uma vez que normalmente teria um custo menor e atenderia as solicitações comuns do IBAMA, porém como se trata de uma obra atípica, com diversas atividades específicas nunca executadas na região e tampouco no Brasil, será necessário contratar MO especializada de fora.

## 11. Efeitos físicos do eletrodo em operação

Durante a operação do eletrodo com sua corrente máxima, espera-se que o fluxo de corrente em direção ao solo resulte em dois efeitos físicos em áreas limítrofes aos elementos de condução, a saber:

- Aquecimento do solo: Em função da dissipação de energia a partir da operação monopolar espera-se um aumento de temperatura limítrofe aos elementos de condução. Como por exemplo; caso a corrente de 2500A seja injetada no eletrodo durante 10 dias, a temperatura máxima que a haste irá atingir é de 72,6 graus, o que é menos que 79 graus exigidos no anexo 6 do edital da ANEEL.
- Eletro-osmose: A água no solo tende a migrar no sentido da corrente elétrica, provocando o ressecamento do solo e conseqüentemente o aumento da resistividade. Porém, conforme estudos realizados e conforme os dados apresentados anteriormente neste relatório a pior situação que ocorrerá será de 0,496 A/m<sup>2</sup>, o que é menor que 0,50 A/m<sup>2</sup> indicado no anexo 6 da ANEEL. Ressalta-se que, além das informações de referências citadas, o Eletrodo de Terra será dotado de sistema de medição de umidade e sistema de irrigação própria de forma a evitar os efeitos supracitados. Ressalta-se que, além das informações de referências citadas, o Eletrodo de Terra será dotado de sistema de medição de umidade de forma a controlar os efeitos supracitados.

Além disso, outros efeitos são questionados, em geral, quando se discute a instalação de eletrodos:

- Choques elétricos: Os critérios de projeto para o dimensionamento do Eletrodo de Terra validam a segurança de pessoas e animais inclusive em toda a área do Eletrodo de Terra. O ponto mais crítico do eletrodo, que serve como referência para os cálculos de tensão de passo e toque, fica exatamente em cima do eletrodo. O projeto executivo confirma que todos os valores de segurança, sobre o eletrodo em si, atendem os critérios de segurança definidos em normas internacionais, além dos critérios descritos no edital da ANEEL. Como por exemplo, o gráfico de tensão



de passo apresentado acima neste relatório, indica que a tensão máxima será de 1,002 V/m, o que é menor do que o limite indicado na norma IEC62344.

- Corrosão de estruturas metálicas enterradas, influência em Transformadores, Sistemas de Comunicação, Cercas: O Anexo 6 do edital da ANEEL define que “a transmissora deve tomar as providências para mitigar todos os efeitos de interferência (corrosão de dutos e estruturas metálicas de linhas de transmissão e seus aterramentos, saturação de transformadores CA, entre outros) que o retorno da corrente CC no solo poderá provocar, de acordo com os requisitos das empresas proprietárias dos ativos sujeitos a interferência”. Portanto, conforme previsto em edital, caso haja impacto a alguma estrutura, ele será mitigado pelo empreendedor.

## 12. Drenagem na Área do Eletrodo

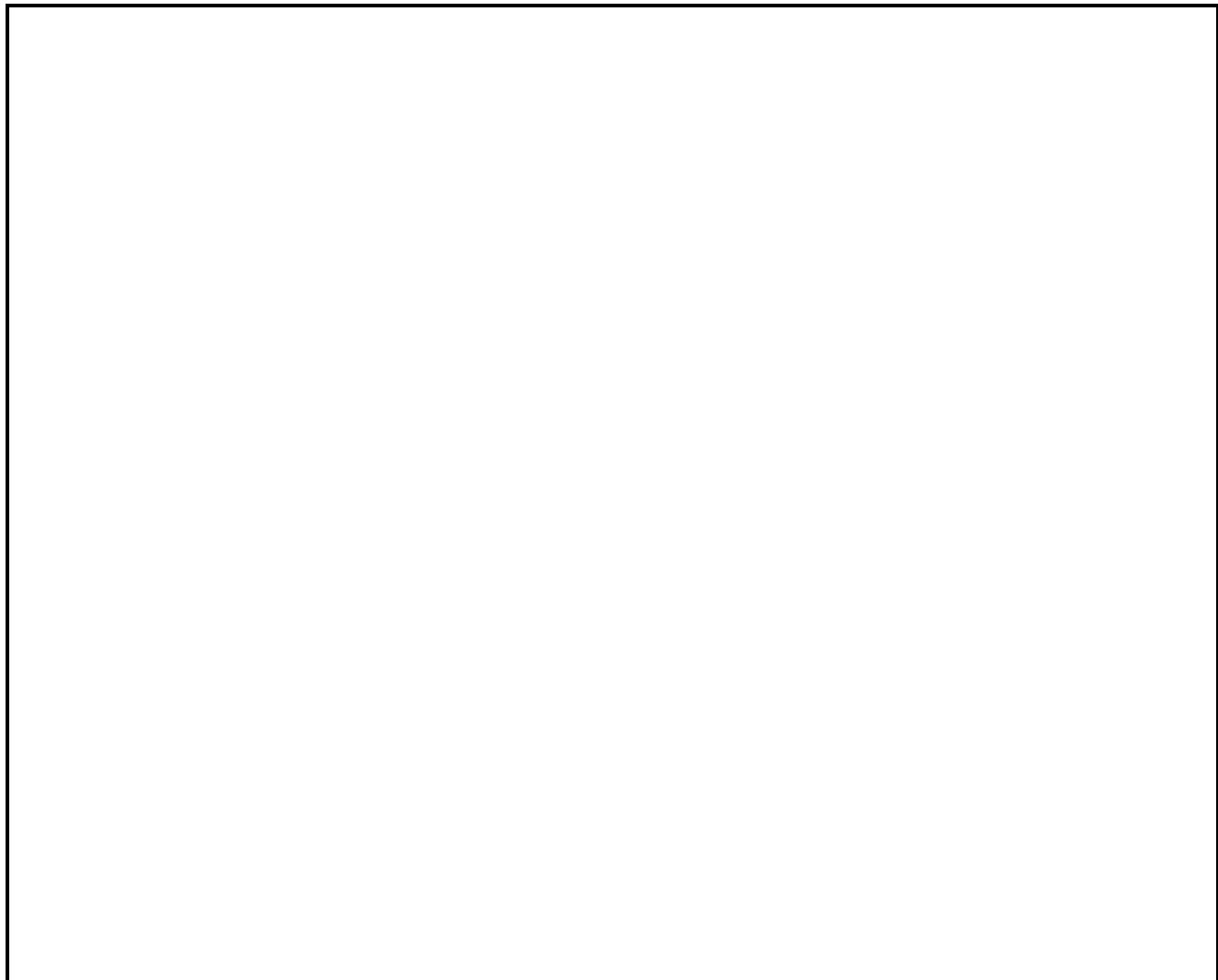
Não há necessidade de um sistema de drenagem específico para a área do eletrodo uma vez que o terreno natural será mantido através de corte e aterro no percurso onde são instalados os eletrodos, fazendo com que os fluxos de água não sejam alterados.

## 13. Referências Bibliográficas



- ✓ Lei 11.934 de 05.05.2009 e Resolução Normativa ANEEL nº 616, de 1º de julho de 2014 - Limites Seguros de Exposição
- ✓ Edital do Leilão ANEEL nº 007/2015
- ✓ IEC PAS 62344/2015 – Diretrizes gerais para o projeto de Eletrodos de Terra para linhas HVDC
- ✓ IEC 60479-1 – Efeitos da corrente em humanos e gado
- ✓ Cigré Working Group B4-44 – Guia de Planejamento Ambiental HVDC
- ✓ Cigré Working Group 14.21 – TF2 Diretrizes gerais para o projeto de Eletrodos de Terra para linhas HVDC

## 14. Anexos

- **Anexo 1** - Relatório de Planejamento de Mobilização e de Canteiro
- **Anexo 2** – Relatório Técnico do Eletrodo do Terminal Rio
- **Anexo 3** - Desenhos do Eletrodo do Terminal Rio (Comum p/ todos relatórios)
- **Anexo 4** - Arquivo em KMZ com Arranjo e Vértices (Comum p/ todos relatórios)



Rev.	Date	Description	For	Aprov.
03	24/10/2017	Revisão geral	DP	WZ
02	28/03/2017	Revisão geral	CB	LI
01	17/08/2016	Revisão geral	RP	LI
00	11/12/2015	Emissão inicial	RP	LI

 <b>XINGU RIO</b> TRANSMISSORA DE ENERGIA S.A.			<i>Reference</i> Projeto Xingu Rio – Bipolo 2 HVDC +/-800Kv - 500kVCA		
 <b>STATE GRID</b> CORPORATION OF CHINA CET BRAZIL TRANSMISSÃO DE ENERGIA LTDA			<i>Document Title</i> Planejamento do Canteiro e de Mobilização Eletrodo Terminal Rio – Site 43		
<i>Project</i>	DP – Daniel Pardini	23/10/17	<i>Discipline</i>	Relatório e Estudos Técnicos	<i>Rev.</i> 03
<i>Approved</i>	WZ – Wang Zhongyang	23/10/17	<i>Nº Doc.</i>	CET-ET-RIO-RE-MA-0001-03	<i>Pages</i> 1/22
<i>Responsible</i>	DP – Daniel Pardini	23/10/17	<i>Nº CET</i>		
<i>CREA Nº</i>	84606-D				



<b>1. Introdução</b>	<b>4</b>
<b>2. Objetivo</b>	<b>4</b>
<b>3. Localização e Acessos</b>	<b>5</b>
3.1. Localização do Eletrodo	5
3.2. Acessos as Instalações do Eletrodo	6
<b>4. Áreas utilizadas para construção</b>	<b>9</b>
4.1. Sub-Canteiro	10
4.2. Alojamento	10
4.3. Bota-fora	12
<b>5. Infraestrutura para realização da obra</b>	<b>14</b>
5.1. Água para a fase da obra e definitiva para o eletrodo	14
5.2. Jazidas licenciadas de Agregados para Concreto	14
5.3. Locais Licenciados para destinação de Resíduos.	14
5.4. Energia para a fase da obra	15
5.5. Anotação de responsabilidade técnica	15
5.6. Placas obrigatórias	15
<b>6. Instalações e Arranjo Físico</b>	<b>16</b>
6.1. Instalações Sanitárias / Vestiários	16
6.2. Local de Refeições	17
6.3. Área de vivência	17
6.4. Alojamento dos colaboradores	17
6.5. Cozinha	17
6.6. Escritórios	17
6.7. Guarita	17
6.8. Ambulatório	17
6.9. Almojarifado	17
6.10. Pátio de equipamentos e materiais	18
6.11. Estacionamento de máquinas	18
6.12. Central dosadora de concreto	18
6.13. Agregados	18
6.14. Bacia de decantação para lavagem de caminhão betoneira	18
6.15. Laboratório de concreto	18
6.16. Laboratório de solos	18
6.17. Serralheria/carpintaria	18



6.18.	Central de Armação.....	18
6.19.	Abastecimento dos Equipamentos.....	18
6.20.	Oficina.....	19
6.21.	Lavagem de Veículos/Equipamentos.....	19
6.22.	Drenagem da área do canteiro.....	19
6.23.	Abastecimento de água.....	19
6.24.	Fornecimento de Energia Elétrica.....	19
6.25.	Telecomunicações.....	19
6.26.	Vigilância.....	19
6.27.	Efluentes sanitários.....	19
6.28.	Baias de resíduos (contaminados e recicláveis).....	19
6.29.	Coleta de lixos orgânicos.....	20
6.30.	Resíduos perigosos e contaminados.....	20
6.31.	Transporte dos colaboradores.....	20
<b>7.</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>22</b>



## 1. Introdução

Este Planejamento do Canteiro e de Mobilização pode ser definido como o planejamento do layout e da logística das instalações provisórias, instalações de segurança e sistema de movimentação e armazenamento de materiais. O planejamento do layout envolve a definição do arranjo físico para as áreas de trabalho, de alimentação, de estocagem dos materiais e equipamentos. Por outra parte, o planejamento logístico estabelece as condições de infraestrutura para o desenvolvimento do processo produtivo, estabelecendo, por exemplo, as condições de armazenamento e transporte de cada material, a tipologia das instalações provisórias, o mobiliário dos escritórios ou as instalações de segurança de uma serra circular.

Para elaboração deste planejamento foram utilizadas informações de diversas fontes como por exemplo:

- Exigências das Normas Regulamentadoras como NR-18, referente às condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção.
- Exigências das Normas Regulamentadoras como NR-24, referente às instalações sanitárias e de conforto nos locais de trabalho;
- Norma Técnica ABNT 12.284, referente às áreas de vivência em canteiro de obras;
- Exigências da EP-5001 de Furnas;
- Informações baseadas em obras de HVDC existentes;
- Informações baseadas na experiência da CET Brazil e da CET China;

A construção civil deve ser socioeconomicamente organizada, de forma limpa e ecologicamente correta para alcançar o desenvolvimento sustentável da sociedade. Para isso, é necessário preocupar-se com todas as etapas do ciclo de vida do empreendimento, desde sua concepção, passando pelo projeto, construção, manutenção, até recuperação da vegetação final das áreas que sofrerem intervenção durante o processo construtivo, considerando sempre as três dimensões da sustentabilidade: econômica, social e ambiental.

## 2. Objetivo

Este Planejamento de Canteiro e de Mobilização tem como objetivo propiciar informações para a implantação da infraestrutura necessária para a melhor utilização do espaço físico disponível, promover operações eficientes, seguras e manter alta a motivação dos empregados, fornecendo boas condições ambientais de trabalho, tanto em termos de conforto como de segurança. Além disso, minimizar distâncias de transporte, tempos de traslado de pessoal e materiais, reduzir manuseios e evitar obstruções ao movimento de materiais e equipamentos.

A definição do local do canteiro de obra será realizada de forma estratégica, considerando fatores diretamente envolvidos à logística e causando o mínimo de impacto possível aos meios físico, biótico e socioeconômico.

Este planejamento também visa garantir o cumprimento dos compromissos assumidos pela CET BRAZIL no que concerne:

- ✓ À correta gestão ambiental será aplicada durante todos os processos de execução da obra, iniciando na mobilização de estruturas, equipamentos, colaboradores, durante a etapa construtiva do empreendimento, finalizando na total desmobilização do canteiro, visando a atender com rigor todas as normas vigentes, por exemplo, Conama (307, 357, 430, Ministério da Saúde (MS), dentre outras;



- ✓ O atendimento às normas regulamentadoras do Ministério do Trabalho, Normas Técnicas de Construção e a Legislação Ambiental.

### 3. Localização e Acessos

Neste item será apresentado às informações sobre os acessos e as localizações do Eletrodo.

#### 3.1. Localização do Eletrodo

O local selecionado para instalação do Eletrodo do Bipolo 2 da SE Terminal Rio foi definido em função das exigências indicadas no edital da ANEEL, como por exemplo, a resistência de aterramento seja igual ou inferior a  $0,35 \Omega$ , a qual depende diretamente da estrutura geológica. A Praça do Eletrodo proposta, está localizada na zona rural da cidade de Minduri – MG. A imagem abaixo apresenta a locação do Eletrodo em referência a S.E. Terminal Rio.



Figura 3.1 – Localização do Eletrodo da SE Terminal Rio

Para localização exata da área onde será implantado o Eletrodo, segue abaixo o quadro com as coordenadas. O que também pode ser observado no arquivo eletrônico, **Anexo II – Arquivo em KMZ com Arranjo e Vértices** deste relatório.



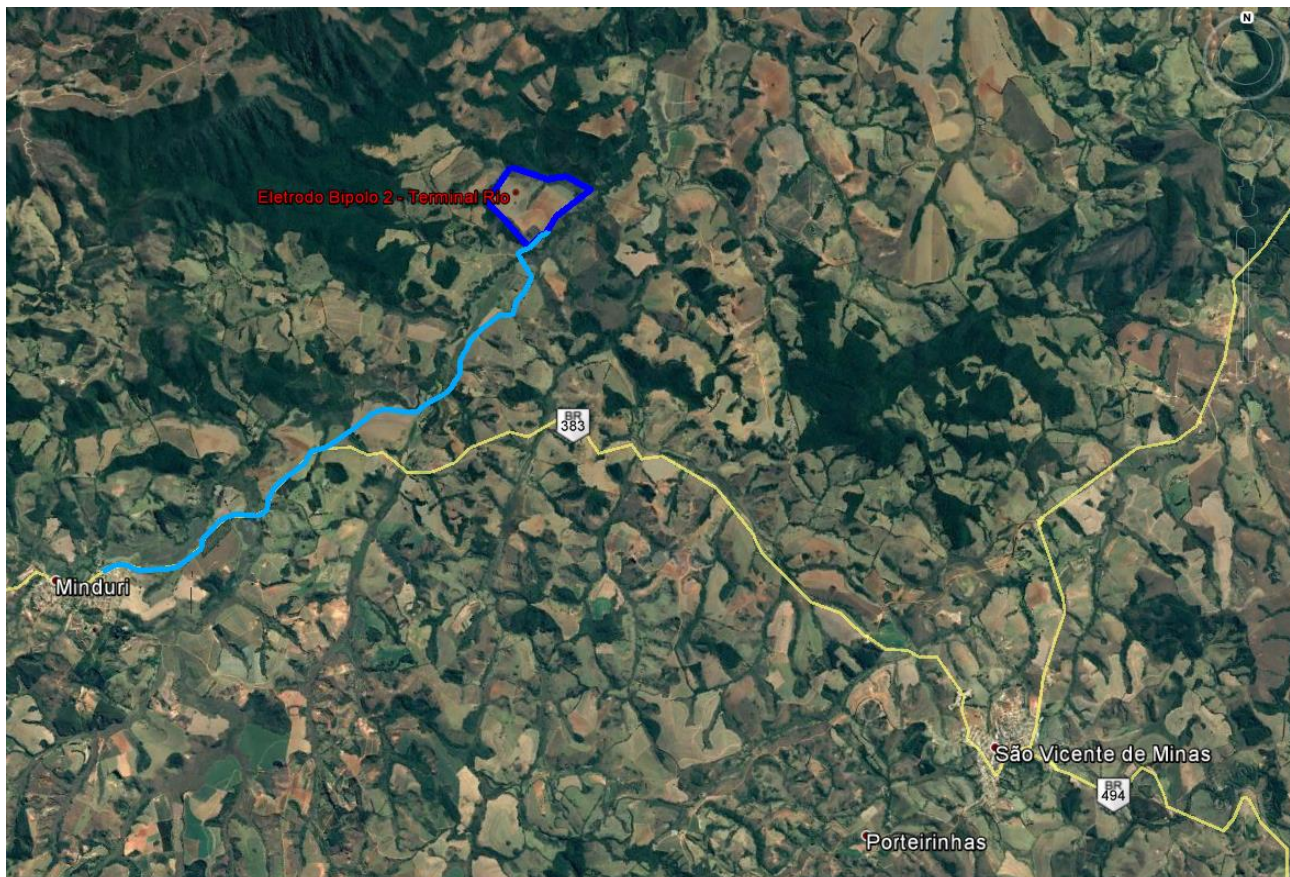


VÉRTICE	X	Y	DATUM	FUSO	MUNICÍPIO	UF
V1	548.597	7.609.953	SIRGAS2000	23K	Minduri	Minas Gerais
V2	549.243	7.609.757	SIRGAS2000	23K	Minduri	Minas Gerais
V3	549.578	7.609.810	SIRGAS2000	23K	Minduri	Minas Gerais
V4	550.024	7.609.608	SIRGAS2000	23K	Minduri	Minas Gerais
V5	549.427	7.609.119	SIRGAS2000	23K	Minduri	Minas Gerais
V6	549.249	7.608.808	SIRGAS2000	23K	Minduri	Minas Gerais
V7	549.156	7.608.775	SIRGAS2000	23K	Minduri	Minas Gerais
V8	548.964	7.608.562	SIRGAS2000	23K	Minduri	Minas Gerais
V9	548.197	7.609.319	SIRGAS2000	23K	Minduri	Minas Gerais

**Quadro 3.1 - Polígono da área que deverá ser adquirida:**

### 3.2. Acessos as Instalações do Eletrodo

O acesso da Praça do Eletrodo e seu respectivo canteiro de obra serão feitos através da rodovia Federal BR-383, saindo da cidade de Minduri no sentido de São Vicente de Minas. Sendo a distância desde Minduri até a saída para a estrada de terra de aproximadamente 5 km, e a distância da BR-383 pela estrada de terra até a Praça do Eletrodo é de mais 6 km, totalizando 11 km desde a cidade de Minduri. A imagem abaixo apresenta o acesso desde Minduri, incluindo a BR-383, o trecho da estrada de terra e como referência a cidade de São Vicente de Minas.



**Figura 3.2 - Acesso pela rodovia Federal BR-383 até a Praça do Eletrodo destacado em azul**



O acesso será usado basicamente para o transporte de trabalhadores. Sendo que, uma movimentação maior é prevista no período de mobilização do canteiro de obras e na ocasião da entrega dos materiais, que serão pontuais e específicas sem transtornos à população local. Porém, se necessário, o acesso da estrada de terra será melhorado pontualmente e mantido em condições de tráfego durante o período de obra, em acordo e harmonia com as instituições e moradores locais.

Para auxiliar na identificação e na visualização da situação atual das vias de acesso e da Praça do Eletrodo, segue abaixo algumas fotos com uma breve descrição.



**Figura 3.3 – BR-383 próximo da saída da estrada de terra.**



**Figura 3.4 – Saída da BR-383 e início da estrada de terra (Placa inf. “Haras das Minas Gerais”)**



**Figura 3.5 – Estrada de terra próxima do Eletrodo.**



**Figura 3.6 – Área do Eletrodo. Cultivo de milho no local.**



**Figura 3.7 – Área do Eletrodo. Cultivo de milho no local.**



*Figura 3.8 – Ao fundo, atrás da área do eletrodo, mata secundária.*

#### **4. Áreas utilizadas para construção**

Para definição dos canteiros e dos alojamentos do Eletrodo foram feitos estudos das áreas disponíveis considerando o arranjo geral; a interferência com a saída da linha de transmissão; as demandas de espaços para armazenamento dos materiais; os critérios socioambientais como topografia plana, sem necessidade de movimentação de volumes significativos de terra; condições de acesso, privilegiando sempre a utilização de caminhos existentes; etc. Além disso, foram calculadas as áreas necessárias para todas as instalações como escritórios, refeitórios, almoxarifados, etc. Tudo isso, baseado nas normas regulamentadoras. Importante ressaltar 3 pontos:

- A localização da obra do eletrodo não interfere em nenhum corpo hídrico ou nascente. Como pode ser verificado na imagem a seguir, todas os tipos de instalações, sejam elas temporárias para a fase da obra ou definitivas do eletrodo, foram locadas evitando interferências com as APPs existentes nas proximidades.
- Será feita a supressão vegetal, quando necessária, conforme levantamento do inventário florestal, apenas nas áreas e no entorno dos locais onde serão instalados os poços do eletrodo;
- Caso haja rocha durante a escavação do poço, inicialmente será feito uma pequena mudança da posição do poço, mas caso não seja suficiente, será feito o desmonte da rocha com o uso de explosivos. Para isto, será feito todo processo e tratativa junto a Exército Brasileiro.

A área é plana ou pouco inclinada e é utilizada para agricultura. Por se tratar de uma obra simples e compacta, não haverá execução de drenagem na área de instalação do eletrodo, somente controle do solo referente as escavações dos furos do eletrodo.

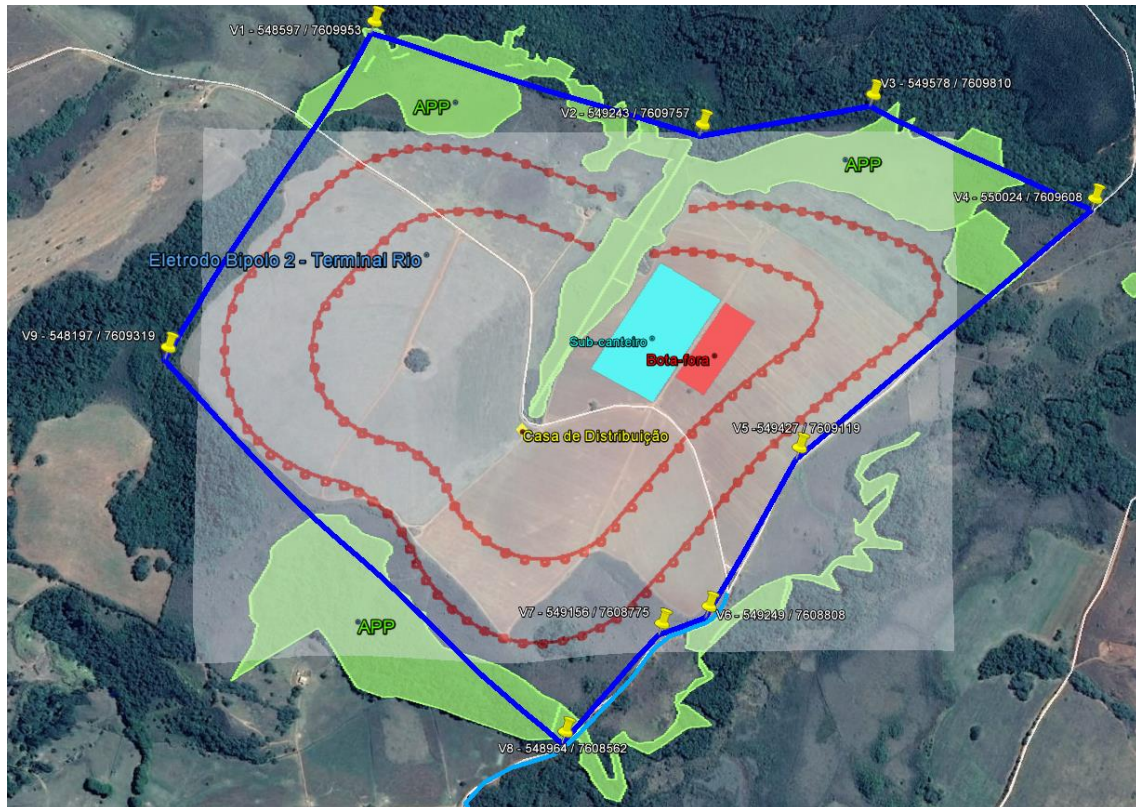


Figura 4.1 – Instalações projetadas para não serem executadas em áreas de APP.

#### 4.1. Sub-Canteiro

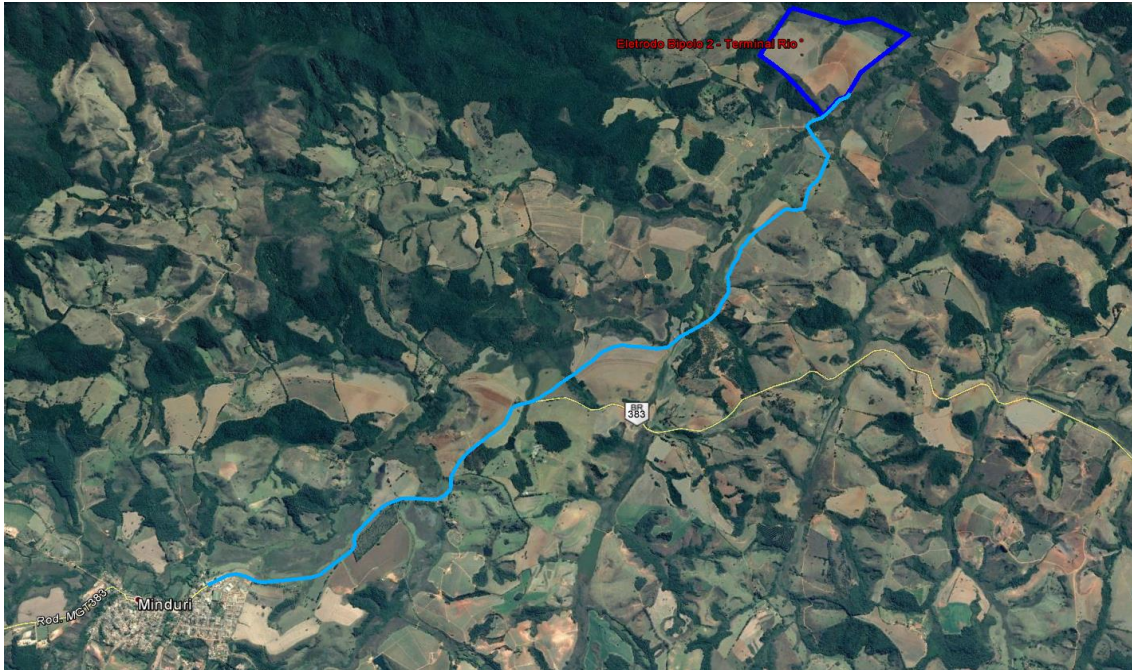
Será apenas para apoio da pequena equipe que irá trabalhar no mesmo (Pico de 30 trabalhadores). Ele será instalado dentro da área adquirida para a construção do eletrodo. Serão feitas todas as instalações necessárias para atender a NR-18. Esta área do sub-canteiro se caracteriza pela presença de agricultura.

#### 4.2. Alojamento

De acordo com o levantamento realizado, concluiu-se que não haverá a necessidade da construção de alojamento para os trabalhadores dentro do canteiro, uma vez que na cidade de Minduri, assim como nas cidades limítrofes, existem estruturas que atendem as necessidades da obra. Caso seja necessário, serão executadas benfeitorias nos imóveis para atender melhor aos trabalhadores (NR-18).

Ainda não foi definido qual imóvel será alugado, portanto não é possível informar a locação com precisão. Estaremos buscando imóveis mais próximos ao local da obra, que serão preparados para a finalidade de alojar trabalhadores, preferencialmente hotéis, pousadas ou residências locais.

Como pode ser visualizado na imagem abaixo, a cidade de Minduri é o local mais perto para acomodar os profissionais.



**Figura 4.2 – Cidade de Minduri, acesso e local do Eletrodo.**



**Figura 4.3 – Foto da cidade de Minduri**



**Figura 4.4 – Foto da cidade de Minduri**



### 4.3. Bota-fora

O Eletrodo terá bota-fora para onde será destinado a camada vegetal, o material originado da limpeza das áreas do entorno de onde serão executados os poços e o material provenientes das escavações dos poços.

Serão realizados 160 furos de aproximadamente 85 metros de profundidade e 60 cm de diâmetro para que sejam instalados as hastes e o coque, posteriormente será realizado o PRAD de toda área trabalhada.

Para melhor visualização e entendimento da locação do canteiro segue a imagem abaixo.

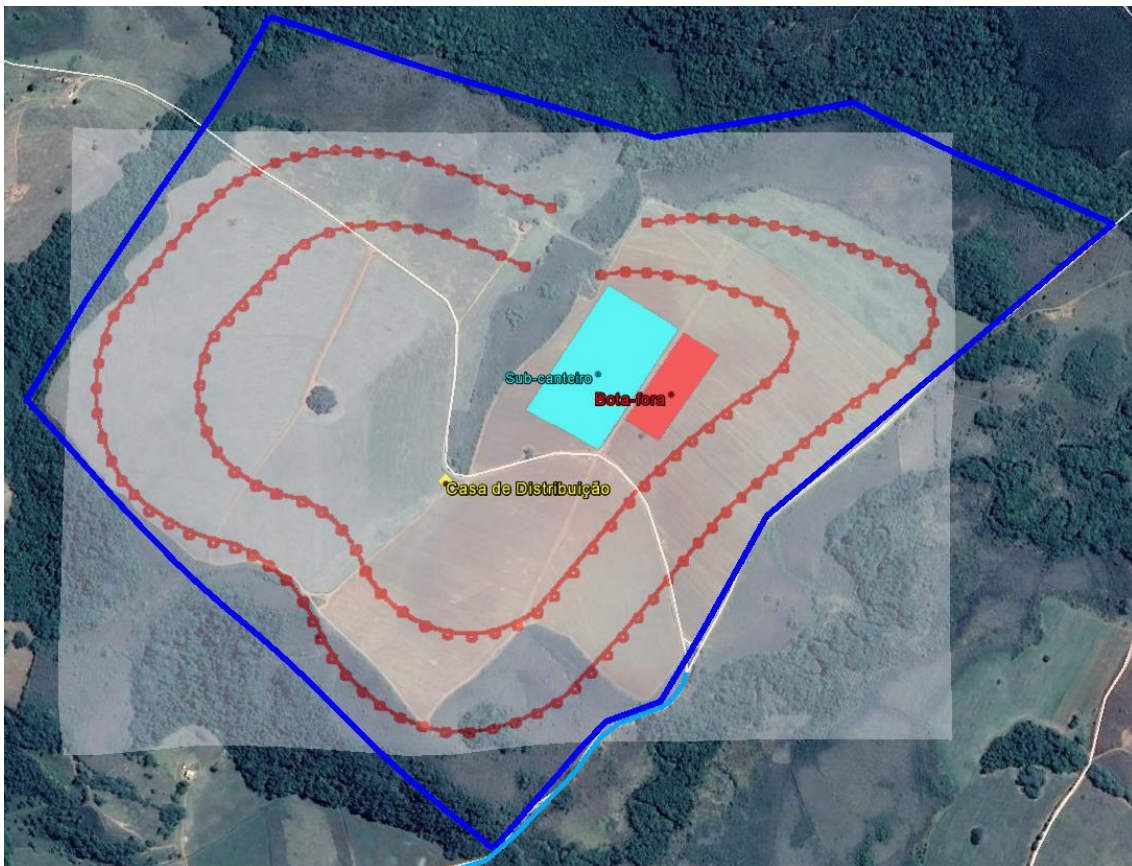


Figura 4.5 - Local previsto para o Sub-canteiro do Eletrodo destacado em azul claro.

Como pode ser visualizado na imagem abaixo, a cidade de Minduri é o local mais perto para acomodar os profissionais.

Estas áreas também estão representadas, conforme desenhos que seguirão como **Anexo I – Desenhos do Eletrodo** deste relatório. Segue abaixo imagem do print do desenho do Arranjo Geral do Canteiro para ilustração.



Figura 4.6. – Anexo I – Desenhos do Eletrodo - Layout Geral do Canteiro do Eletrodo

Abaixo fotos que demonstram as atividades e recursos utilizados para a construção dos poços do Eletrodo tipo Vertical.

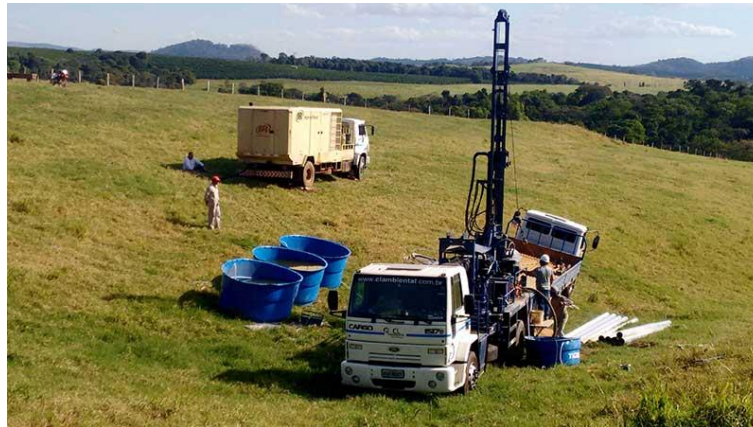


Figura 4.7 – Perfuratriz realizando o furo do poço.



Figura 4.8 – Instalação de tubulação de retorno de gases.





## **5. Infraestrutura para realização da obra**

A construção do eletrodo se resume a enterrar hastes (anodos) envolvidos em coque dentro dos furos de aproximadamente 85 metros de profundidade e 60 cm de diâmetro. Esses anodos são interligados com cabos à uma pequena casa de chaveamento ou distribuição, construída em alvenaria e concreto convencional produzidos no local.

Para atender as necessidades do canteiro de obras, se faz necessário à instalação de infraestruturas mínimas como, o fornecimento de água e de energia. Além disso, durante a fase da obra haverá a demanda de materiais e de serviços locais, como por exemplo o fornecimento de agregados por terceiros e áreas para destinação dos resíduos. Abaixo informações sobre alguns levantamentos realizados na região onde será executada a obra.

### **5.1. Água para a fase da obra e definitiva para o eletrodo**

Esse tipo de obra requer baixo consumo de água. Para suprir a demanda de água durante a fase de obra, será utilizado o poço artesiano ou outras disponibilidades de águas existentes na propriedade, como açudes ou águas superficiais. Caso não haja nenhuma destas opções dentro da propriedade será contratado fornecimento em caminhões pipa por empresas regulamentadas, sendo retirada água de recursos próximos a obra, como açudes ou outra opção de águas superficiais. Mas para isso será realizado todo procedimento junto aos órgãos competentes.

Para a fase de operação, não será necessário o abastecimento de água, porque o projeto executivo atual não prevê nenhum sistema de irrigação para resfriamento do coque e/ou das hastes. Caso seja alterado o sistema de resfriamento do eletrodo, que venha a necessitar o abastecimento de água, o mesmo será realizado através de caminhões pipa. Isso é possível porque, conforme edital da ANEEL, o Eletrodo é programado para operar apenas 220 horas por ano.

Para o consumo humano, será realizado o fornecimento de água mineral engarrafada durante a fase da obra e durante a fase de operação, uma vez que não terá posto de trabalho definitivo no local.

### **5.2. Jazidas licenciadas de Agregados para Concreto**

Para o caso do Eletrodo, a situação é bem simples porque praticamente não teremos concreto na obra. O concreto utilizado será apenas para a construção da casa de chaveamento ou distribuição que terá a área de aproximadamente 6m<sup>2</sup> e para as caixas de passagem de cabos. Nestes casos os agregados serão comprados diretamente das empresas licenciadas.

### **5.3. Locais Licenciados para destinação de Resíduos.**

A manutenção das condições de organização e limpeza das frentes de obra é dever de todas as empresas envolvidas, sendo que os resíduos gerados (entulhos, madeiras, ferragens, embalagens e outros) serão recolhidos e acumulados provisoriamente em local reservado e ao abrigo dos ventos.

Para cada tipo de resíduo será disponibilizada uma área compatível com a quantidade do resíduo a ser armazenado, podendo ser baías, containers ou outro tipo de armazenamento. Os resíduos perigosos serão armazenados dentro dos seus respectivos recipientes, em áreas separadas e fechadas.



A separação poderá ser feita por meia parede de alvenaria, formando baias, as quais deverão estar devidamente identificadas de acordo com o tipo de resíduo. Estando os resíduos previamente separados nas baias, será providenciado o seu envio para os locais específicos, conforme a necessidade e demanda de cada tipo de resíduo. Posteriormente serão coletados e transportados por empresas qualificadas que atendam aos requisitos legais para coleta.

Para controle dessas atividades, será elaborado um Plano de Gerenciamento de Resíduos (PGR), contemplando especificamente a destinação final e empresa responsável pela coleta de cada tipo de resíduo, além de formulários de controle de saída e transporte desses resíduos.

#### **5.4. Energia para a fase da obra**

Para suprir a demanda de energia elétrica, será utilizado geradores, cada um com sua respectiva bacia de contenção de óleo e kit de mitigação ambiental para atendimento a qualquer passivo ambiental. Além disso, caso haja fornecimento de energia da concessionária local usaremos este recurso.

Os funcionários que realizarão o abastecimento dos geradores receberão um treinamento específico em atendimento a NR-20 "Segurança e Saúde no Trabalho com inflamáveis e Combustíveis".

#### **5.5. Anotação de responsabilidade técnica**

Conforme a Lei Federal nº 6.496/1977, todo contrato para prestação de serviços de Engenharia, estão sujeitos aos registros de ARTs - "Anotação de Responsabilidade Técnica". A ART caracteriza legalmente os direitos e obrigações entre profissionais e usuários de seus serviços técnicos, além de determinar a responsabilidade profissional por eventuais defeitos ou erros técnicos. Para que a obra esteja regularizada perante o CREA de Minas Gerais será providenciada as ARTs de obras civis e de montagem eletromecânica.

#### **5.6. Placas obrigatórias**

Será instalada a placa de canteiro do IBAMA referente ao Licenciamento. Seguindo o modelo e as especificações técnicas exigidas pelo IBAMA como: Dimensão, Cor utilizada, Fonte/Tamanho das Letras, Logotipos (IBAMA – MMA – Governo Federal), conforme modelo apresentado na imagem abaixo. Além disso, também será instalada a placa com a indicação dos Responsáveis Técnicos de Civil e Elétrica da obra conforme modelo abaixo, seguindo sempre as exigências do CREA de Minas Gerais.



Figura 5.1 – Modelo Padrão de Placa IBAMA.



Figura 5.2 - Modelo Padrão de Placa do CREA.

## 6. Instalações e Arranjo Físico

Com base nas informações citadas até o momento neste relatório e no pico do efetivo previsto de aproximadamente 30 colaboradores, foram definidas as instalações que serão implantadas no canteiro de obra, suas dimensões, características e localização, abaixo segue o resumo das definições:

### 6.1. Instalações Sanitárias / Vestiários

Será instalado banheiro tipo container móvel ou tipo construções provisórias (tipo madeira) com toda infraestrutura sanitária, porém, caso a edificação existente no local da obra tenha infraestrutura para atender toda equipe, será utilizado as instalações sanitárias existentes, evitando assim mais impactos ambientais. Além disso será disponibilizado banheiros químicos próximos as frentes de trabalho. Sempre atendendo a NR-18. Na imagem abaixo, referente ao Layout Geral do Canteiro do Eletrodo, é possível verificar o local destinado as refeições tipo container.



## **6.2. Local de Refeições**

Será instalado um container móvel ou tipo construções provisórias (tipo madeira) com toda infraestrutura para que sejam realizadas as refeições, porém, caso a edificação existente no local da obra tenha infraestrutura para atender toda equipe, será utilizado o imóvel evitando mais impactos ambientais. Sempre atendendo a NR-18. Na imagem abaixo, referente ao Layout Geral do Canteiro do Eletrodo, é possível verificar o local destinado as refeições tipo container.

## **6.3. Área de vivência**

Será instalado uma área de vivência com toda infraestrutura para descanso e entretenimento, porém, caso a edificação existente no local da obra tenha alguma área que possa atender toda equipe, será utilizado o imóvel evitando mais impactos ambientais. Sempre atendendo a NR-18. Na imagem abaixo, referente ao Layout Geral do Canteiro do Eletrodo, é possível verificar o local destinado a área de vivência.

## **6.4. Alojamento dos colaboradores**

Os trabalhadores serão alojados em Minduri, que é a cidade mais próxima da obra, mas caso necessário ficarão alojados nas cidades limítrofes do município de Minduri, como São Vicente de Minas, ou em residências alugadas próximas a obra. Caso a edificação existentes no local da obra tenha infraestrutura que possa atender toda equipe, será utilizado o imóvel evitando mais impactos ambientais e a perda de tempo com o traslado entre alojamento e obra. Sempre atendendo a NR-18.

## **6.5. Cozinha**

Não serão instaladas cozinhas no sub-canteiro. O fornecimento das refeições será terceirizado para empresas locais.

## **6.6. Escritórios**

O canteiro será composto por um escritório tipo container móvel ou tipo construções provisórias (tipo madeira), que será dividido pela CET BRAZIL, XRTE e subcontratados, porém, caso a edificação existente no local da obra tenha infraestrutura que possa atender toda equipe de escritório, será utilizado o imóvel evitando mais impactos ambientais. Sempre atendendo a NR-18. Na imagem abaixo, referente ao Layout Geral do Canteiro do Eletrodo, é possível verificar o local destinado ao escritório.

## **6.7. Guarita**

Não será instalada guarita porque a área é isolada e a obra terá um número pequeno de funcionários.

## **6.8. Ambulatório**

O canteiro terá um ambulatório tipo container móvel ou tipo construções provisórias (tipo madeira), para atender apenas primeiros socorros. Caso seja necessário um atendimento médico será encaminhado para os hospitais da região.

## **6.9. Almoxarifado**

O canteiro será composto por um pequeno almoxarifado tipo container móvel ou tipo construções provisórias (tipo madeira), porém, caso a edificação existente no local da obra tenha infraestrutura que possa ser utilizada como almoxarifado, será utilizado o imóvel evitando mais impactos ambientais. Na imagem abaixo, referente ao Layout Geral do Canteiro do Eletrodo, é possível verificar o local destinado ao almoxarifado.



#### **6.10. Pátio de equipamentos e materiais**

Será utilizada uma área interna da Praça do Eletrodo, para armazenamento do Coque. Este pátio será regularizado para facilitar o escoamento das águas pluviais, a movimentação das cargas e melhorar a armazenagem dos materiais. Na imagem abaixo, referente ao Layout Geral do Canteiro do Eletrodo, é possível verificar o local destinado ao pátio de equipamentos e materiais.

#### **6.11. Estacionamento de máquinas**

Serão utilizadas as áreas existentes dentro da área da Praça do Eletrodo. Na imagem abaixo, referente ao Layout Geral do Canteiro do Eletrodo, é possível verificar o local destinado ao estacionamento de máquinas.

#### **6.12. Central dosadora de concreto**

Não será instalada central de concreto porque o volume de concreto para o Eletrodo é insignificante. O concreto será preparado na obra, usando métodos convencionais. Será necessário apenas na fundação da casa de chaveamento ou distribuição do Eletrodo que tem aproximadamente 6m<sup>2</sup> e para o fundo das caixas de passagem.

#### **6.13. Agregados**

Não será instalada baias para agregados. Será preparado apenas uma pequena área para receber a pequena quantidade que vamos receber de brita e areia.

#### **6.14. Bacia de decantação para lavagem de caminhão betoneira**

Não será instalada bacia de decantação de concreto para lavagem dos caminhões porque não será utilizado caminhão betoneira na obra do Eletrodo.

#### **6.15. Laboratório de concreto**

Não será instalado laboratório de concreto. O controle tecnológico do concreto será terceirizado.

#### **6.16. Laboratório de solos**

Não será instalado laboratório de solos porque não terá terraplanagem.

#### **6.17. Serralheria/ carpintaria**

Não será instalado serralheria/ carpintaria porque não haverá necessidade. O pouco que será necessário será terceirizado para empresas locais.

#### **6.18. Central de Armação**

Não será instalado central de armação porque não haverá necessidade. O pouco que será necessário será terceirizado para empresas locais.

#### **6.19. Abastecimento dos Equipamentos**

As máquinas serão abastecidas diretamente nos postos de combustíveis das cidades mais próximas ou por caminhão comboio devidamente licenciado, com a utilização de bacia de contenção e kit de mitigação ambiental. Não haverá tanque fixo para abastecimento de veículos dentro do canteiro. Os veículos pequenos também farão os abastecimentos diretamente nos postos de combustível mais próximos do Eletrodo.



#### **6.20. Oficina**

Não haverá conserto de veículos dentro do canteiro;

#### **6.21. Lavagem de Veículos/Equipamentos**

Não haverá lavagem de veículos dentro do canteiro;

#### **6.22. Drenagem da área do canteiro**

Está previsto o escoamento natural das águas pluviais superficialmente através do desnível e da camada de brita que será aplicada em toda área do canteiro. Caso necessário, serão construídas leiras para direcionar o fluxo da água. O desenho da **Drenagem superficial – Sentido do fluxo de Águas, Anexo I** deste relatório, demonstra o sentido de escoamento das águas superficiais no canteiro.

#### **6.23. Abastecimento de água**

Para suprir a demanda de água durante a fase de obra, será utilizado o poço artesiano ou outras disponibilidades de águas existentes na propriedade, como açudes ou águas superficiais. Caso não haja nenhuma destas opções dentro da propriedade será contratado fornecimento em caminhões pipa por empresas regulamentadas, sendo retirada água de recursos próximos a obra, como açudes ou outra opção de águas superficiais. Mas para isso será realizado todo procedimento junto aos órgãos competentes.

Para o consumo humano, será realizado o fornecimento de água mineral engarrafada durante a fase da obra e durante a fase de operação, uma vez que não terá posto de trabalho definitivo no local.

#### **6.24. Fornecimento de Energia Elétrica**

Para suprir a demanda de energia elétrica, serão utilizados geradores, cada um com sua respectiva bacia de contenção de óleo e kit de mitigação ambiental para atendimento a qualquer passivo ambiental. Além disso, caso haja fornecimento de energia da concessionária local usaremos este recurso.

#### **6.25. Telecomunicações**

Comunicação será realizada através de telefonia celular comum e de dados.

#### **6.26. Vigilância**

Será contratada uma equipe de vigilância permanente para a guarda dos materiais, ferramentas, equipamentos e a segurança dos escritórios.

#### **6.27. Efluentes sanitários**

Serão armazenados temporariamente nas fossas sépticas que serão instaladas no canteiro e/ou no imóvel, caso haja algum disponível dentro da área da Praça do Eletrodo. Posteriormente serão recolhidos por empresas licenciadas, de acordo com a da demanda.

#### **6.28. Baias de resíduos (contaminados e recicláveis)**

Serão preparadas algumas áreas com tambores e/ou baias para o armazenamento dos resíduos de plástico, metal, papel, perigosos, madeira e entulho, conforme indicado no layout abaixo e nos anexos deste relatório. Os resíduos recicláveis (papel, papelão, plástico; madeira) serão destinados para as empresas especializadas.



### 6.29. Coleta de lixos orgânicos

Será feita por veículos da prefeitura de Minduri e/ou transportado por empresas terceirizadas e posteriormente destinados ao aterro sanitário local. A frequência de recolha deste resíduo, será conforme cronograma de recolhimento da Prefeitura e/ou necessidade da obra.

### 6.30. Resíduos perigosos e contaminados

Serão coletados por empresas terceirizadas, qualificadas que atendam aos requisitos legais para coleta. Para controle dessas atividades, será elaborado um Plano de Gerenciamento de Resíduos (PGR), contemplando especificamente a destinação final e empresa responsável pela coleta de cada tipo de resíduo, além de formulários de controle de saída e transporte desses resíduos.

### 6.31. Transporte dos colaboradores

Será realizado através de ônibus e vans.

Segue abaixo o print dos desenhos que são o **Anexo I - Desenhos do Eletrodo do Terminal Rio**, deste relatório.

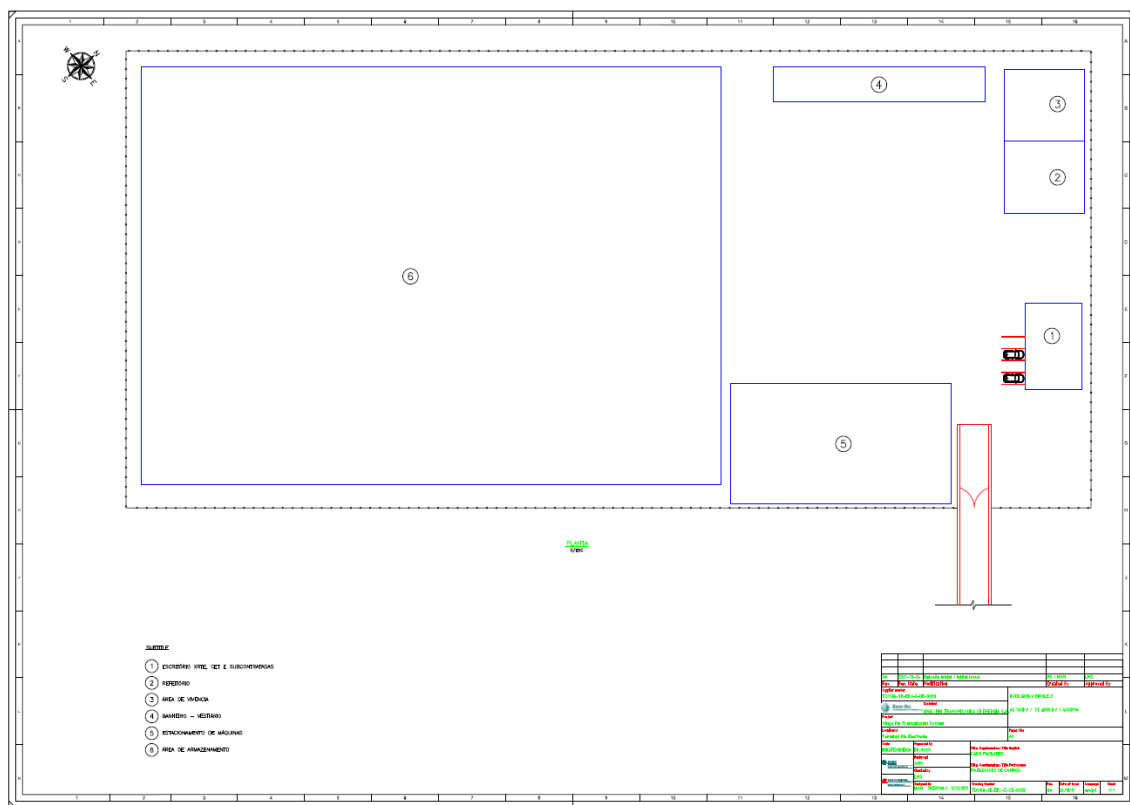


Figura 6.1 – Layout Geral do Canteiro do Eletrodo.

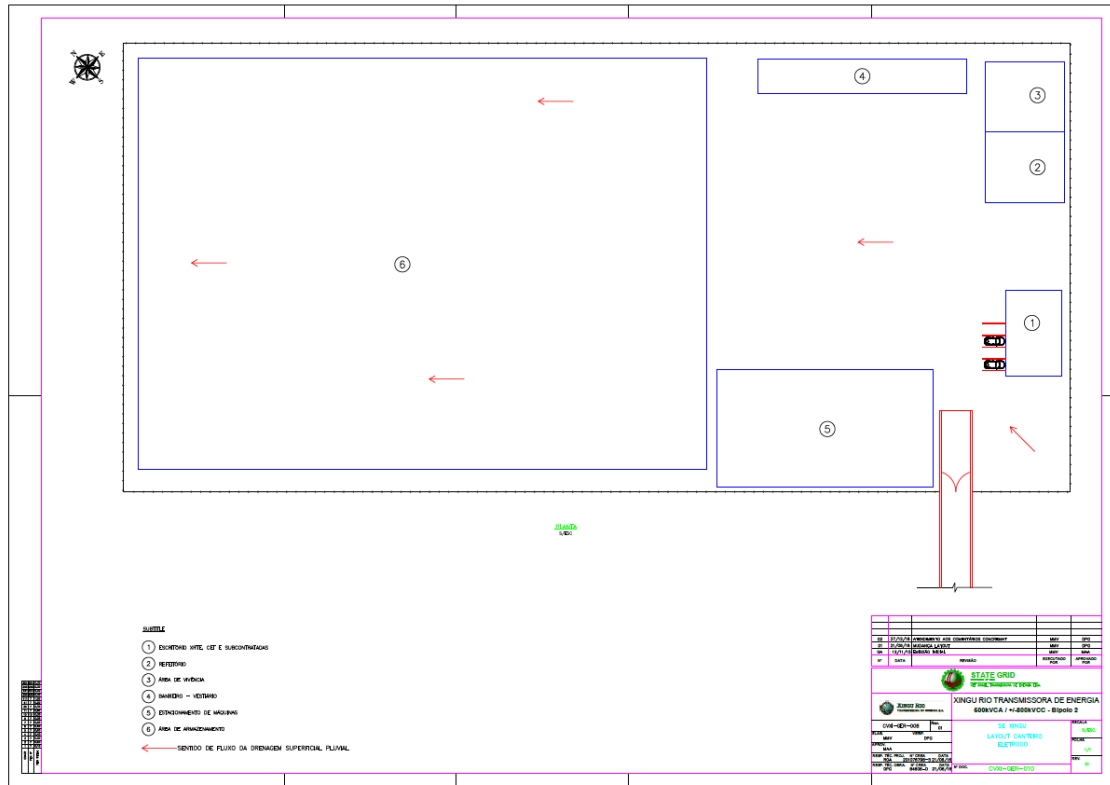


Figura 6.2 – Drenagem superficial – Sentido do fluxo de Águas

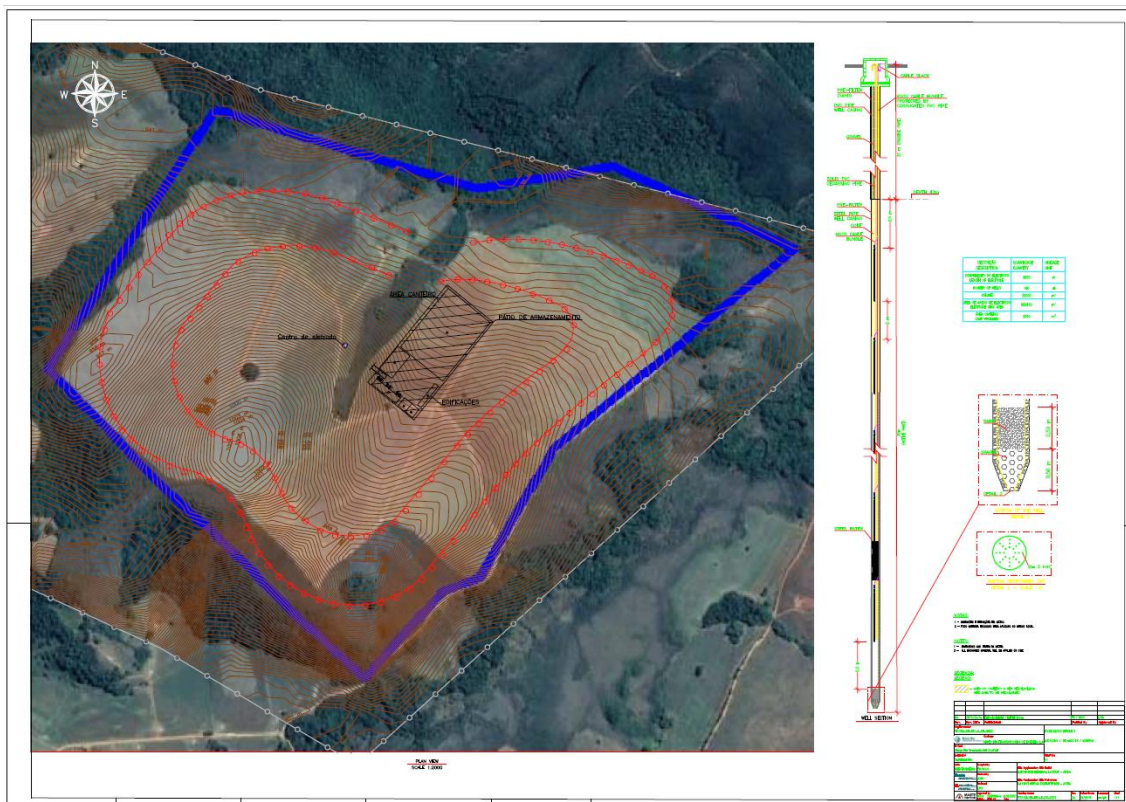


Figura 6.3 – Seção do Poço do Eletrodo



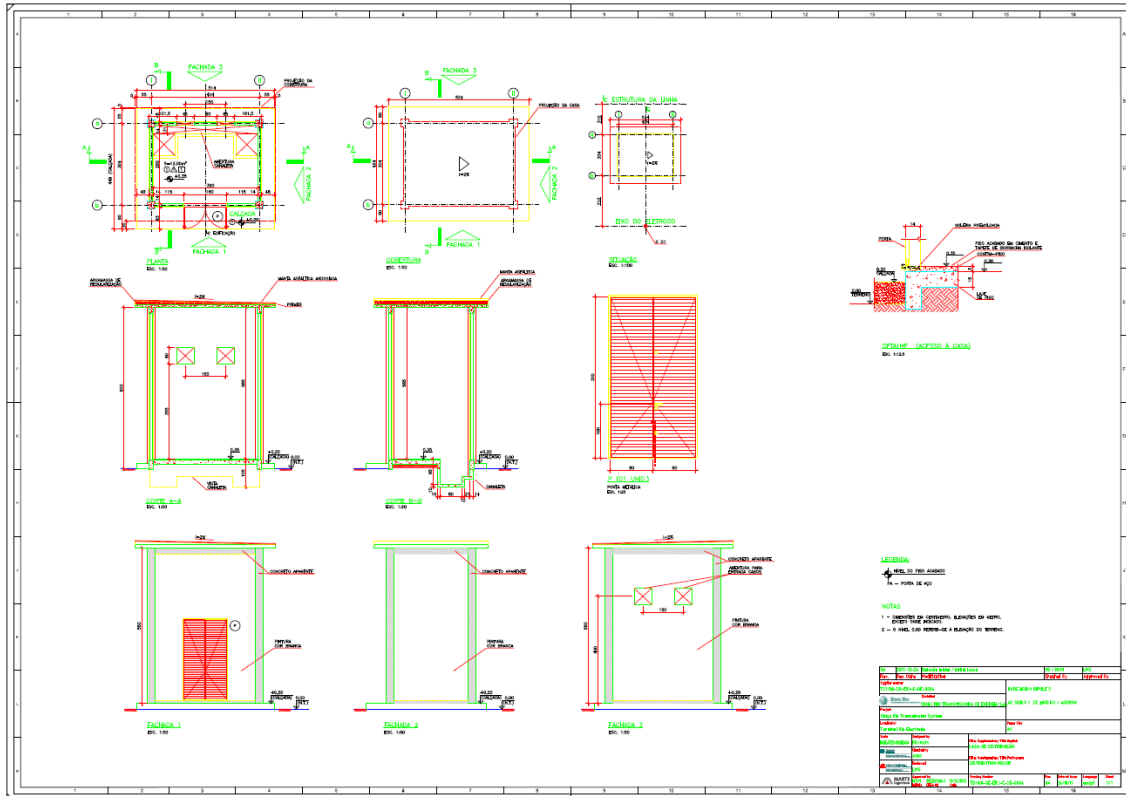
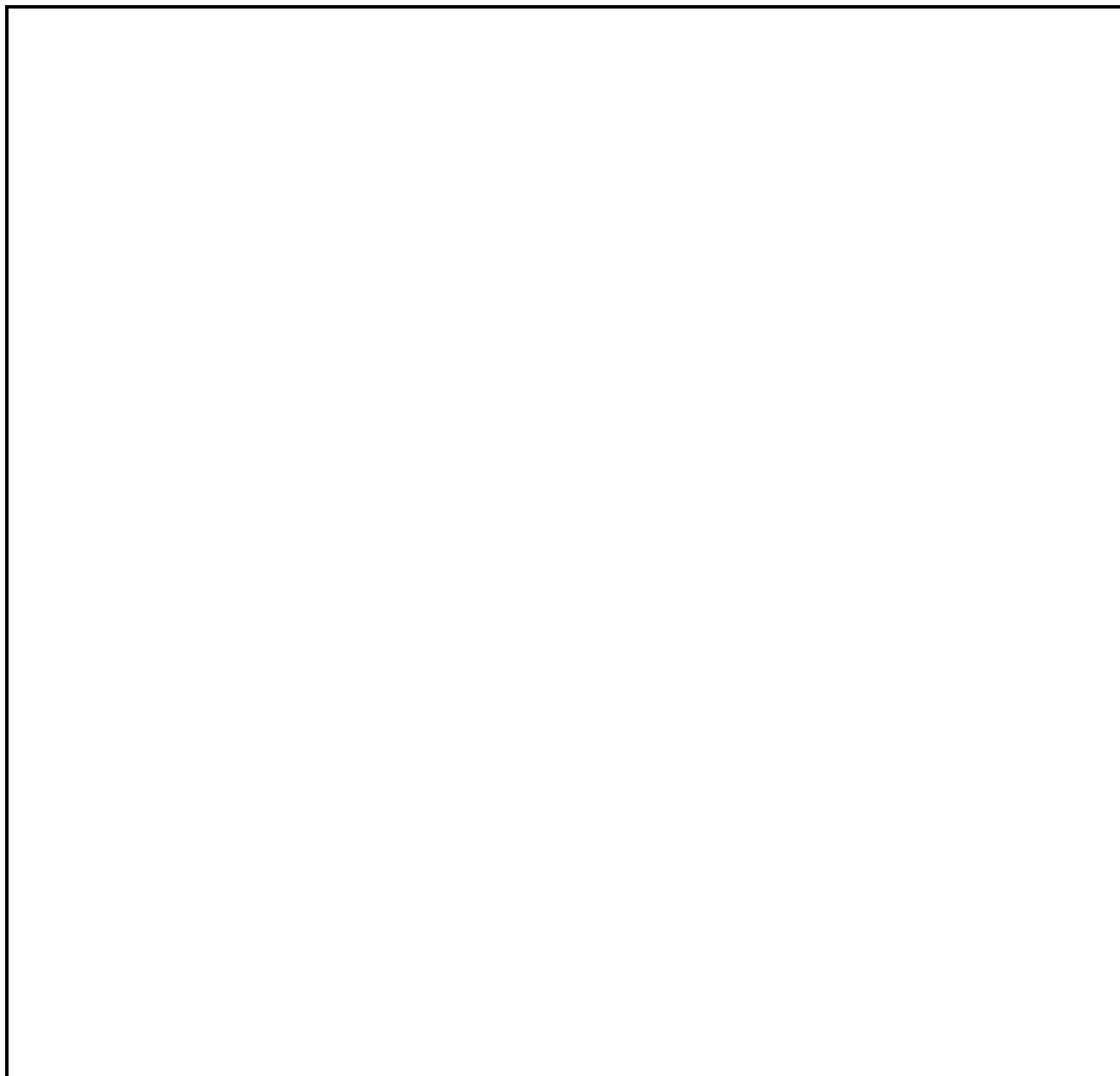


Figura 6.4 – Casa de Chaveamento

## 7. Anexos

- **Anexo I** - Desenhos do Eletrodo do Terminal Rio (Comum p/ todos relatórios)
- **Anexo 04** - Arquivo em KMZ com Arranjo e Vértices (Comum p/ todos relatórios)



00	25/10/2017	Emissão inicial	DPG	WZ
<i>Rev.</i>	<i>Date</i>	<i>Description</i>	<i>For</i>	<i>Aprov.</i>
 <b>XINGU RIO</b> TRANSMISSORA DE ENERGIA S.A.		<i>Reference</i> Projeto Xingu Rio – Bipolo 2 HVDC +/-800Kv - 500kVCA		
 <b>STATE GRID</b> CORPORATION OF CHINA CET BRAZIL TRANSMISSÃO DE ENERGIA LTDA		<i>Document Title</i> Relatório Técnico Eletrodo Terminal Rio		
<i>Project</i>	ZT – Zhou Ting	24/10/17	<i>Discipline</i>	<i>Relatório e Estudos Técnicos</i>
<i>Approved</i>	WZ – Wang Zhongyang	24/10/17	<i>Nº Doc.</i>	<i>CET-ET-RIO-RE-MA-0004-00</i>
<i>Responsible</i>	DP – Daniel Pardini	24/10/17	<i>Rev.</i>	<i>00</i>
<i>CREA Nº</i>	84606-D		<i>Pages</i>	<i>1/16</i>
			<i>Nº CET</i>	



## Sumário

<b>1. Critério do Projeto .....</b>	<b>3</b>
1.1. Condição do sistema .....	3
1.2. Resistência ao solo .....	3
1.3. Distribuição Potencial .....	3
1.4. Temperatura e Densidade Corrente .....	4
<b>2. Área do Eletrodo eliminada.....</b>	<b>4</b>
<b>3. Site selecionado 43.....</b>	<b>7</b>
3.1. Parâmetro do solo .....	8
3.1.1. Resistividade do solo .....	8
3.1.2. Parâmetro térmico do solo.....	11
3.2. Projeto básico de eletrodo.....	13
3.2.1. Material do sistema eletrodo .....	13
3.2.1.1. Material do condutor .....	13
3.2.1.2. Material de alimentação ativa .....	13
3.2.2. Configuração do eletrodo .....	13
3.2.2.1. Tipo de eletrodo .....	15
3.2.3. Sistema de divisão atual.....	16
<b>4. Conclusão .....</b>	<b>17</b>



## 1. Critério do Projeto

### 1.1. Condição do sistema

De acordo com o anexo 6, cada bipolo ( $\pm 800$  kV, 4.000 MW) terá uma corrente nominal de 2500A na direção da transmissão do Xingu para o Terminal Rio e 2044A no sentido inverso, com sobrecarga máxima esperada de 33% (3325A).

O projeto dos eletrodos deve considerar todos os modos operacionais planejados para o bipolo e a possibilidade de operação de sobrecarga, conforme descrito abaixo.

- Operação bipolar:
  - Normal - o eletrodo deve ser projetado para funcionar continuamente com desequilíbrio máximo de 40 A (cerca de 1,5% da corrente nominal do polo).
- Operação monopolar com retorno à terra:
  - Normal - 2579 A x 220 horas por ano (2,5% do tempo de trabalho), considerado cumulativamente durante todo o período de concessão e devidamente garantido pelo projeto.
- Operação monopolar com retorno de terra e condição de sobrecarga durante 300 minutos, incluindo:
  - Normal - corrente máxima de 3547 A x 5 horas por ano, ou,

Para a última condição, o dimensionamento do eletrodo do Terminal Rio deve considerar a capacidade de operação de 10 vezes por ano (intervalo mínimo de 24 horas entre as operações subsequentes) em condição monopolar, com corrente máxima de sobrecarga de longa duração (33%) com duração total de 5 horas por ano.

### 1.2. Resistência ao solo

O anexo 6 do edital da ANEEL exige que a resistência ao solo de cada um dos eletrodos seja igual ou inferior a  $0,35 \Omega$ .

### 1.3. Distribuição Potencial

Ambos os eletrodos de aterramento devem ser projetados para operar em condições anódicas ou catódicas e devem ser dimensionados para garantir a segurança humana para a tensão de passo, o toque e os potenciais transferidos, considerando a circulação da corrente de sobrecarga. Em vista dos pontos acima, a norma IEC 62334 "Diretrizes gerais para o projeto de eletrodos de terra para corrente contínua de alta tensão (HVDC)" exige como segue.

"A tensão de passo significa a diferença de potencial entre os pés de uma pessoa em contato com o solo, com a distância horizontal entre os pés sendo 1m, durante a operação de um eletrodo de terra HVDC".

A tensão de passo de qualquer ponto de terra que pode ser acessado pelo público não deve exceder os limites de segurança definidos para humanos e animais. De acordo



com testes realizados em 1028 indivíduos, mais de 95% dos indivíduos têm uma resistência corporal humana maior que 1400  $\Omega$  e mais de 95% dos indivíduos não apresentam forte sensação de CC corrente de 5,3 mA. Estes dados foram retirados do item 5.1.4 da IEC 62344. Com base nestes resultados do teste e em consideração de diferentes amplitudes e durações de correntes contínuas de aterramento do sistema, a tensão de passo máxima permitida de qualquer ponto no solo pode ser determinada com a fórmula (2.1) sob a corrente de sobrecarga máxima de um polo.

Onde:

Esp: tensão de passo admissível (V);

$\rho_s$ : Resistividade do solo superficial ( $\Omega.m$ )

$$E_{sp} = 7.42 + 0.0318\rho_s \quad (2.1)$$

#### 1.4. Temperatura e Densidade Corrente

Nas condições ambientais e terrestres mais adversas, com a corrente máxima na linha do eletrodo (operação em modo monopolar), o anexo 6 do edital da ANEEL exige que o aumento de temperatura dos eletrodos em relação ao meio ambiente não deve exceder 60 ° C, desde que a temperatura final não exceda 100 ° C.

A densidade máxima da corrente superficial deve ser menor que a que causa a migração da água por eletrosmoses. De acordo com o anexo 6, no caso de utilizar um eletrodo horizontal, a densidade de corrente máxima para o dimensionamento deve ser inferior a 0,5 A / m<sup>2</sup>. Se um eletrodo de tipo vertical for adotado, a densidade de corrente não deve exceder 1 A / m<sup>2</sup>, conforme exigido pela IEC 62344.

#### 2. Área do Eletrodo eliminada

Com base no processo de seleção das alternativas locais, o site 43e havia sido escolhido como o local para implantação do eletrodo para a estação conversora Terminal Rio. Após isso foi realizado um levantamento de resistividade superficial preciso. A Tabela 2.1 apresenta as 8 sondagens e sua média geométrica. A pesquisa foi realizada em abril de 2017, que é uma estação úmida, portanto a resistência do solo será inferior ao valor médio de todo o ano.

Ponto	Umidade	Clima	Categoria do solo da superfície	Resistividade aparente $\rho_s(\Omega m)$							
				2(m)	5(m)	10(m)	30(m)	50(m)	100(m)	200(m)	500(m)
SEV1	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno Argiloso	3826.0	1408.0	1399.0	1087.0	747.0	834.0	1109.0	
SEV2	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	4513.0	2099.0	2190.0	1987.0	1505.0	1490.0	1518.0	
SEV3	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	3926.0	2787.0	2890.0	1983.0	1083.0	638.0	861.0	
SEV4	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	13683.0	6578.0	1436.0	764.0	584.0	479.0	886.0	
SEV5	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	1164.0	1604.0	2110.0	2175.0	1348.0	1279.0	1674.0	
SEV6	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	1521.0	2331.0	2716.0	1694.0	702.0	397.0	591.0	
SEV7	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	1269.0	1814.0	2512.0	2534.0	1990.0	908.0	1164.0	
SEV8	Seco	Ensolarado com nuvens	Silte arenoso	4012.0	2245.0	1681.0	734.0	455.0	422.0	862.0	1482.0
Resistividade Equivalente				2377.7	2135.3	1975.8	1323.7	841.6	650.6	980.5	1482.0

Tabela 2.1: SEVs de Wenner realizados no site 43E para o eletrodo de Terminal Rio e média geométrica.



De acordo com os dados de resistividade da cama superior do solo, pode-se simular o modelo geográfico do eletrodo do Rio no site 43E, que é mostrado na Figura 2.1 e na Tabela 2.2. De acordo com o modelo de estrutura do solo, o site 43E tem uma resistividade extremamente alta da camada superficial, o que levará a uma resistência ao solo muito alta e a um comportamento térmico ruim.

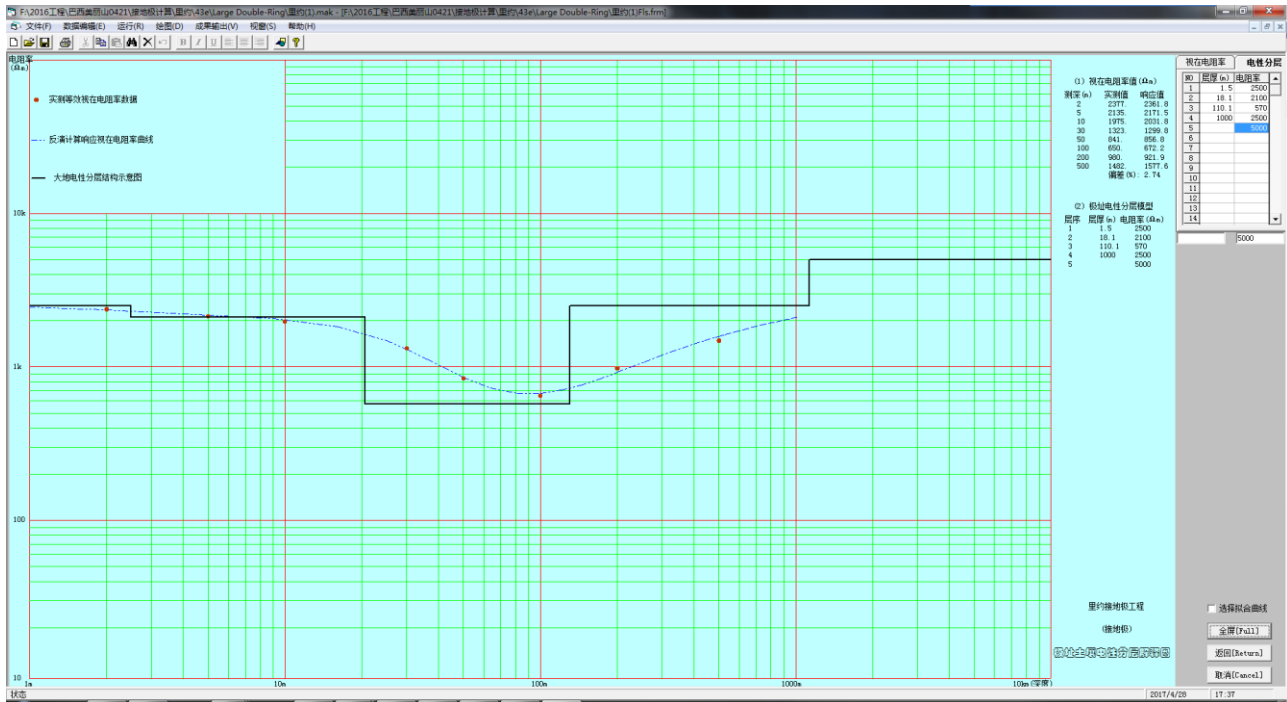
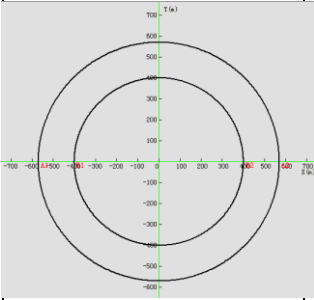
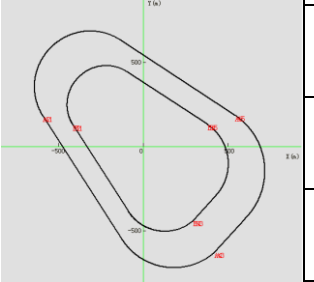
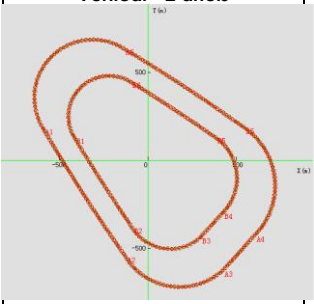


Figura 2.1 - Geo-Model of Rio Electrode Site 43E

Espessura da camada (m)	Resistividade ( $\Omega$ m)
1.5	2500
18	2100
110	570
1000	2500
$\infty$	5000

Tabela 2.2 - Geo-Modelo do eletrodo de Terminal Rio – Site 43E

Para verificar a inferência acima, foram desenvolvidos vários tipos geométricos de eletrodos, com dois anéis tipo horizontal e tipo vertical. A resistência ao solo, a tensão do passo, a densidade da corrente e a temperatura do eletrodo são verificadas para cada tipo. As tabelas a seguir mostram os resultados de simulação das diferentes configurações do eletrodo 43E do Terminal Rio.

Configuração do Eletrodo	Principais Parâmetros	Resistência (Ω)	Tensão de Passo (V)	Densidade Corrente (A/m <sup>2</sup> )	Temperatura (°C)
<b>Horizontal – 2 anéis</b> <b>R=570m</b> <b>R=400m</b> 	Profundidade enterrada: 2m Área: 102hm <sup>2</sup>	1.221	99.999(<86.92)	0.135(<0.5)	48.0(<100)
	Profundidade enterrada: 2.5m Área: 102hm <sup>2</sup>	1.118	88.025(<86.92)	0.135(<0.5)	48.1(<100)
	Profundidade enterrada: 3m Área: 102hm <sup>2</sup>	1.114	72.433(<86.92)	0.135(<0.5)	48.2(<100)
	Profundidade enterrada: 3.5m Área: 102hm <sup>2</sup>	1.108	61.935(<23.96)	0.136(<0.5)	48.3(<100)
	Profundidade enterrada: 4m Área: 102hm <sup>2</sup>	1.103	53.844(<23.96)	0.136(<0.5)	48.3(<100)
<b>Horizontal – 2 anéis grandes</b> 	Profundidade enterrada: 2m Área: 120hm <sup>2</sup>	0.985	99.999(<86.92)	0.132(<0.5)	47.4(<100)
	Profundidade enterrada: 2.5m Área: 120hm <sup>2</sup>	0.978	83.216(<86.92)	0.134(<0.5)	47.9(<100)
	Profundidade enterrada: 3m Área: 120hm <sup>2</sup>	0.972	68.183(<86.92)	0.134(<0.5)	47.9(<100)
	Profundidade enterrada: 3.5m Área: 120hm <sup>2</sup>	0.963	57.482(<86.92)	0.130(<0.5)	46.8(<100)
	Profundidade enterrada: 4m Área: 120hm <sup>2</sup>	0.955	50.050(<86.92)	0.129(<0.5)	46.6(<100)
<b>Vertical - 2 anéis</b> 	Profundidade enterrada: -3m Comprimento: 20m Intervalo: 20m Coque: 0.8m×0.8m Área: 120 hm2	0.565	6.298(<86.92)	1.551(<0.5)	1013.2(<100)
	Profundidade enterrada: -3m Comprimento: 20m Intervalo: 20m Coque: 1.0m×1.0m Área: 120 hm2	0.548	6.298(<86.92)	1.241(<0.5)	764.1(<100)
	Profundidade enterrada: -3m Comprimento: 40m Intervalo: 40m Coque: 1.0m×1.0m Área: 120 hm2	0.527	33.399(<86.92)	0.433(<0.5)	100.9(<100)
	Profundidade enterrada: -3m Comprimento: 60m Intervalo: 60m Coque: 1.0m×1.0m Área: 120 hm2	0.501	5.952(<23.96)	0.303(<0.5)	59.7(<100)

**Tabela 2.3 - Simulação de diferentes configurações do eletrodo**

De acordo com a análise dos modelos dos eletrodos de terra e os resultados das simulações, podemos obter as seguintes conclusões:

- A condição do solo do site 43E não é adequada para hospedar um eletrodo de HVDC, uma vez que sua resistividade superficial é muito alta (até 2500Ω) sendo esta camada muito profunda, com mais de 20 metros de espessura.
- O tipo de eletrodo horizontal, tanto em anel duplo simples como o anel duplo de grande, não podem satisfazer o requisito da licitação indicado no Anexo 6 da ANEEL, onde a resistência ao solo deve ser inferior a 0,35Ω. Embora a



resistência ao solo se reduza quando o condutor do eletrodo esteja enterrado em uma maior profundamente, não ocorre uma alteração significativa que atenda as exigências técnicas.

- O eletrodo tipo vertical pode manter a tensão de passo abaixo do limite do padrão IEC62344, mas a resistência ao solo ainda é maior do que  $0,35\Omega$ . Além disso a densidade de corrente e temperatura excedem muito o valor permitido.

De acordo com a análise acima, os eletrodos tipo horizontal e vertical no site 43E não podem satisfazer os requisitos da licitação indicados no Anexo 6 da ANEEL nem da IEC62344.

### 3. Site selecionado 43

Após a seleção do site e antes do desenvolvimento do projeto de eletrodo, pesquisas complementares geofísicas e geotécnicas foram feitas no site selecionado, para coletar dados detalhados das camadas superficiais do solo, permitindo o aprimoramento da modelo geoeletrico.

No final desta fase, produziu-se o projeto básico do eletrodo, com os cálculos dos desempenhos elétricos e térmicos, e também das áreas de interferência, considerando o modelo geoeletrico final.

O presente relatório inclui o consumo esperado de coque e hastes metálicas (ânodos), considerando a duração prévia do eletrodo, e também a especificação e quantificação dos componentes principais do eletrodo (tubo de aço dos poços, volume de coque, ânodos, cabos, etc.), com a produção da configuração geral e desenhos detalhados.

Uma vez que o site 43E não era adequado para receber o eletrodo, então, foram selecionamos mais 8 sites para que fossem realizados novos estudos de resistividade. Finalmente escolhemos o site 43 como o site recomendado para o eletrodo da subestação Terminal-Rio, porque apresentou o melhor resultado na pesquisa de resistividade.

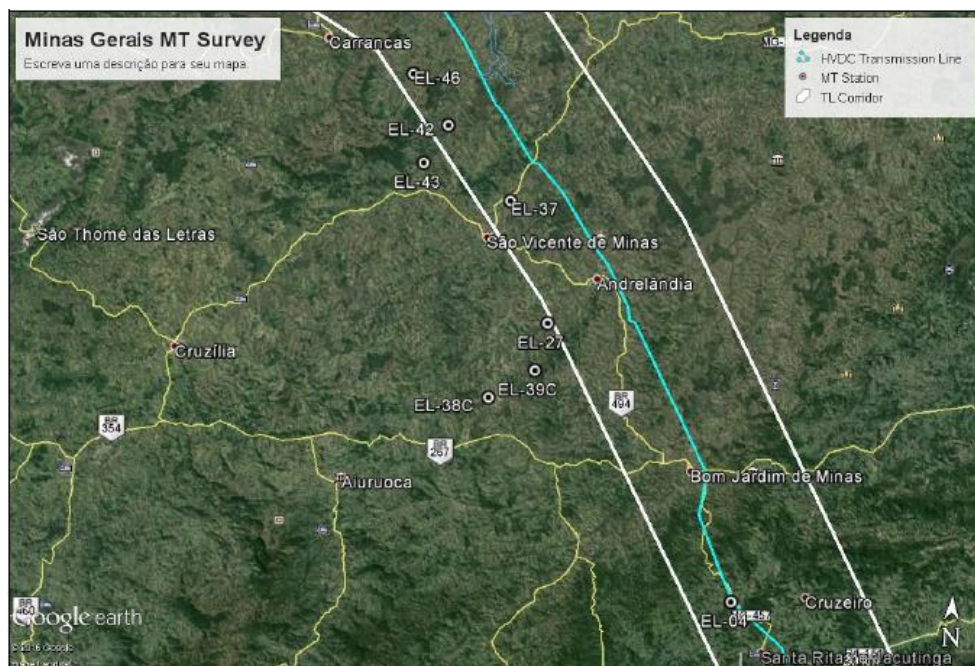


Figura 3.1- Opções de sites do eletrodo de re-seleção





### 3.1. Parâmetro do solo

Novas pesquisas foram necessárias para o refinamento do modelo de resistividade do solo superficial, que foi usado para o projeto básico do eletrodo e também para a definição das áreas de interferência. A pesquisa complementar inclui investigações geofísicas e geotécnicas.

#### 3.1.1. Resistividade do solo

O modelo de resistividade do eletrodo é definido em função da pesquisa de resistividade superficial e profunda realizada no campo.

Para obter o melhor modelo foi feita uma pesquisa de resistividade mais detalhada. A Figura 3.2 mostra os pontos de pesquisa pouco profundos dentro do site 43 de Wenner. E a Tabela 3.1 é o resultado aparente da pesquisa de resistividade do site 43.

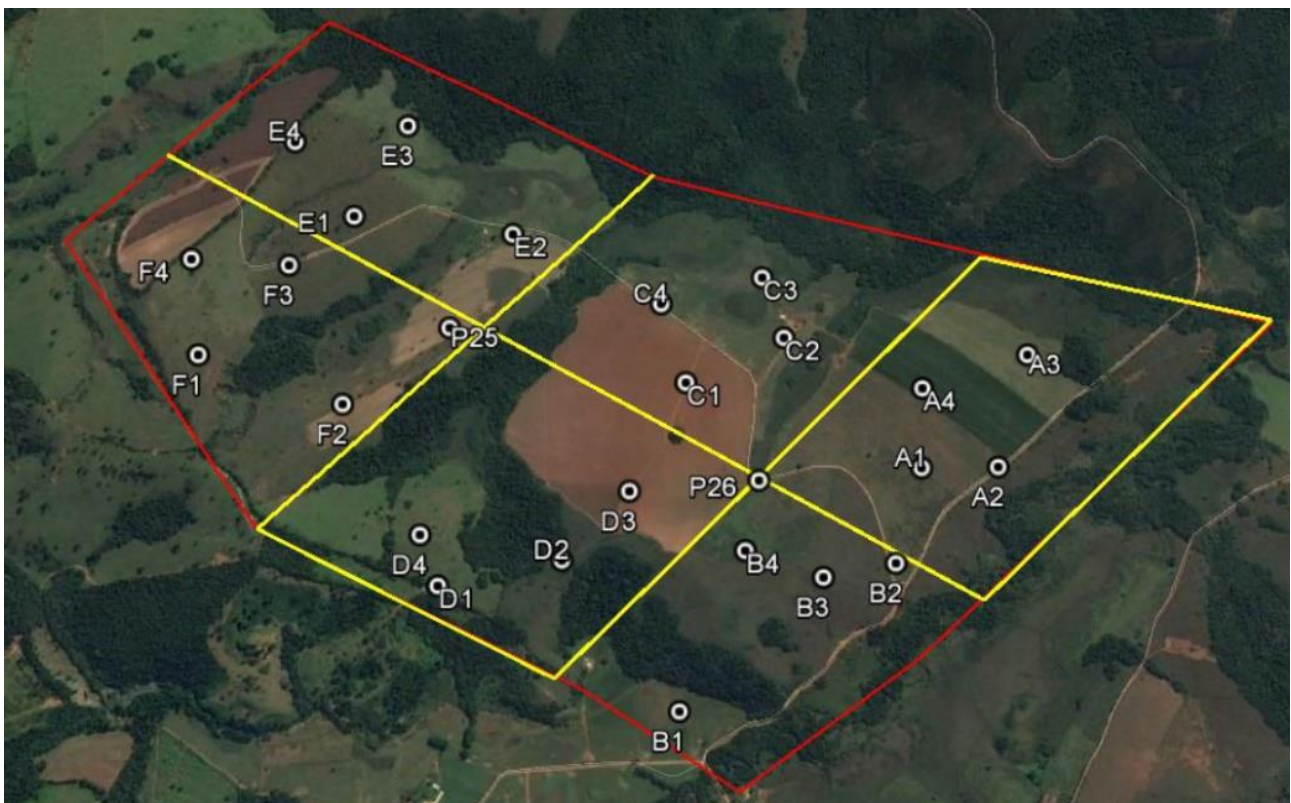


Figura 3.2 - Imagem aérea e os pontos de estudo realizados no local do eletrodo Rio 43.

Ponto	Umidade	Clima	Categoria do solo da superfície	Resistividade aparente ps(Ωm)							
				2(m)	5(m)	10(m)	30(m)	50(m)	2(m)	200(m)	500(m)
A1	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	952.0	1042.0	1148.0	1105.0	850.0	1078.0		
A2	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	433.0	758.0	1273.0	1603.0	1405.0	1665.0		
A3	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	462.0	1834.0	1227.0	539.0	374.0	546.0		
A4	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	327.0	509.0	691.0	442.0	245.0	380.0		
B1	Molhado	Ensolarado com nuvens	Silte arenoso	180.0	136.0	180.0	332.0	580.0	1206.0		
B2	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	1165.0	925.0	1014.0	2603.0	2235.0	1793.0		
B3	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	628.0	589.0	1103.0	2603.0	2235.0	1793.0		
B4	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	619.0	726.0	692.0	510.0	373.0	468.0		



Ponto	Umidade	Clima	Categoria do solo da superfície	Resistividade aparente ps(Ωm)							
				2(m)	5(m)	10(m)	30(m)	50(m)	2(m)	200(m)	500(m)
C1	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	593.0	886.0	1046.0	878.0	593.0	455.0		
C2	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	809.0	724.0	885.0	432.0	305.0	370.0		
C3	Seco	Ensolarado com nuvens	Silte arenoso	4590.0	3559.0	1818.0	448.0	452.0	713.0		
C4	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	1709.0	1173.0	1313.0	931.0	561.0	476.0		
D1	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	1318.0	1804.0	2252.0	1252.0	754.0	487.0		
D2	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	3485.0	1823.0	1073.0	235.0	202.0	403.0		
D3	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	584.0	742.0	819.0	1125.0	1091.0	897.0		
D4	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	1620.0	2199.0	2420.0	1804.0	1007.0	828.0		
E1	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	3831.0	2358.0	2327.0	1287.0	918.0	1234.0		
E2	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	347.0	629.0	496.0	392.0	333.0	628.0		
E3	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	2215.0	2659.0	2271.0	1209.0	1427.0	1454.0		
E4	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	3306.0	2106.0	1614.0	646.0	400.0	600.0		
F1	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	3294.0	2073.0	1968.0	2412.0	1813.0	1051.0		
F2	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	3171.0	2718.0	2775.0	1380.0	1057.0	1046.0		
F3	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	3300.0	2456.0	2633.0	1806.0	1234.0	1777.0		
F4	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	1587.0	1551.0	1838.0	2120.0	1725.0	1082.0		
P25	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	886.0	1452.0	1915.0	1340.0	662.0	379.0		
P26	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	341.0	581.0	623.0	646.0	328.0	349.0		
P1_500	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	1194.0	1456.0	1782.0	1843.0	1262.0	967.0	1412.0	2238.0
P2_500	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	1731.0	1082.0	1189.0	933.0	562.0	467.0	666.0	1244.0
P3_500	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	724.0	1006.0	1219.0	955.0	961.0	1231.0	1529.0	1978.0
P4_500	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	1914.0	2434.0	2928.0	1257.0	793.0	729.0	1030.0	1741.0

**Tabela 3.1- Wenner SEVS realizados no site 43 do Rio**

Considerando que temos na parte sul do site 43 uma melhor condição do solo e uma superfície terrestre mais plana, tentamos configurar nosso eletrodo nesta área. Neste caso, foram feitas as simulações de resistividade na parte sul (Farm2, mostrada na figura 3.3), nos pontos A1-A4, B1-B4, C1-C4, D3, P26, P2\_500 e P3\_500. O resultado da pesquisa é mostrado na Tabela 3.2.

Ponto	Umidade	Clima	Categoria do solo da superfície	Resistividade aparente ps(Ωm)							
				2(m)	5(m)	10(m)	30(m)	50(m)	100(m)	200(m)	500(m)
A1	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	952.0	1042.0	1148.0	1105.0	850.0	1078.0		
A2	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	433.0	758.0	1273.0	1603.0	1405.0	1665.0		
A3	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	462.0	1834.0	1227.0	539.0	374.0	546.0		
A4	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	327.0	509.0	691.0	442.0	245.0	380.0		
B1	Molhado	Ensolarado com nuvens	Silte arenoso	180.0	136.0	180.0	332.0	580.0	1206.0		
B2	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	1165.0	925.0	1014.0	2603.0	2235.0	1793.0		
B3	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	628.0	589.0	1103.0	2603.0	2235.0	1793.0		
B4	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	619.0	726.0	692.0	510.0	373.0	468.0		
C1	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	593.0	886.0	1046.0	878.0	593.0	455.0		
C2	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	809.0	724.0	885.0	432.0	305.0	370.0		
C3	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	4590.0	3559.0	1818.0	448.0	452.0	713.0		
C4	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	1709.0	1173.0	1313.0	931.0	561.0	476.0		
D3	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	584.0	742.0	819.0	1125.0	1091.0	897.0		



Ponto	Umidade	Clima	Categoria do solo da superfície	Resistividade aparente ps(Qm)							
				2(m)	5(m)	10(m)	30(m)	50(m)	100(m)	200(m)	500(m)
P26	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	341.0	581.0	623.0	646.0	328.0	349.0		
P2_500	Seco	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	1731.0	1082.0	1189.0	933.0	562.0	467.0	666.0	1244.0
P3_500	Molhado	Ensolarado com nuvens	Areno siltoso	724.0	1006.0	1219.0	955.0	961.0	1231.0	1529.0	1978.0

Tabela 3.2: Wenner SEVs realizados no lado sul do Rio 43.

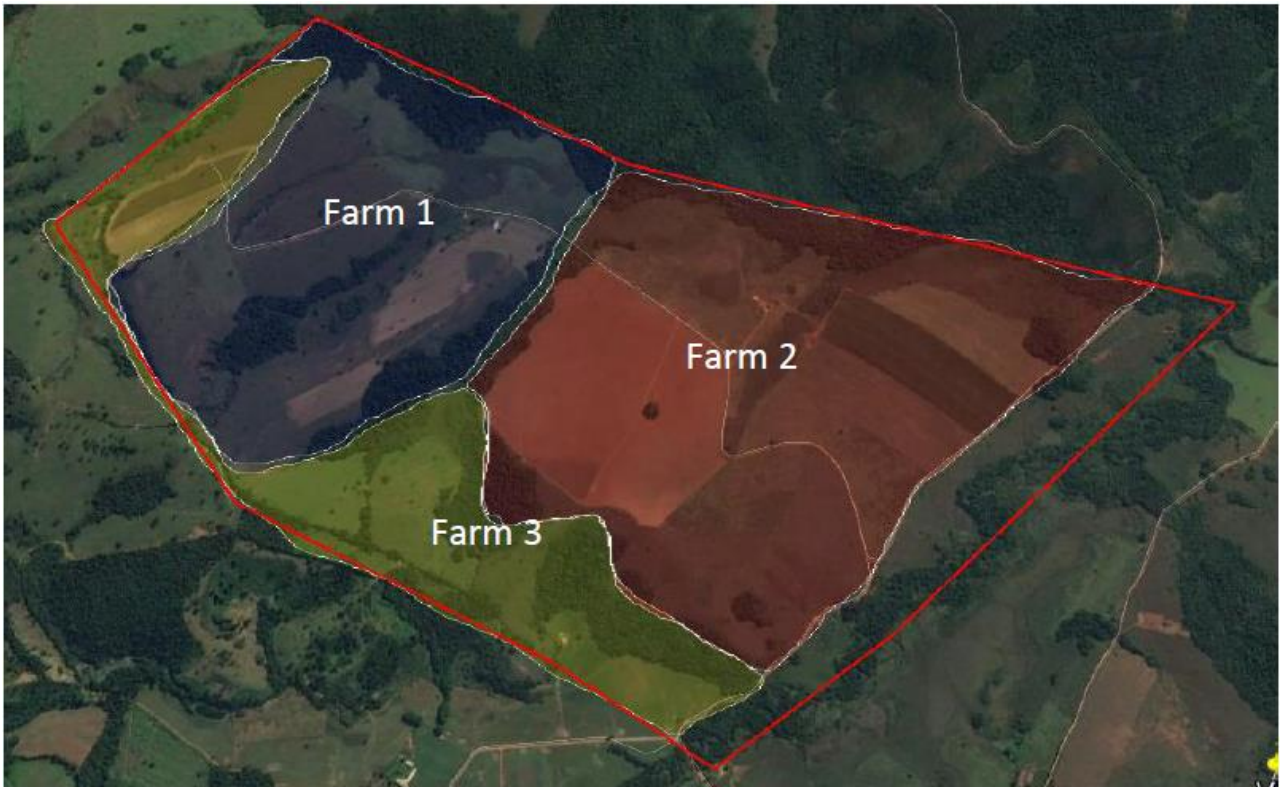


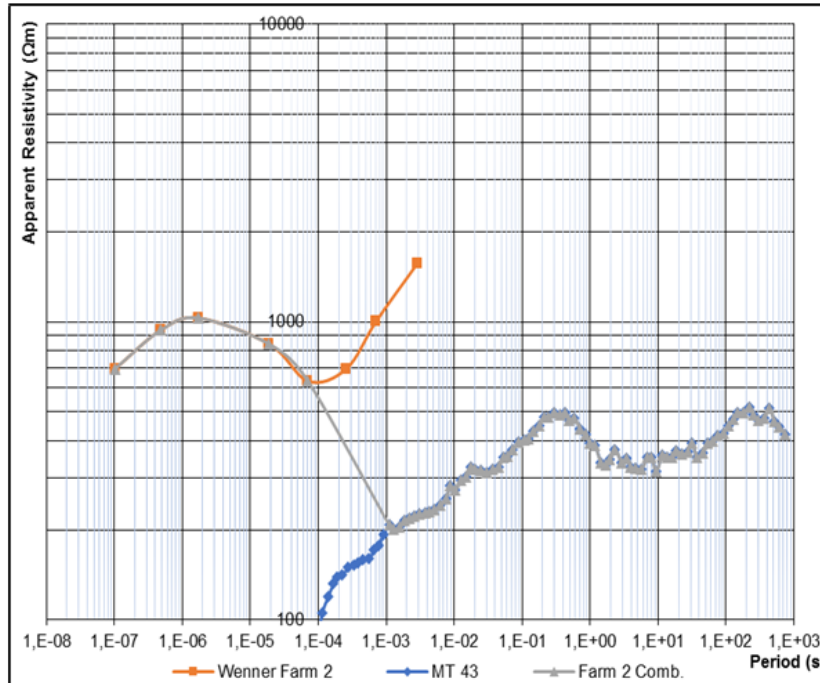
Figura 3.3 – Subdivisão da área 43 do eletrodo

De acordo com os dados superficiais de resistividade do solo acima, podemos simular o modelo geográfico do eletrodo do Terminal Rio no local 43, que é mostrado na Figura 3.2-3.3 e na Tabela 3.1-3.2. Obviamente, a resistividade da parte do sul é menor do que a parte norte. Então, tendemos a usar a parte sul (Farm 2) do site 43 para projetar o sistema de eletrodos.

Este modelo completo foi produzido ao amarrar as duas curvas de resistividade aparente disponíveis (Figura 3.4):

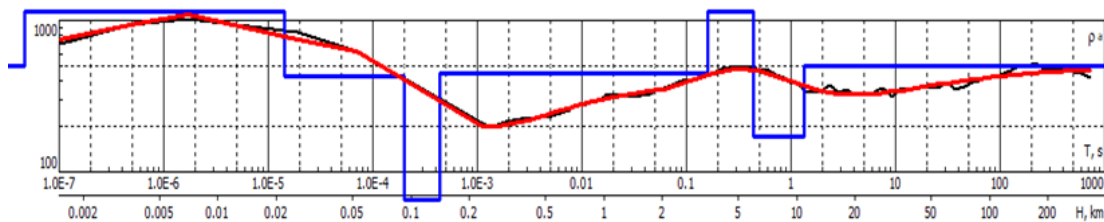
- curva superficial - média do Wenner SEV na área Farm 2; e
- curva profunda - média de duas sondagens MT.

Para amarrar as duas curvas, foi desconsiderado o segmento ascendente final da curva Wenner e o segmento AMT inicial da curva MT. Não foi aplicada qualquer correção de mudança estática para essas curvas, além do padrão dos segmentos sobrepostos de ambas as curvas, indica que uma ou talvez ambas as curvas são afetadas por alguma quantidade de desvio vertical.



**Figura 3.4 - A combinação das duas resistividades aparentes da Farm2 do Site 43**

A Figura 3.5 apresenta a resistividade aparente preliminar e a fase- compostas (pretas) e calculadas (vermelhas), e o modelo geoeletrico 1D (azul e tabela), calculado pela inversão da curva de resistividade aparente (Wenner + MT). O modelo final de resistividade do site 43 é mostrado na tabela 3.3.



**Figura 3.5 - A reflexão do modelo de resistividade**

Espessura da Camada (m)	Resistividade (Ωm)
1	500
35	1100
40	300
130	130
6200	500
17000	210
∞	500

**Tabela 3.3 Camada Horizontal do Terminal Rio Eletrode Site 43**

### 3.1.2. Parâmetro térmico do solo

A capacidade térmica é o produto da capacidade específica de calor x densidade e é definida como a energia necessária para aumentar o volume de unidade da amostra de solo em um grau Celsius. A condutividade térmica é o calor transferido em um segundo,



quando a diferença de temperatura entre as duas extremidades de uma amostra de unidade é de um grau Celsius.

Para este projeto, foram considerados os seguintes valores típicos de acordo com o tipo de solo do site de eletrodo:

- Capacidade térmica = 2.106 J / cm<sup>3</sup> °C (50% de areia de saturação húmida);
- Condutividade térmica = 0,5 W / m ° C (argila seca com areia);
- Temperatura média esperada de 3 m de profundidade - 19°C.

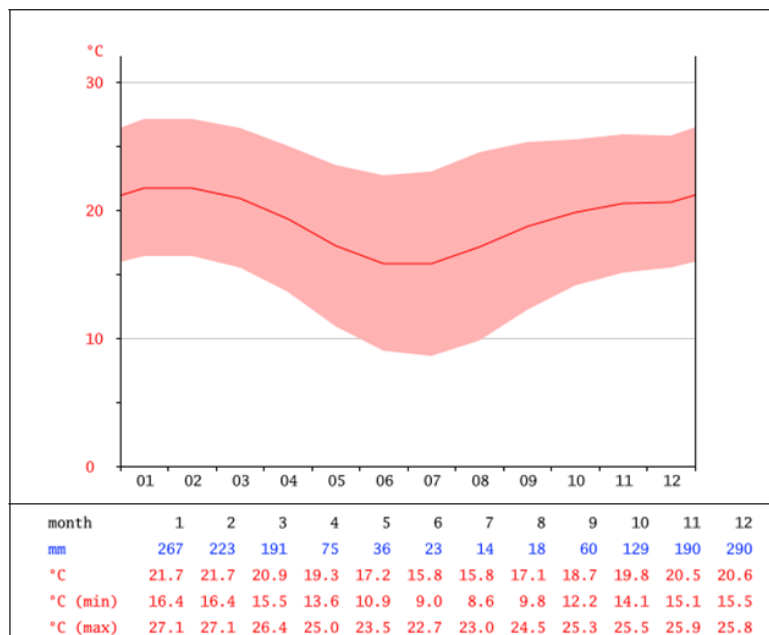
A estação meteorológica mais próxima do eletrodo fica na cidade de Andrelândia que apresenta dados de amplitude térmica inferior a 20 ° C. Pode-se considerar que cerca de 3,6 m de profundidade a temperatura será constante durante todo o ano, em torno da temperatura média da superfície do solo, que é de 19 ° C. A Tabela 3.4 e 3.5 são mostrados os parâmetros térmicos de diferentes tipos de solos. E a Figura 3.6 é a estatística da temperatura do solo do solo da cidade perto do local 43.

Tipo de solo	Seco	Úmido
Areia	0.27	1.85
Com Silte e argila	0.43	1.90
Com areia fina	0.33	2.30
Solo siltoso	0.37	0.88
Argila com areia	0.42	1.95
Vulcânico	0.13	0.62

**Tabela 3.4 - Valores típicos da condutividade térmica do solo (W / m. °C)**

Tipo de solo	Seco	50% umidade saturação	100% umidade saturação
Areia	1.26	2.13	3.01
Argila	1.00	2.22	3.43
Húmus	0.63	2.18	3.77

**Tabela 3.5 - Valores típicos da capacidade térmica do solo (106J / m<sup>3</sup>. °C)**



**Figura 3.6 - Perfil anual médio de temperatura no site 43**



## 3.2. Projeto básico de eletrodo

### 3.2.1. Material do sistema eletrodo

Existem principalmente dois tipos de materiais utilizados para o eletrodo HVDC, o primeiro é o material condutor e o outro é o material de enchimento. O condutor geralmente é material metálico e o material de enchimento é o sólido de partículas pequenas coque e migalhas de coque.

#### 3.2.1.1. Material do condutor

Do projeto de transmissão CC existente no país e no exterior, os materiais utilizados para eletrodos HVDC incluem aço (ferro), ferro fundido de alto silício, grafite, cobre e assim por diante. Os seguintes princípios são seguidos para a seleção de materiais neste projeto: boa acessibilidade, condutividade elétrica, resistência à corrosão e eficiência.

A taxa de perda do material condutor está relacionada à densidade de corrente através do eletrodo. A corrente nominal deste projeto é 2500A.

Os materiais utilizados devem ter grande resistência a corrosão devido à alta corrente. O ferrocromo de alto silício possui alta resistência à corrosão. É amplamente utilizado no projeto de eletrodo de aterramento CC no mundo. Portanto, o ferrocromo de silício alto com boa resistência à corrosão e aplicação correta é recomendado neste projeto.

#### 3.2.1.2. Material de alimentação ativa

O material utilizado para preenchido do entorno da haste (anodo) é de boa condutibilidade. Devido a esse material, a área de superfície do eletrodo é aumentada reduzindo a densidade da corrente e a resistência à terra na interface do eletrodo e do solo. A corrente de alimentação é injetada na terra através de material ativo (coque) e devido a isso ocorre a redução a corrosão da haste.

Atualmente, o coque é o único material de enchimento que foi utilizado com sucesso no eletrodo de terra. O coque é dividido em duas categorias: carvão, e coque de petróleo. O primeiro é o produto da retortação de carvão betuminoso, sendo o último o resíduo sólido deixado no processo de craqueamento do petróleo refinado e deve ser calcinado. O coque que geralmente é usado para eletrodos de aterramento de corrente direta, é um coque calcinado a óleo.

### 3.2.2. Configuração do eletrodo

De acordo com o anexo 6 e IEC 62344, o sistema de eletrodo de terra deve satisfazer a limitação de tensão de passo, densidade de corrente, temperatura máxima e resistência ao solo.

O eletrodo do Terminal Rio é do tipo terrestre. Para eletrodo de terra existe dois tipos, horizontal e vertical. Para definir a melhor solução de eletrodo, devem ser projetados e comparados os resultados da simulação verificando o atendimento aos principais parâmetros técnicos.

O projeto de eletrodo geralmente considera o esquema de anel, uma vez que o fluxo de corrente é igual, portanto, para o site 43 do eletrodo Terminal Rio, consideramos inicialmente um esquema de anel único dentro da área "Farm 2".



De acordo com a análise da configuração de eletrodos acima, ambos esquemas de anel único e duplo precisam de um condutor de eletrodo de 30 metros de comprimento de parte ativa (coque) enterrado. Porém esta parte ativa terá seu início apenas há 37 metros de profundidade, onde identificou-se a menor resistividade do solo. Portanto a perfuração total do poço será de aproximadamente 67 metros, conforme figura 3.7 a seguir.

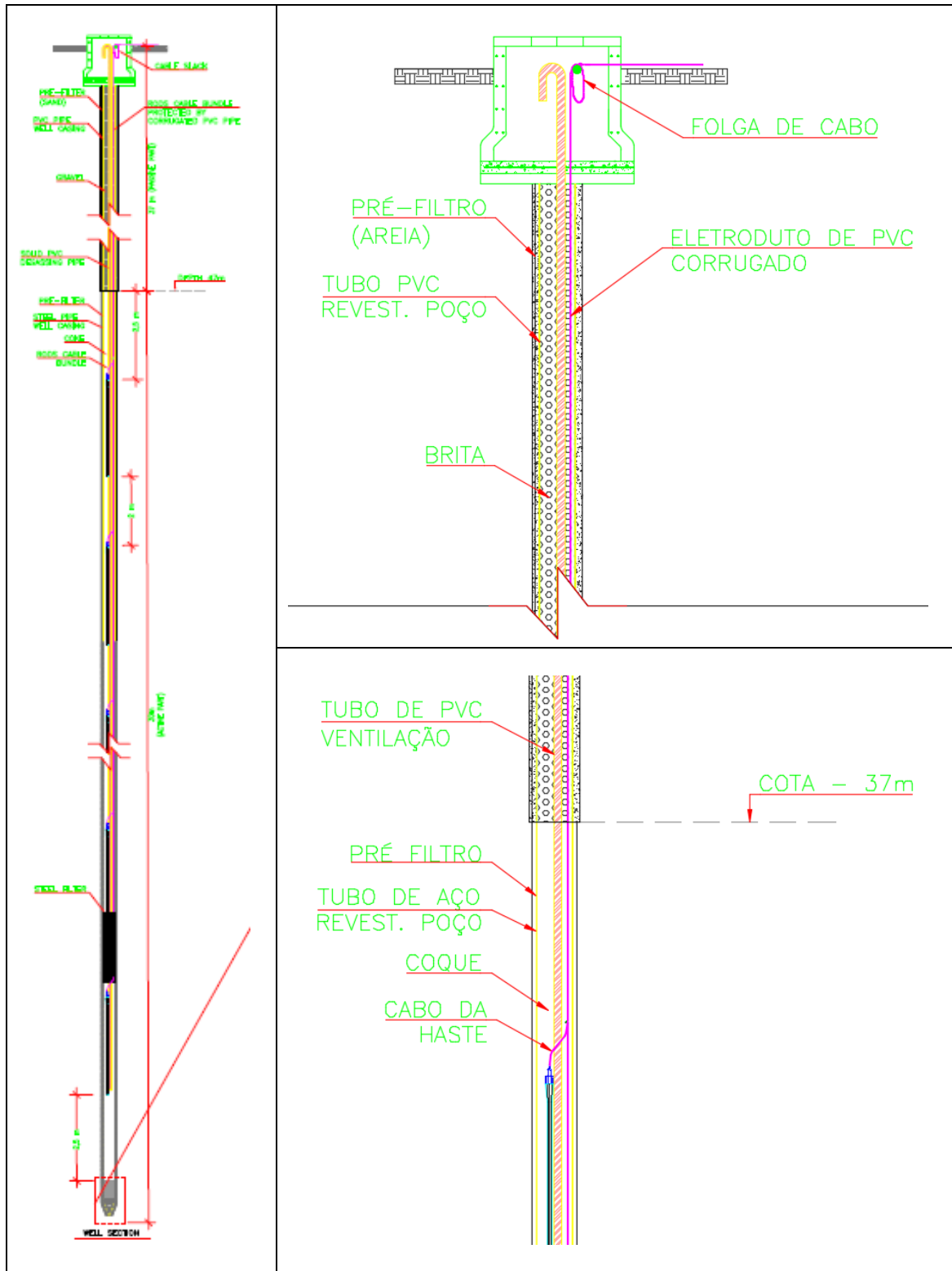


Figura 3.7 – Seção do Eletrodo



Embora exista um eletrodo do projeto Rio Madeira em Porto Velho, projetado pela ABB, com poço vertical de 90 metros de profundidade, o custo da construção é muito alto em comparação com outros eletrodos verticais. Por isso consideramos adicionar a quantidade de poços de eletrodo vertical visando reduzir o comprimento e a profundidade do condutor, bem como a quantidade de coque.

O esquema de anel duplo otimizado será utilizado para aproveitar ao máximo a área da "Farm 2". A haste do eletrodo é de 30 metros de comprimento em vez de 60 metros, sendo o intervalo entre cada poço de eletrodo reduzido para 40 metros. A profundidade enterrada da parte superior da haste do eletrodo é ainda de 37 metros para evitar a espessa camada com alta resistividade. A resistência ao solo é de 0,247 ohm.

### 3.2.2.1. Tipo de eletrodo

Os esquemas com diferentes diâmetros de poços são projetados para analisar o aumento de temperatura e a densidade de corrente do eletrodo. Conforme os resultados apresentados na tabela 3.6 o diâmetro do poço deve ser maior do que 0,65m para garantir a temperatura máxima abaixo de 79 °C. Portanto, inicialmente o diâmetro de 0,65m é recomendado para o único eletrodo vertical com anel irregular.

Diâmetro do Poço (m)	Temperatura mais alta do Eletrodo (°C)	Densidade de Corrente mais alta (A/m <sup>2</sup> )
0.5	100.1	0.645
0.6	79.8	0.538
0.65	72.6	0.496
0.7	66.9	0.461
0.8	58.5	0.403
0.9	52.6	0.358

**Tabela 3.6 – Comparativo dos diâmetros dos poços**

A haste típica (38mm de diâmetro) utilizada no eletrodo, de acordo com os resultados da simulação, demonstra que a tempo de corrosão mais curto da haste do eletrodo é 67.7X106Ah, o que é maior que o requisito do sistema (34X106Ah).

Os principais parâmetros são mostrados na Tabela 3.7.

<b>Índice</b>	<b>Eletrodo Vertical com Anel Duplo</b>
Comprimento total do eletrodo (m)	4800
Número de haste de eletrodo	160
Profundidade da camada de solo superior ao eletrodo (m) (i)	37
Comprimento de cada Eletrodo (m) (ii)	30
Comprimento total do Poço (m) (i + ii)	67
Material da Haste	FeCr-Si
Material da parte ativa	Coque
Diâmetro da seção de coque (m)	0.65
Resistividade (Ω)	0.247
Tensão de passo máxima (V / m)	1.002 (≤23.32)
Temperatura máxima (°C)	72.6 (≤79)
Densidade de corrente máxima (A / m <sup>2</sup> )	0.496 (≤1)
Constante térmica (d)	141.7
Tempo de corrosão da haste (Ah x 106)	67.7 (≥33.0)
Peso da Haste (t)	38.270
Volume de Coque (m <sup>3</sup> )	1595.9
Número de poços	160

**Tabela 3.7 - Parâmetros principais do esquema otimizado de eletrodos de anel duplo**



### 3.2.3. Sistema de divisão atual

A corrente do sistema transmitida por linhas aéreas, após chegar a casa de distribuição, é dividida em vários ramos por cabos, que são encaminhadas para os eletrodos de aterramento e depois descarregadas na terra.

Os cálculos teóricos e a experiência de engenharia prática mostram que a seleção e disposição razoáveis do sistema de derivação do polo de aterramento são de grande importância para garantir o funcionamento contínuo e seguro do eletrodo de aterramento.

Se o layout da rede de circuitos não for razoável, a corrente de alguns ramos do eletrodo de aterramento será muito grande para exceder a capacidade de carga atual do cabo de aterramento e o condutor de aterramento será queimado, enquanto a outra parte da corrente será muito pequena ou mesmo sem corrente.

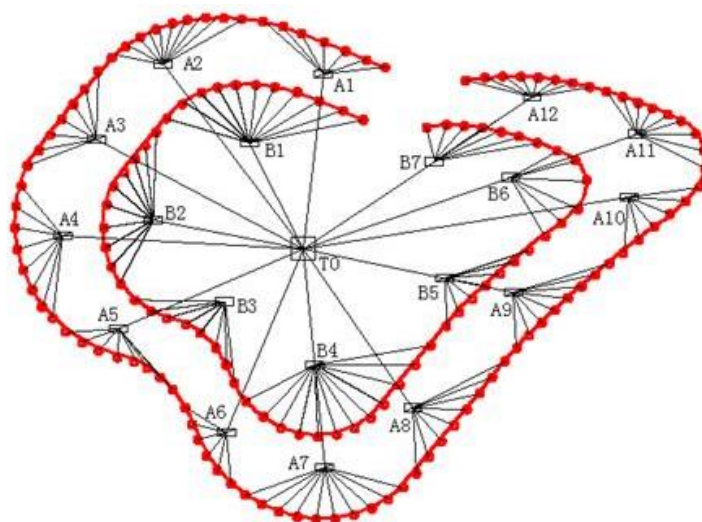
A fim de obter características de derivação mais uniformes, um sistema de desvio seguro e confiável deve considerar os seguintes fatores:

- (1) O layout da linha dos circuitos deve ser simples e confiável.
- (2) A operação de segurança de outros circuitos de desvio não é afetada quando várias falhas da linha de desvio (danos ou reparos) são levadas em consideração.
- (3) O cabo de drenagem tem reserva de capacidade de carga suficiente.
- (4) A camada isolante tem boa estabilidade térmica e melhor resistência à água.
- (5) Fácil de monitorar e revisar.
- (6) A conexão deve ser firme e confiável.

Com base no princípio acima, o sistema de divisão do eletrodo de aterramento é o seguinte:

- Os cabos de cada oito ou nove poços se combinam em uma Caixa de Passagem de cabos.
- Para a configuração atual serão construídas 19 Caixas de Passagem que receberão os cabos dos poços.
- Todas as 19 serão posteriormente conectadas a casa de chaveamento.

A configuração do sistema de divisão dos cabos pode ser verificada na figura abaixo:



**Figura 3.8 - Sistema de Distribuição dos cabos do eletrodo**



#### **4. Conclusão**

(1) O site 43E não é adequado para construir um eletrodo HVDC, pois possui uma alta resistência para a camada superficial e a camada profunda. Toda configuração que utilizamos não pode satisfazer o requisito de resistência ao solo.

(2) O site 43 possui uma melhor resistividade do solo que o site 43E. Com base na pesquisa de detalhes, uma configuração vertical de anel duplo será adotada para o eletrodo do Terminal Rio, atendendo a todos os requisitos técnicos contratuais e normativos da IEC.