



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GEOGRAFIA

**GEORREFERENCIAMENTO DE PLANTAS CADASTRAIS DA EXTINTA REDE FERROVIÁRIA
FEDERAL S/A POR ESTACAS (ITAJAÍ-AGROLÂNDIA)**

Amanda Alves Vita

Florianópolis
2024

Amanda Alves Vita

**GEORREFERENCIAMENTO DE PLANTAS CADASTRAIS DA EXTINTA REDE FERROVIÁRIA
FEDERAL S/A POR ESTACAS (ITAJAÍ-AGROLÂNDIA)**

Relatório Final de Estágio de Conclusão do Curso de Graduação em Geografia do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharela em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Liliana Sayuri Osako (DGL)

Florianópolis

2024

Ficha de identificação da obra

Alves Vita, Amanda

GEORREFERENCIAMENTO DE PLANTAS CADASTRAIS DA EXTINTA REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S/A POR ESTACAS (ITAJAÍ-AGROLÂNDIA) / Amanda Alves Vita ; supervisora, Liliana Sayuri Osako, 2024.

52 p.

Relatório de Estágio - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Graduação em Geografia, Florianópolis, 2024.

Inclui referências.

1. Geografia. 2. Georreferenciamento. 3. Patrimônio. 4. RFFSA. 5. Via Férrea. I. Sayuri Osako, Liliana. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Geografia. III. Título.

Amanda Alves Vita

GEORREFERENCIAMENTO DE PLANTAS CADASTRAIS DA EXTINTA REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S/A POR ESTACAS (ITAJAÍ-AGROLÂNDIA)

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharel e aprovado em sua forma final pelo Curso de Geografia.

Florianópolis ,12 de dezembro de 2024.

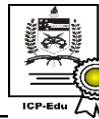


Documento assinado digitalmente
LINDBERG NASCIMENTO JUNIOR
Data: 03/02/2025 17:20:0300
CPF: ***.596.139-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Lindberg Nascimento Junior

Coordenação do Curso

Banca Examinadora:

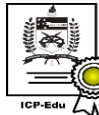


Documento assinado digitalmente
Líliliana Sayuri Osako
Data: 28/01/2025 12:07:04-0300
CPF: ***.285.348-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Profa.Dra. Líliliana Sayuri Osako (DGL)

Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Everton da Silva
Data: 28/01/2025 13:18:30-0300
CPF: ***.388.259-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Everton da Silva

Avaliador(a)

Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
JEUID OLIVEIRA JUNIOR
Data: 29/01/2025 16:50:33-0300
CPF: ***.273.411-**
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Jeuid Oliveira Junior

Avaliador(a)

Superintendência do Patrimônio da União

Florianópolis

2024

A todos que são por mim.
Essa é para nós!
Asè!

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha espiritualidade e aos meus guias, pela força, proteção e clareza para enfrentar os momentos difíceis e chegar até este momento.

Gostaria de expressar minha imensa gratidão à minha mãe, Suely. É por você! Pelo amor incondicional, apoio e incentivo durante toda a minha trajetória. À minha irmã, Luiza, que sempre me apoiou e me fortaleceu. Dedico também ao meu falecido pai, Dico. Estou honrando os seus sonhos! À minha tia e à minha avó paterna, que fazem parte do que sou, tia Anezina e vó Maria, e ao meu primo Hiago. Vocês são a minha base, amo muito todos vocês.

Agradeço à minha orientadora, Liliana, pela orientação dedicada, paciente e construtiva. Seu acompanhamento durante o estágio foi muito importante e gerou bons frutos, sendo crucial para a realização deste trabalho. E aos colegas de SPU, Alysson e Jeuid, que de certa forma também fizeram parte deste trabalho.

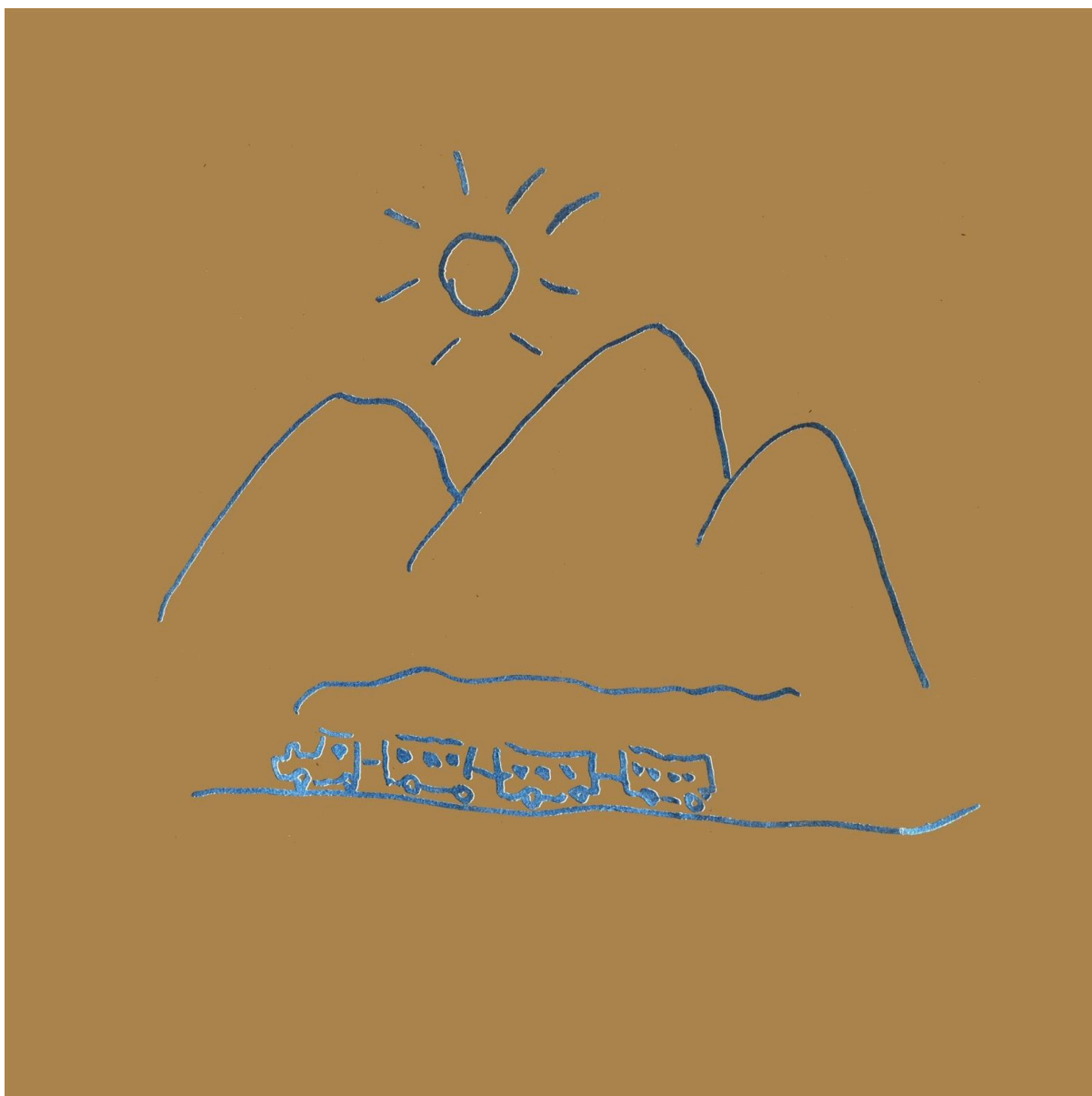
Aos meus amigos, que são muitos, mas especialmente aos meus "Senses", que estão comigo desde o começo dessa jornada acadêmica. A todas as amizades que compartilharam momentos de aprendizado e dificuldades, que me ergueram e me fizeram muito feliz ao longo dessa caminhada, muito obrigado pela parceria e pela amizade. E também à minha companheira, Raiza. O apoio e amor de vocês foram essenciais.

Agradeço também aos professores e professoras e aos técnicos da Geografia, assim como a todos que encontrei ao longo do caminho e que contribuíram para a minha formação.

Por fim, agradeço a todas as pessoas que, de alguma forma, me ajudaram e me incentivaram para que eu pudesse concluir mais uma etapa da vida.

A todos, meu sincero obrigado.

Álbum Gerais (1976) de Milton Nascimento



Você pega o trem azul, o Sol na cabeça
O Sol pega o trem azul, você na cabeça
O Sol na cabeça

Clube da Esquina, 1972

Resumo

O georreferenciamento das plantas cadastrais da extinta Rede Ferroviária Federal S/A do Brasil (RFFSA) constitui a base para identificação e localização de bens móveis e imóveis que compõem o patrimônio ferroviário. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta metodológica para o georreferenciamento de plantas cadastrais da extinta RFFSA por estacas. O método proposto envolve a identificação de estacas de referência em plantas cadastrais e imagens de satélite, a vetorização de estacas e eixo central da ferrovia, e o georreferenciamento das plantas cadastrais com base nas estacas vetorizadas como pontos de controle. No presente estudo, 6 plantas cadastrais do trecho Itajaí-Agrolândia (IA), denominadas de IAsn, IA001, IA002, IA003, IA004, IA005 foram georreferenciadas com 03 a 09 pontos de controle. A transformação geométrica Helmert forneceu melhor precisão no georreferenciamento das plantas cadastrais IAsn, IA002, IA003, IA004 e IA005 com 02 a 03 pontos de controle alinhados. A transformação geométrica de polinômio de grau 1 mostrou-se mais precisa no georreferenciamento da planta cadastral IA001 com 09 pontos de controle distribuídos em trecho curvilíneo. Os resultados demonstraram que os valores de RMS estão dentro do limite de tolerância para as plantas cadastrais georreferenciadas por diferentes transformações geométricas.

Palavras-chave: RFFSA; georreferenciamento; via férrea; estaqueamento; Helmert, patrimônio

Abstract

The georeferencing of cadastral maps from the defunct Rede Ferroviária Federal S/A (RFFSA) of Brazil forms the basis for identifying and locating movable and immovable assets that constitute the railway heritage. This study aims to present a methodological proposal for the georeferencing of RFFSA cadastral maps using stakes. The proposed method involves identifying reference stakes in cadastral maps and satellite images, vectorizing the stakes and the railway's central axis, and georeferencing the cadastral maps based on the vectorized stakes as control points. In this study, six cadastral maps from the Itajaí-Agrolândia (IA) segment, named IAsn, IA001, IA002, IA003, IA004, and IA005, were georeferenced with 3 to 9 control points. The Helmert geometric transformation provided the best accuracy for georeferencing the cadastral maps IAsn, IA002, IA003, IA004, and IA005 using 2 to 3 aligned control points. The first-degree polynomial geometric transformation proved more accurate for georeferencing the IA001 cadastral map, which utilized 9 control points distributed along a curvilinear section. The results demonstrated that RMS values are within the tolerance limits for cadastral maps georeferenced using different geometric transformations.

Keywords: RFFSA; georeferencing; railway; staking; Helmert; heritage

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa da Rede de Viação Paraná - Santa Catarina.....	16
Figura 2- Plano que visava estender à malha ferroviária do território catarinense...	19
Figura 3 - A estação de Itajaí no dia de sua inauguração em 1954.....	20
Figura 4 - No pátio da estação de Itajaí, anos 1970.....	21
Figura 5 - Túnel de Apiúna.....	22
Figura 6 - A estação de Rio do Sul em 2006	22
Figura 7 - Em 22 de julho de 1964, festa na inauguração da estação de São João no município de Agrolândia (SC).....	23
Figura 8 - A estação de São João em abril de 2019.....	24
Figura 9 - A estação de São João, tomada pelo mato em 20/01/2008.....	24
Figura 10 - Fluxograma da organização dos arquivos.....	26
Figura 11 - Fluxograma para identificação e vetorização de estacas e eixo central da ferrovia.....	27
Figura 12 - Identificação de estacas em plantas cadastrais da extinta RFFSA e em imagens de satélite. A) Estaca intermediária EST45+10,50m. B) Estacas a cada 100m (EST20 e EST25). C) Estaca intermediária EST598+10mna margem do rio e estaca do Km12 (EST 600). D) Localização aproximada das estacas da referência C na imagem do <i>Google Earth Pro</i>	29
Figura 13 - Tabela de atributos referente a camada vetorial (tipo ponto) de localização das estacas.....	31
Figura 14 - Tabela de atributos referente à camada vetorial (tipo linha) de localização do eixo central da ferrovia.....	32
Figura 15 - Fluxograma para o georreferenciamento das plantas cadastrais da extinta RFFSA por estacas no programa QGIS.....	33
Figura 16 - Uso das estacas vetorizadas para identificação e adição de pontos de controle na planta cadastral.....	34
Figura 17 - Parâmetros de transformação geométrica (Helmet).....	35
Figura 18 - Visualização das plantas cadastrais (SN e 001) georreferenciadas sobre	

imagem de satélite do <i>Google Hybrid</i> (2024).....	37
Figura 19 - Visualização das plantas cadastrais (SN-005) georreferenciadas sobre imagem de satélite do <i>Google Hybrid</i> (2024).....	37
Figura 20 - Plantas cadastrais georreferenciadas com base em estacas.....	38
Figura 21 - Pontos de controle da Planta Cadastral Itajaí-Agrolândia_Folha_SN....	40
Figura 22 - Pontos de controle e tabela GCP da Planta Cadastral Itajaí-Agrolândia_Folha_001.....	41
Figura 23 - Pontos de controle e tabela GCP da Planta Cadastral Itajaí-Agrolândia_Folha_002.....	42
Figura 24 - Pontos de controle e tabela GCP da Planta Cadastral Itajaí-Agrolândia_Folha_003.....	43
Figura 25 - Pontos de controle e tabela GCP da Planta Cadastral Itajaí-Agrolândia_Folha_004.....	44
Figura 26 - Pontos de controle e tabela GCP da Planta Cadastral Itajaí-Agrolândia_Folha_005.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela de atributos da estaca e do eixo central da ferrovia simplificado.....	30
Tabela 2 - Valor de tolerância da raiz do erro quadrático médio (RMS) com base na escala do produto cartográfico.....	36
Tabela 3 - Definição dos parâmetros para o georreferenciamento de 06 plantas cadastrais e os valores de RMS e de tolerância obtidos.....	39

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 - Mapa esquemático de situação da linha Itajaí-Agrolândia.....	51
ANEXO 2 - Planta cadastral Itajaí- Agrolândia folha sn.....	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

Delinq - Departamento de Extinção e Liquidação

EFSC - Estrada de Ferro de Santa Catarina

ESRI - Environmental Systems Research Institute (Instituto de Pesquisa de Sistemas Ambientais)

EST - Estaca

GCP - Ground Control Point (Ponto de Controle)

IA - Itajaí-Agrolândia

IPHAN - Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional

PND - Programa Nacional de Desestatização

QGIS - Quantum GIS

RMS - Root Mean Square (Erro Médio)

RFFSA - Rede Ferroviária Federal Sociedade Anônima

RVPSC - Rede de Viação Paraná-Santa Catarina

SIG - Sistema de Informações Geográficas

SN - Sem Número

SPU - Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União

SRC - Sistema de Referência de Coordenadas

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

VFPSC – Viação Férrea Paraná Santa Catarina

VFRGS - Viação Ferroviária do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

Introdução.....	14
Objetivos.....	15
1. Caracterização e localização geográfica das áreas trabalhadas durante o estágio.....	15
1.1. Rede Ferroviária Federal S.A (RFFSA).....	15
1.2. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN).....	17
1.3. Secretaria do Patrimônio da União (SPU).....	18
1.4. Estrada de Ferro de Santa Catarina (EFSC).....	18
1.5. Estação de Itajaí.....	20
1.6. Outras Estações.....	21
1.7. Estação de São João em Agrolândia.....	23
2. Procedimentos e tecnologias empregados durante o estágio.....	25
2.1. Materiais.....	25
2.2. Metodologia.....	26
3. Instrumentos de pesquisa e análise utilizados no estágio	28
3.1. Identificação de estacas em plantas cadastrais da extinta RFFSA..	28
3.2. Vetorização manual de estacas e eixo central da ferrovia.....	29
3.3. Georreferenciamento por estacas no programa QGIS.....	32
3.4. Inserção das coordenadas X e Y com base na localização das estacas vetorizadas.....	33
3.5. Configuração da transformação geométrica, reamostragem e sistema de referência de coordenadas.....	34
3.6. Análise do erro residual.....	36
4. Resultados e produtos gerados durante o estágio.....	38
Considerações Finais.....	46
Referências Bibliográficas.....	48
ANEXOS.....	51

Introdução

O presente trabalho intitulado “*Georreferenciamento de plantas cadastrais da extinta Rede Ferroviária Federal S/A por estacas (Itajaí-Agrolândia)*”, faz parte do projeto de extensão “*Geotecnologias como instrumentos de gestão da geoinformação dos Bens Imóveis da União pela SPU*” (SIGPEX 202019119), desenvolvido por meio da parceria entre a Secretaria de Coordenação e Governança do Patrimônio da União (SPU) e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), no período de 2020 a 2022. O projeto teve o intuito de incrementar cientificamente a validação metodológica dos processos de produção, conversão e publicação de dados geoespaciais da SPU, com vistas à modernização da gestão territorial do patrimônio da União.

Nesse contexto, as plantas cadastrais da extinta RFFSA do Brasil fazem parte do acervo cartográfico da SPU e são essenciais para a identificação e localização de bens móveis e imóveis que compõem o patrimônio ferroviário nacional (IPHAN, 2010). Contudo, a integração dessas plantas em um sistema geográfico depende do processo de georreferenciamento, que visa ajustar as representações cartográficas a um sistema de coordenadas geográficas ou projetadas.

Os procedimentos metodológicos desenvolvidos para o georreferenciamento de produtos cartográficos antigos do acervo da SPU variam principalmente em relação à presença ou ausência de referências cartográficas e de grade de coordenadas (SPU, 2019; Cruz *et al.*, 2021). Atualmente, existem poucas referências metodológicas específicas para o georreferenciamento de plantas cadastrais da extinta RFFSA, principalmente devido à ausência de grade de coordenadas nesses produtos, o que dificulta a identificação de pontos de controle, elemento importante no processo de georreferenciamento.

Com o objetivo de fornecer suporte técnico à SPU no georreferenciamento das plantas cadastrais da extinta RFFSA, este trabalho apresenta uma proposta metodológica de georreferenciamento por estacas ou estaqueamento, utilizando elementos distintos para o georreferenciamento de acordo com a necessidade e a dificuldade das informações presentes nas plantas cadastrais em questão.

Objetivos

a) Fornecer suporte técnico à SPU no georreferenciamento das plantas cadastrais da extinta RFFSA.

b) Elaborar uma proposta metodológica de georreferenciamento das plantas cadastrais da extinta RFFSA por estacas ou estaqueamento em um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

1. Caracterização e localização geográfica das áreas trabalhadas durante o estágio.

A história das ferrovias no Brasil, segundo o Iphan (2010), começou em 30 de abril de 1854, com a inauguração do primeiro trecho de linha, a Estrada de Ferro Petrópolis, por D. Pedro II. Esta linha ligava Porto Mauá a Frágoso, no Rio de Janeiro, com 14 km de extensão. No entanto, a chegada da via a Petrópolis, transpondo a Serra do Mar, ocorreu 32 anos depois, em 1886.

De acordo com Iphan (2010), a implantação de estradas de ferro no Brasil enfrentou muitas dificuldades e desafios. Para atrair investidores, o governo implementou um sistema de concessões, característico da política de infraestrutura do período imperial. Entre o final do século XIX e o início do século XX, recursos, principalmente britânicos, impulsionaram a construção de linhas férreas. A expansão ferroviária, além de permitir a entrada de capital estrangeiro no país, tinha como objetivo incentivar a economia exportadora. Assim, as primeiras linhas interligaram os centros de produção agrícola e de mineração aos portos, diretamente ou superando obstáculos à navegação fluvial. Vários planos de viação foram elaborados na tentativa de integrar a malha ferroviária e ordenar a implantação de novos trechos. No entanto, nenhum deles teve sucesso devido à política de concessões estabelecida pelo governo brasileiro.

1.1. Rede Ferroviária Federal S.A (RFFSA)

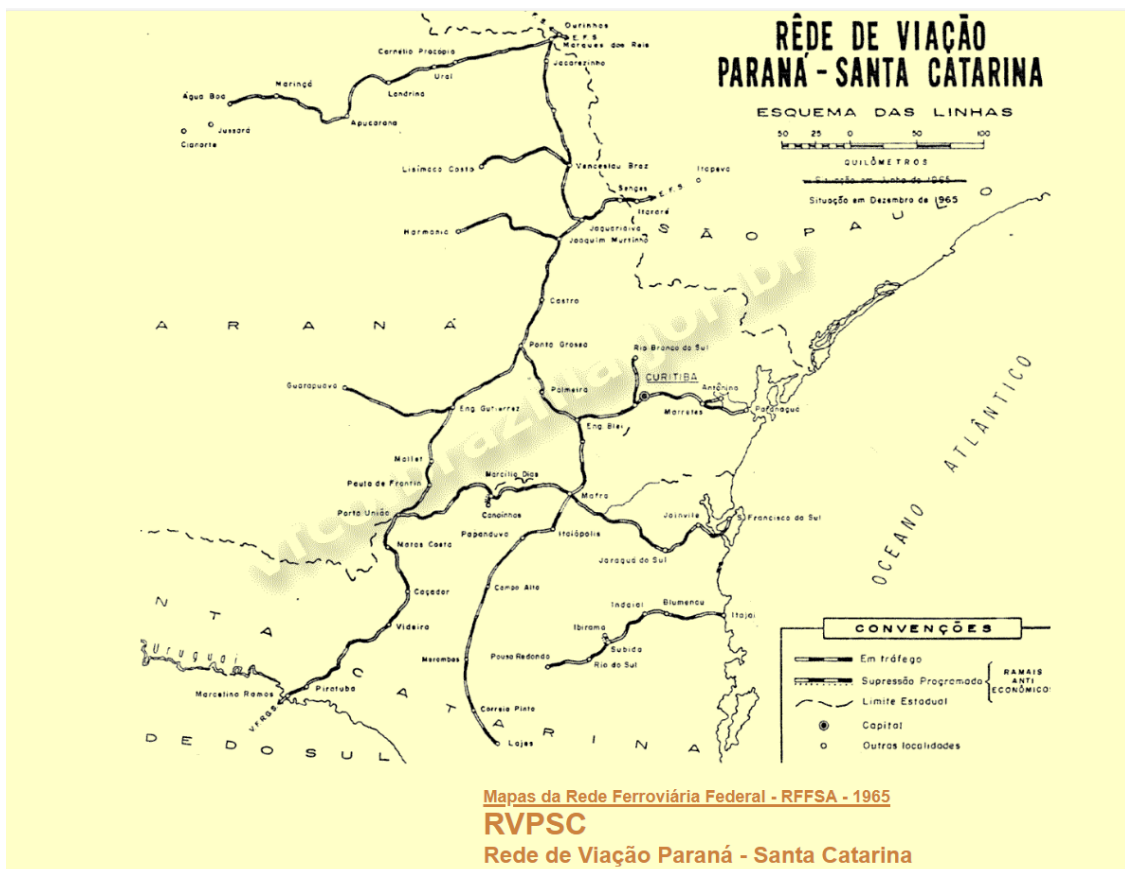
A Rede Ferroviária Federal S.A. (RFFSA) foi criada em 1957 para administrar as estradas de ferro federais, vinculada ao Ministério dos Transportes. O presidente Juscelino Kubitschek assinou a Lei 3.115, que formalizou sua criação. A nova rede ferroviária foi formada pelo patrimônio de 18 empresas férreas (IPHAN, 2010):

1. Estrada de Ferro Madeira-Mamoré,
2. Estrada de Ferro de Bragança,
3. Estrada de Ferro São Luiz-Teresina,
4. Estrada de Ferro Central do Piauí,
5. Rede de Viação Cearense,

6. Estrada de Ferro Mossoró-Sousa,
7. Estrada de Ferro Sampaio Correia,
8. Rede Ferroviária do Nordeste,
9. Viação Férrea Federal do Leste Brasileiro,
10. Estrada de Ferro Bahia-Minas,
11. Estrada de Ferro Leopoldina,
12. Estrada de Ferro Central do Brasil,
13. Rede Mineira de Viação,
14. Estrada de Ferro de Goiás,
15. Estrada de Ferro Santos a Jundiá,
16. Estrada de Ferro Noroeste do Brasil,
17. **Rede de Viação Paraná-Santa Catarina** (Figura 1), e
18. Estrada de Ferro Dona Teresa Cristina .

Posteriormente, a RFFSA incorporou mais duas empresas: a malha gaúcha, que até 1959 esteve arrendada ao governo do Rio Grande do Sul sob administração da Viação Ferroviária do Rio Grande do Sul (VFRGS); e a malha paulista, arrendada ao governo de São Paulo e administrada pela Ferrovias Paulista S.A. (Fepasa) até 1998.

Figura 1 - Mapa da Rede de Viação Paraná - Santa Catarina



Fonte: <http://vfco.brazilia.jor.br/ferrovias/mapas/1965-Rede-de-Viacao-Parana-Santa-Catarina-RVPC.shtml>

Em 1992, a RFFSA foi incluída no Programa Nacional de Desestatização (PND), por recomendação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que indicou a transferência dos serviços de transporte ferroviário de carga para o setor privado. O processo de desestatização da RFFSA foi realizado com base na Lei nº 8.987, de 17 de fevereiro de 1995 (Lei das Concessões). A empresa foi sendo dissolvida através de acordos estabelecidos em decretos¹ nos anos posteriores.

Conforme informações do Iphan (2010), a liquidação iniciou-se em dezembro de 1999, por deliberação da Assembleia Geral dos Acionistas, conduzida sob responsabilidade de uma Comissão de Liquidação, com supervisão do Departamento de Extinção e Liquidação (Deliq) do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Por fim, a RFFSA foi extinta através da Medida Provisória Nº 353, de 22 de janeiro de 2007, regulamentada pelo Decreto Nº 6.018/2007 e sancionada na Lei 11.483, de 31 de maio de 2007 (IPHAN, 2010).

1.2. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN)

A partir da promulgação da Lei 11.483, de 31 de maio de 2007, atribuiu-se ao Iphan a responsabilidade de receber e administrar os bens móveis e imóveis de valor artístico, histórico e cultural, oriundos da extinta Rede Ferroviária Federal SA (RFFSA), bem como zelar pela sua guarda e manutenção (IPHAN, 2010). Desde então, o Instituto avalia, dentre todo o espólio oriundo da extinta RFFSA, quais são os bens detentores de valor histórico, artístico e cultural. Segundo o Iphan:

O patrimônio ferroviário oriundo da RFFSA engloba bens imóveis e móveis, incluindo desde edificações como estações, armazéns, rotundas, terrenos e trechos de linha, até material rodante, como locomotivas, vagões, carros de passageiros, maquinário, além de bens móveis como mobiliários, relógios, sinos, telégrafos e acervos documentais. Segundo inventário da ferrovia, são mais de 52 mil bens imóveis e 15 mil bens móveis, classificados como de valor histórico pelo Programa de Preservação do Patrimônio Histórico Ferroviário (Preserfe), desenvolvido pelo Ministério dos Transportes, instituição até então responsável pela gestão da RFFSA. (IPHAN, 2014)

O Decreto Nº 6.769 de 10 de fevereiro de 2009 (artigo 9º) dá nova redação ao artigo 7º do Decreto Nº 6.018 de 22 de janeiro de 2007 e acrescenta dois novos parágrafos que diretamente dizem respeito às atribuições do IPHAN. São eles:

¹ Decreto nº 3.277, de 7 de dezembro de 1999, alterado pelo Decreto nº 4.109, de 30 de janeiro de 2002, pelo Decreto nº 4.839, de 12 de setembro de 2003, e pelo Decreto nº 5.103, de 11 de junho de 2004. (IPHAN,2010)

§ 1o O uso dos bens imóveis cedidos ao IPHAN poderá ser compartilhado com outros órgãos e entidades da administração pública federal.

§ 2o O IPHAN poderá solicitar a cessão de bens imóveis de valor artístico, histórico e cultural para a utilização por parte de outros órgãos e entidades públicos ou privados com o objetivo de perpetuar a memória ferroviária e contribuir para o desenvolvimento da cultura e do turismo (IPHAN, 2010, p. 19-20).

1.3. Secretaria do Patrimônio da União (SPU)

A responsabilidade pela incorporação e destinação de parte desse patrimônio imobiliário ficou a cargo da União, através da Secretaria do Patrimônio da União (SPU). As plantas cadastrais da extinta RFFSA, que compõem o acervo cartográfico da SPU, foram essenciais para identificação e localização dos bens imóveis que integram esse patrimônio ferroviário (IPHAN, 2010), considerando o contexto histórico de informações técnicas que esses documentos possuem.

Os bens imóveis operacionais também são transferidos ao DNIT, assim como os bens móveis, e caso o IPHAN declare seu valor cultural há a previsão de estabelecer-se um instrumento de gestão compartilhada para uso ferroviário.

Por sua vez, os bens imóveis não-operacionais são transferidos da Inventariança da extinta RFFSA para a Secretaria do Patrimônio da União (SPU), e caso o IPHAN declare seu valor histórico, artístico e cultural deverá solicitar sua cessão à SPU (IPHAN, 2010, p. 26)

Os bens imóveis não-operacionais transferidos da inventariança da extinta RFFSA para à SPU, podem ser:

- Obras de arte – pontes, viadutos, túneis, etc.;
- Pátios, estações, glebas, leitos ferroviários, casas de agente, casas de turma, vilas, etc.

Caso o IPHAN declare seu valor histórico, artístico e cultural e o(s) requisite, conforme previsto no artigo 21 da Lei 11.483/2007, a SPU fará cessão do(s) bem(s) para o IPHAN (IPHAN, 2010, p.35).

1.4. Estrada de Ferro de Santa Catarina (EFSC)

Em Santa Catarina, a Estrada de Ferro Santa Catarina era uma ferrovia isolada, que partia do litoral no sentido do interior, cruzando o Vale do Itajaí. Nem a linha tronco nem o ramal atingiram seus objetivos de entroncamento com outras linhas da RVPSC (Rede de Viação Paraná-Santa Catarina) (Anexo I). As estações listadas abaixo correspondem às existentes na época de máxima extensão, em 1963 {...} (ESTAÇÕES, 2024).

O histórico das linhas segundo Estações (2024):

LINHA-TRONCO: A Estrada de Ferro Santa Catarina foi aberta com capital alemão em 1909, ligando Blumenau a Ascurra, com a intenção de se encontrar com a linha Itararé-Uruguaí, então em construção, próximo a Limeira (Herval do Oeste). Pouco tempo depois, o Governo tomou a ferrovia. A partir daí, avançou lentamente, chegando em Rio do Sul apenas em 1933 e em Trombudo Central em 1958, jamais alcançando o entroncamento. Em 1954, prolongou sua linha até o litoral, em Itajaí, mas nem isso foi suficiente para revitalizar a ferrovia, extinta pela RFFSA, já sua proprietária desde 1957, no ano de 1971. Os trilhos foram arrancados logo depois, sob protestos da comunidade. Desde então vem-se tentando reativar pelo menos um trecho da antiga ferrovia, na região de Rio do Sul, com colocação de trilhos e o esforço de gente dedicada. (ESTAÇÕES, 2024)

Segundo Wittmann (2008), a intenção, no Vale do Itajaí, era promover a ligação entre a EFSC e a VFPSC, visando à interligação das estradas antigas do Tronco Sul. Conforme Lago (1968, p. 230 *apud* Wittmann, 2008), o projeto visava estender a EFSC de Trombudo Central até Ponte Alta do Norte, conectando com o Tronco Sul, e daí até Marcelino Ramos, estabelecendo-se novamente e ligação com a VFPSC (Figura 2).

Figura 2- Plano que visava estender à malha ferroviária do território catarinense



Fonte: Google Maps, 2006 - Alterado por WITTMANN (2008).

1.5. Estação de Itajaí

A estação de Itajaí foi inaugurada em 1954 passando a ser o ponto inicial da linha no km 0, que ligava a região portuária ao Vale do Itajaí (Figura 3 e 4).

Na verdade, a linha até Itajaí demorou demais para ser aberta: em 1954, o transporte de madeiras para o porto já era bem menor que nos anos 1930. O primeiro ano de funcionamento da ferrovia até Itajaí registrou queda nesse transporte em relação ao transporte geral que já havia por via rodoviária. E assim foi até o fechamento da ferrovia e da estação junto ao porto.(ESTAÇÕES, 2024)

Desativada em 1971, a estação de Itajaí foi demolida.

"A estação de Itajaí não existe mais. Todo o pátio, que ficava no bairro Fazenda na atualidade, é de um grande supermercado. Aliás, Itajaí, em razão do grande crescimento urbanístico tratou logo de apagar as marcas da ferrovia. Hoje para achar vestígios por lá o camarada tem que ter um olho clínico muito bom" (Luiz Carlos Henkels, 04/2008) (ESTAÇÕES, 2024).

Figura 3 - A estação de Itajaí no dia de sua inauguração em 1954. Autor desconhecido.



Fonte: Estações (2024)

Figura 4 - No pátio da estação de Itajaí, anos 1970. Foto: Guido Mota - acervo Marcelo Lordeiro



Fonte: Estações (2024)

1.6. Outras Estações

Atualmente, há um pequeno trecho da antiga ferrovia Itajaí-Agrolândia em funcionamento para finalidades turísticas na cidade de Apiúna. O passeio turístico, histórico e cultural da Estrada de Santa Catarina tem a duração de 45 minutos (Figura 5). O trecho contempla um túnel de 68 metros, um viaduto de pedra com dois arcos em estilo romântico com 12 metros de altura e uma passagem superior também em estilo romântico, para então adentrar a um profundo corte de 170 m de extensão. A partir do Km 1,44, a ferrovia adentra em um trecho de mata atlântica preservada até a entrada do pátio de Usina Hidrelétrica Salto Pilão, à partir de onde os passageiros podem contemplar a paisagem da rodovia BR 470 e do Rio Itajaí-Açú. O término do passeio de trem ocorre dentro do pátio da Usina Hidrelétrica Salto Pilão (ABPF, 2024).

Figura 5 - Túnel de Apiúna.



Fonte: Estações (2024)

De acordo com Wittmann (2008), a estação de Rio do Sul, desativada em 1971 com a supressão do tráfego na ferrovia, estava ainda de pé em 2019, funcionando como Museu e Arquivo Histórico de Rio do Sul e tombada pelo Patrimônio Histórico Municipal (Figura 5). O antigo armazém, também em excelente estado, distava 500 metros da estação.

Figura 6 - A estação de Rio do Sul em 2006. Foto Carlos R. Almeida



Fonte: Estações (2024).

1.7. Estação de São João em Agrolândia

No município de Agrolândia, a estação de São João foi inaugurada em 1964 (Figura 6), como ponta de linha, ou seja, último ponto, no km 184 da estação que inicia em Itajaí no km 0 (Estações, 2024):

"Já em 1964, sete anos antes da sua desativação, dando seqüência aos planos de expansão para o Oeste rumo à Ponte Alta, no planalto serrano, inaugurou-se o último traçado: o de São João, município de Agrolândia (SC) que funcionou três meses apenas quando uma enxurrada desfez alguns aterros, impossibilitando o tráfego" (ESTAÇÕES, 2024)

A ausência de interesse pelo modal ferroviário era tão evidente por parte 188 de seus administradores, que quando ocorreu um desmoronamento no trecho de Trombudo Central e São João, em 1964, não houve qualquer iniciativa em promover a limpeza e o conserto da linha. O trecho foi desativado dois anos após a sua inauguração (WITTMANN, 2008, p. 187-188)

O prédio da estação São João, que, segundo Estações (2024), ainda existia no ano de 2019, mas se encontrava em estado de abandono, coberto de mato no meio de nada. (Figura 7, 8 e 9)

Figura 7 - Em 22 de julho de 1964, festa na inauguração da estação de São João no município de Agrolândia (SC). Foto: Amigos do Trem.



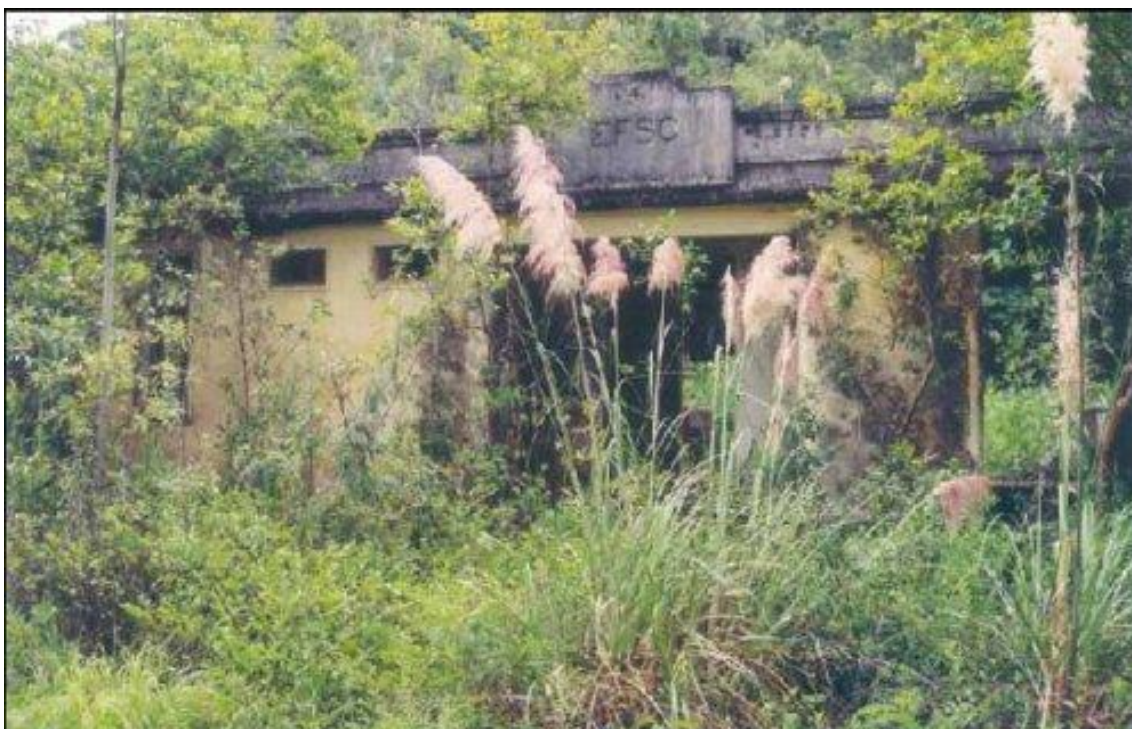
Fonte:Estações (2024)

Figura 8 - A estação de São João em abril de 2019. Foto Vitor Hugo Zapani Langaro.



Fonte: Estações (2024)

Figura 9 - A estação de São João, tomada pelo mato em janeiro de 2008. Foto Heinz Beyer.



Fonte: Estações (2024)

Este breve apanhado histórico sobre EFSC e suas antigas estações, demonstra a descontinuação de uma linha que não estava conectada a outras redes ferroviárias. Assim como muitas outras, essa linha sofreu com as interrupções de obra ou com o encerramento das atividades, resultado da grande influência do projeto rodoviário e do avanço da indústria automobilística no Brasil. Processo que iniciou no governo Vargas e tomou corpo a partir da década de 50 com os planos modernistas do governo de Kubitscheck.

As mudanças nas obras de construção da EFSC, a partir do período de 1930, quando foram priorizadas as de Rio do Sul, com o projeto de sua 183 complementação até o oeste catarinense, faziam parte dessas novas ações do governo Getúlio Vargas. No entanto, todas as iniciativas do governo federal não apresentavam a agilidade e os meios suficientes para acompanhar o ritmo de expectativa da nova elite nacional, que adotou o modal rodoviário como o novo meio de transporte deste novo tempo. [...] igualmente, passa o Estado a investir em novas estruturas rodoviárias, fazendo grandes investimentos, integrando regiões por meio de grandes obras rodoviárias federais e estaduais, que sistematicamente foram substituindo as ferrovias. Essa dominação do modal rodoviário iniciado no governo de Getúlio Vargas foi consolidada no governo de Juscelino Kubitscheck. (WITTMANN, 2008, p. 182-183)

2. Procedimentos e tecnologias empregados durante o estágio

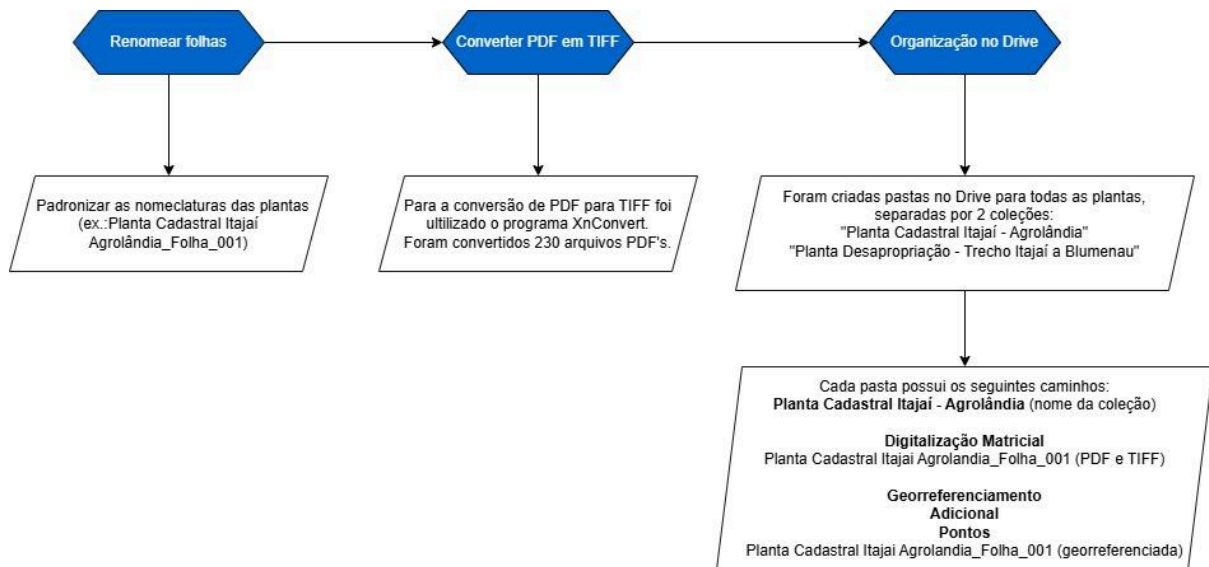
2.1. Materiais

Em relação aos dados, no período do estágio, foi obtido acesso a um total de 230 plantas cadastrais na escala 1:1.000, do ano de 1985, disponíveis em formato digital (PDF). Os arquivos foram convertidos para o formato TIFF e organizados em duas coleções: "Planta Cadastral Itajaí - Agrolândia" e "Planta Desapropriação - Trecho Itajaí a Blumenau". Abaixo, na Figura 10, são apresentados os procedimentos realizados para o tratamento e organização dos arquivos durante o estágio.

Para os processos de georreferenciamento descritos neste trabalho, utilizou-se o software *Quantum GIS (QGIS)*, uma ferramenta/software livre com

código-fonte aberto, sendo ele uma multiplataforma de sistema de informação geográfica que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados (QGIS, 2024). Neste estudo foi empregada a versão QGIS Desktop 3.28.9 Firenze. Utilizou-se também a base cartográfica através do plugin *QuickMapService* com imagens do *Google Maps* e *Google Earth Pro* e às imagens da *ESRI Imagery*, por meio do plugin *HCMGIS*. Também foi utilizado o *plugin Freehand Raster Georeferencer* para auxiliar na localização inicial das plantas cadastrais a partir dos pontos de referência da planta com maior número de informações (IA-sn), e assim, vetorizar as estacas e linhas do eixo central.

Figura 10 - Fluxograma da organização dos arquivos.



Fonte: Autora (2024)

2.2. Metodologia

A metodologia de georreferenciamento por estacas foi implementado em plantas cadastrais da rede ferroviária sem grade de coordenadas, mas com estaqueamento ao longo da via férrea. Duas principais etapas constituem à metodologia de georreferenciamento por estacas:

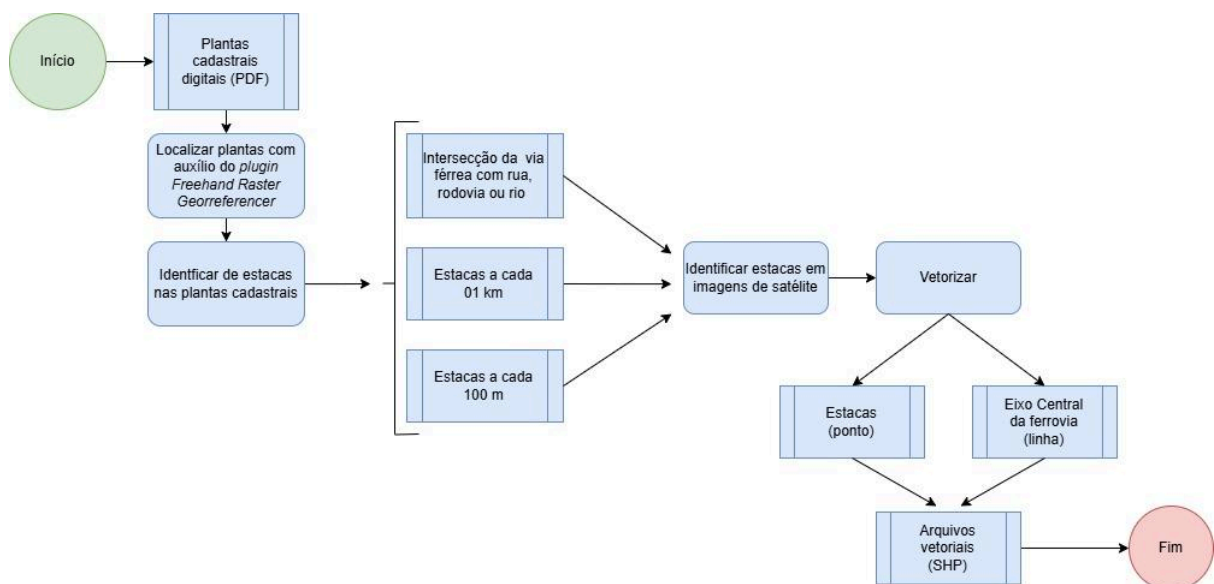
i) Identificação e vetorização de estacas e eixo central da ferrovia; e

ii) Georreferenciamento de plantas cadastrais da extinta RFFSA a partir das estacas vetorizadas.

A etapa de identificação e vetorização manual de estacas e eixo central da ferrovia compreende a (Figura 11):

- i) Localização das plantas com auxílio do *plugin Freehand Raster Georeferencer*;
- ii) Identificação de estacas em plantas cadastrais da extinta RFFSA;
- iii) Identificação da localização aproximada de estacas em imagens de satélite no QGIS, utilizando a planta localizada com o *Freehand Raster Georeferencer* como referência; e
- iv) Vetorização manual de estacas e eixo central da ferrovia.

Figura 11 - Fluxograma para identificação e vetorização de estacas e eixo central da ferrovia.



Fonte: Autora (2024)

Neste trabalho, foram utilizados os arquivos em PDF ao invés dos arquivos em TIFF, pois os arquivos em PDF apresentaram uma melhor qualidade ao serem ampliados para visualização das informações. O uso arquivo PDF também foi satisfatório na fase de georreferenciamento.

3. Instrumentos de pesquisa e análise utilizados no estágio

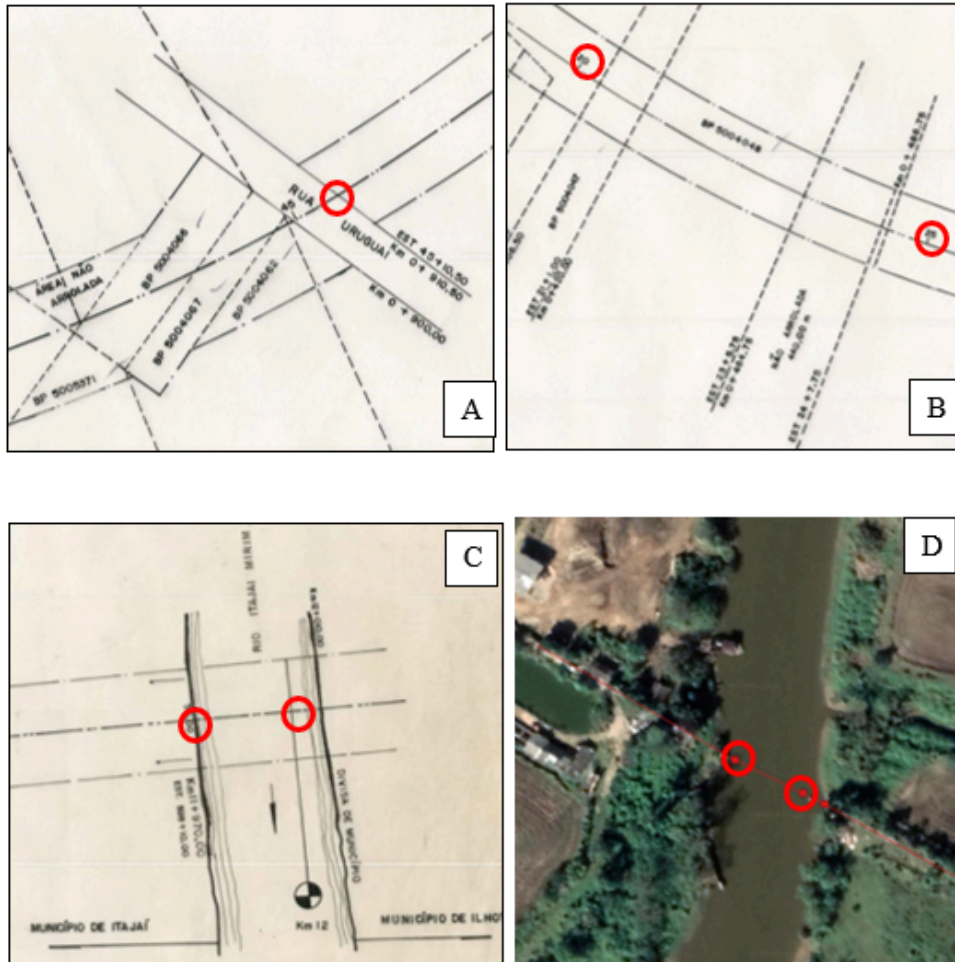
3.1. Identificação de estacas em plantas cadastrais da extinta RFFSA

As estacas localizadas ao longo da via férrea são a principal marcação de referência geométrica observada na planta cadastral da extinta RFFSA. Elas são numeradas e instaladas a cada 20m de distância a partir do ponto zero de origem de uma determinada ferrovia. Assim, a distância do ponto zero até a estaca é calculada em metros, multiplicando o número da estaca por 20 metros. Por exemplo: $EST\ 23 = 23 \times 20\ m = 460\ m$. Nesse exemplo, a estaca EST 23 está localizada a 460 m de distância a partir do ponto de origem da ferrovia. Os limites dos imóveis, rios, ruas, rodovias ou de qualquer outro elemento localizado ao longo da via férrea são referenciados nas plantas cadastrais pela estaca intermediária com número da estaca mais a distância adicional em metros. Por exemplo: $EST\ 598+10\ m = 598 \times 20\ m + 10\ m = 11.970\ m$. Nesse exemplo, a estaca intermediária está localizada a 11.970m ou 11,97km a partir do ponto de origem da ferrovia. De forma geral, as estacas são representadas nas plantas cadastrais a cada 01 km por um símbolo circular padronizado. Localmente, podem ser identificadas estacas a cada 100m de distância (OSAKO et al.,2023).

Primeiramente, cada planta cadastral da extinta RFFSA é analisada para a identificação de estacas em:

- i) intersecção de rua, rodovia ou rio com a via férrea; e/ou
- ii) a cada 01 km ou 100 m de distância, devido a sua importância como marcos de localização nas plantas cadastrais. A identificação de estacas em plantas cadastrais pode ser realizada em qualquer programa computacional que permita abrir os arquivos em formato PDF ou TIFF para visualização (Figura 12).

Figura 12 - Identificação de estacas em plantas cadastrais da extinta RFFSA e em imagens de satélite. A) Estaca intermediária EST45+10,50m. B) Estacas a cada 100m (EST20 e EST25). C) Estaca intermediária EST598+10mna margem do rio e estaca do Km12 (EST 600). D) Localização aproximada das estacas da referência C na imagem do *Google Earth Pro*.



Fonte : OSAKO et al. (2023)

3.2. Vetorização manual de estacas e eixo central da ferrovia

A vetorização manual de estacas e do eixo central da ferrovia no programa QGIS permite a espacialização e representação simbólica desses dois elementos fundamentais que compõem as plantas cadastrais da extinta RFFSA (OSAKO et al., 2023). Esse processo envolve a identificação de estacas situadas em interseções de rios, ruas, rodovias ou outras referências observadas nas plantas cadastrais, como o caso da planta cadastral inicial IA-sn, conforme detalhado no Anexo II, que possui um quantidade de referências ideal para auxiliar na localização e sequência das demais plantas. A distância entre as estacas e o comprimento da linha do eixo central da ferrovia são calculados em metros. A estaca é representada pela primitiva geométrica do tipo ponto, com um único par de coordenadas X e Y, enquanto o eixo central da ferrovia é representado pela primitiva geométrica do tipo linha (Tabela 1).

Tabela 1 - Tabela de atributos da estaca e do eixo central da ferrovia simplificado.

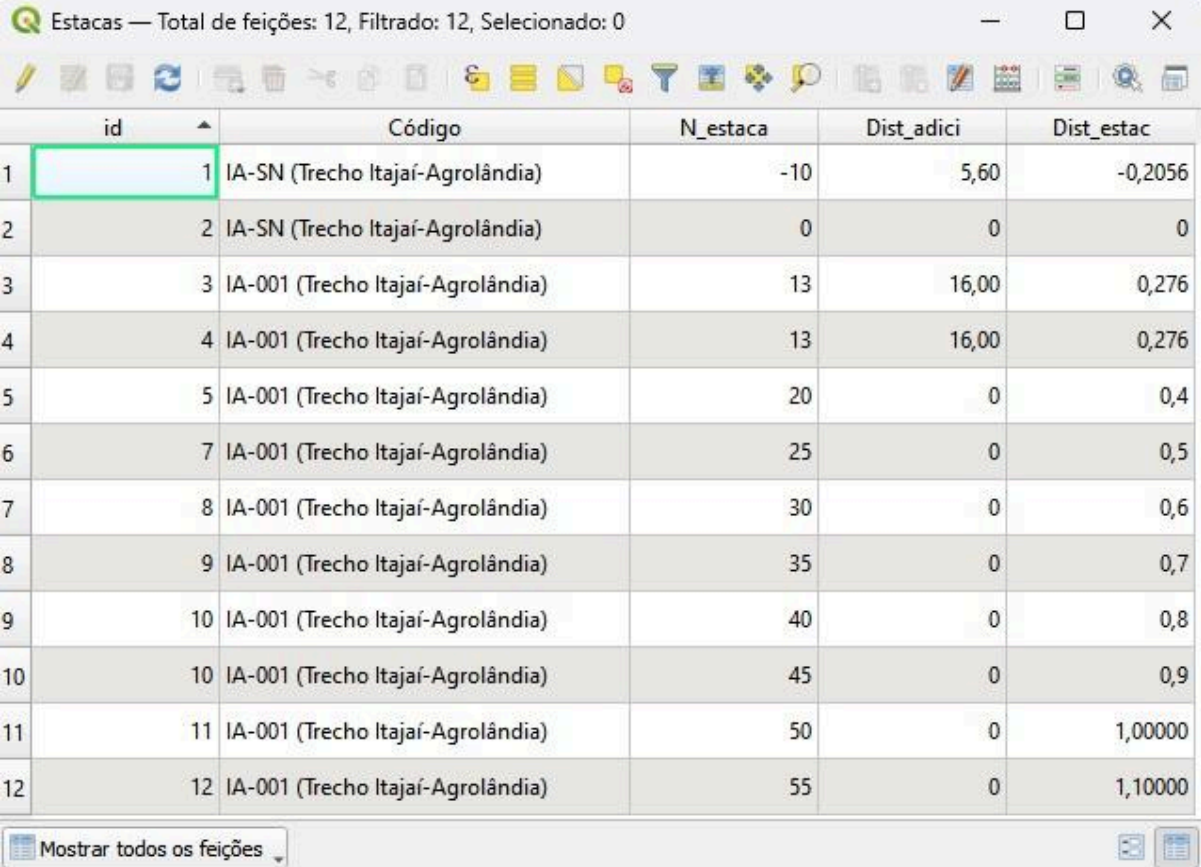
	Campo	Descrição	Tipo	Comprimento	Precisão
Estaca (Ponto)	Código	Abreviatura do trecho da ferrovia e o número da planta cadastral. Ex: IA-001 (Trecho Itajaí-Agrolândia)	Texto	100	-
	N_estaca	Número da estaca	Número inteiro	10	-
	Dist_adicional	Distância adicional em metros	Número decimal	10	2
	Dist_estaca	Distância em quilômetros da estaca a partir do ponto de origem da ferrovia	Número decimal	10	5
Eixo central da ferrovia (Linha)	Código	Abreviatura do trecho da ferrovia e o número da planta cadastral. Ex: IA-001 (Trecho Itajaí-Agrolândia)	Texto	100	-
	Comprimento (m)	Comprimento em metros do eixo central da ferrovia entre duas estacas.	Número decimal	10	2

Fonte : (OSAKO et al., 2023)

Segundo Osako et al., (2023), a tabela de atributos da camada vetorial de localização das estacas, representada pela geometria ponto, inclui dados como o código de identificação da planta cadastral, o número da estaca, a distância adicional da estaca em metros e a distância em quilômetros a partir da origem da ferrovia (Figura 13). Já a camada vetorial do eixo central da ferrovia, com geometria

de linha, contém informações sobre o código de identificação da planta cadastral da extinta RFFSA e o comprimento, em metros, do segmento (Figura 14).

Figura 13 - Tabela de atributos referente a camada vetorial (tipo ponto) de localização das estacas.



id	Código	N_estaca	Dist_adici	Dist_estac
1	1 IA-SN (Trecho Itajaí-Agrolândia)	-10	5,60	-0,2056
2	2 IA-SN (Trecho Itajaí-Agrolândia)	0	0	0
3	3 IA-001 (Trecho Itajaí-Agrolândia)	13	16,00	0,276
4	4 IA-001 (Trecho Itajaí-Agrolândia)	13	16,00	0,276
5	5 IA-001 (Trecho Itajaí-Agrolândia)	20	0	0,4
6	7 IA-001 (Trecho Itajaí-Agrolândia)	25	0	0,5
7	8 IA-001 (Trecho Itajaí-Agrolândia)	30	0	0,6
8	9 IA-001 (Trecho Itajaí-Agrolândia)	35	0	0,7
9	10 IA-001 (Trecho Itajaí-Agrolândia)	40	0	0,8
10	10 IA-001 (Trecho Itajaí-Agrolândia)	45	0	0,9
11	11 IA-001 (Trecho Itajaí-Agrolândia)	50	0	1,00000
12	12 IA-001 (Trecho Itajaí-Agrolândia)	55	0	1,10000

Fonte: Autora (2024)

Figura 14 - Tabela de atributos referente à camada vetorial (tipo linha) de localização do eixo central da ferrovia.

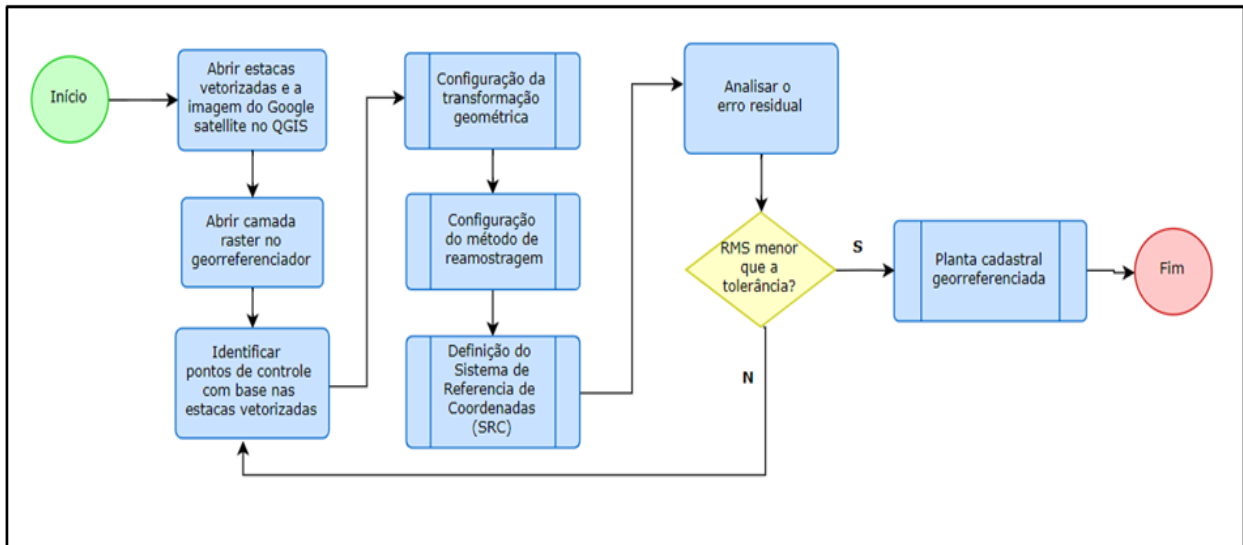
	id	Código	Compriment
1	1	IA-SN (Trecho It...	202,00
2	2	IA-SN (Trecho It...	277,00
3	3	IA-001 (Trecho l...	NULL
4	4	IA-001 (Trecho l...	124,00
5	6	IA-001 (Trecho l...	100,00
6	7	IA-001 (Trecho l...	100,00
7	8	IA-001 (Trecho l...	100,00
8	9	IA-001 (Trecho l...	100,00
9	9	IA-001 (Trecho l...	100,00
10	10	IA-001 (Trecho l...	100,00
11	11	IA-001 (Trecho l...	100,00

Fonte: Autora (2024)

3.3. Georreferenciamento por estacas no programa QGIS

Para iniciar, utilizamos como base cartográfica a imagens de satélite da *Esri Imagery* disponibilizada pelo *plugin HCMGIS*, que possui uma escala aproximada e mais detalhada e as do *Google Hybrid* para maior informação sobre as ruas, intercalando as imagens desses dois plugins para a identificação dos pontos de controle. O datum de referência é o *SIRGAS 2000 UTM 22 SUL*. As estacas vetorizadas são adicionadas no espaço de visualização do projeto no QGIS. A ferramenta “Georreferenciador” (localizada na aba “Camada”) é utilizada em todo o processo de georreferenciamento. As principais etapas do georreferenciamento por estacas são descritas no fluxograma a seguir (Figura 15):

Figura 15 - Fluxograma para o georreferenciamento das plantas cadastrais da extinta RFFSA por estacas no programa QGIS.

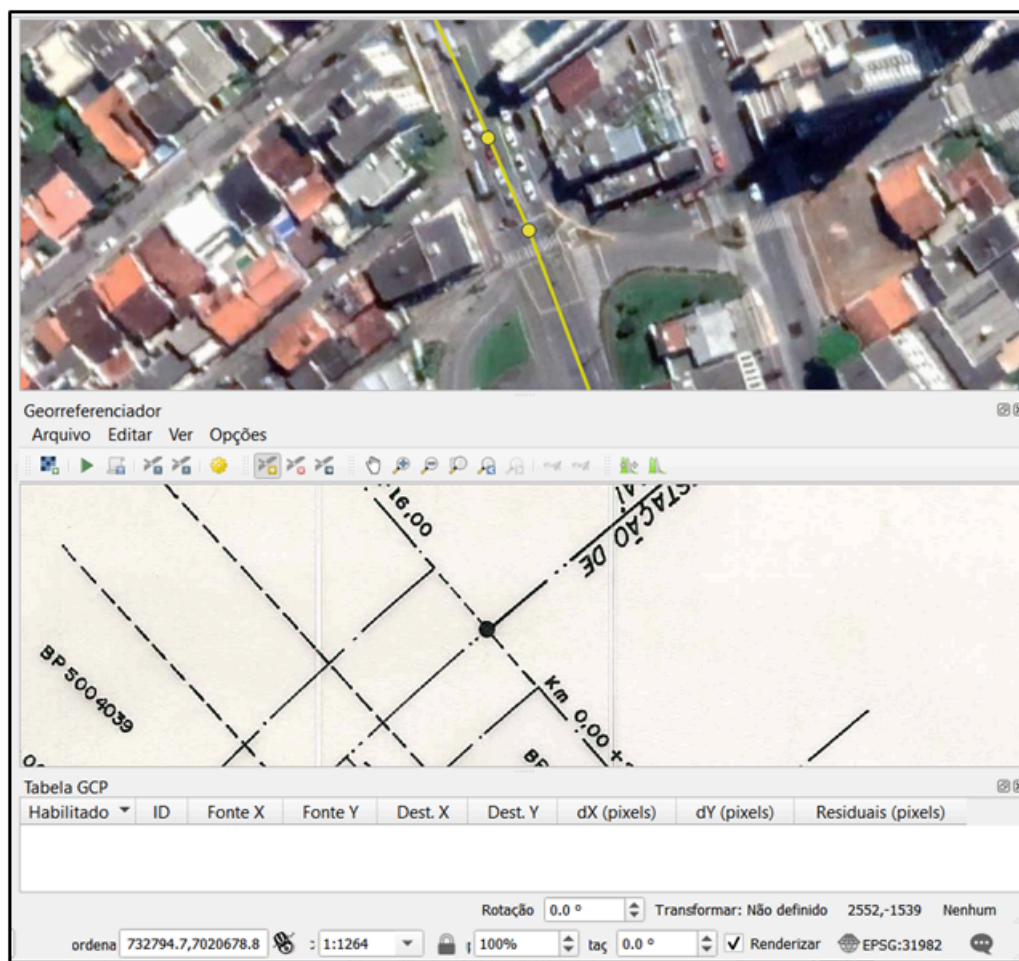


Fonte : OSAKO et al. (2023)

3.4. Inserção das coordenadas X e Y com base na localização das estacas vetorizadas

No georreferenciamento, segundo Osako *et al.*, (2023), a localização da estaca vetorizada é usada como ponto de controle para inserir o par de coordenadas X e Y. Primeiro, o ponto de controle (estaca) é identificado na planta cadastral não georreferenciada (Figura 16). Em seguida, com a ferramenta “Introduza as coordenadas do mapa/A partir da tela do mapa”, a estaca vetorizada é identificada sobre a imagem de satélite. Os campos “X/Leste” e “Y/Norte” são preenchidos automaticamente com as coordenadas X e Y ((E ; N, UTM 22 sul). O ponto de controle inserido é representado por um círculo vermelho e listado na tabela GCP (Ground Control Point – Ponto de Controle). Na sequência, são adicionados outros pontos de controle, continuando o processo de georreferenciamento.

Figura 16 - Uso das estacas vetorizadas para identificação e adição de pontos de controle na planta cadastral.

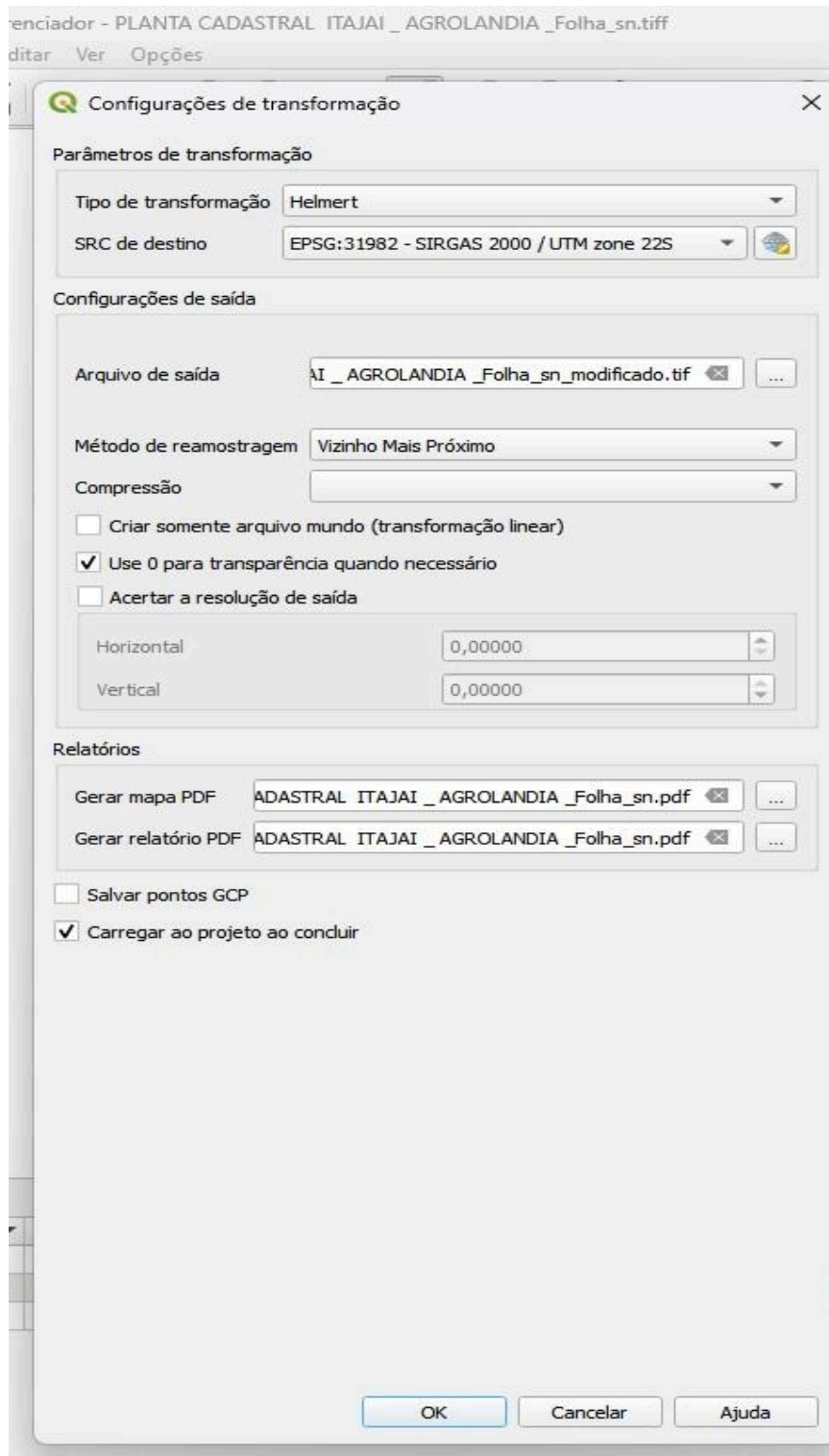


Fonte : OSAKO et al. (2023)

3.5. Configuração da transformação geométrica, reamostragem e sistema de referência de coordenadas

Após a identificação dos pontos de controle, são definidos os parâmetros de transformação geométrica (Helmert ou Polinomial 1), reamostragem (método de interpolação vizinho mais próximo) e o sistema de referência de coordenadas (SRC) para o georreferenciamento da planta cadastral (Watson, 2006; Figueiredo et al., 2017) (Figura 17). Segundo Watson (2006), a transformação de Helmert é utilizada na geodésia - ciência da medição e mapeamento da superfície da Terra - e refere-se à transformação das coordenadas de um conjunto de pontos em relação a uma superfície de referência, para alinhá-los a outra superfície. Esse processo envolve rotação, escala e translação das coordenadas. Para transformação Polinomial 1, mantêm-se todos os outros parâmetros, alterando apenas o tipo de transformação.

Figura 17 - Parâmetros de transformação geométrica (Helmert)



Fonte: Autora (2024)

3.6. Análise do erro residual

A Tabela GCP mostra os valores de deslocamento nos eixos X e Y, o erro residual de cada ponto de controle e o cálculo da raiz do erro quadrático médio (Root Mean Square - RMS)². Para verificar a qualidade do georreferenciamento, analisam-se primeiro os erros residuais, que não podem ultrapassar 1,5 vezes o valor do RMS. Caso o erro residual exceda esse limite, o ponto de controle deve ser descartado.

De acordo com SPU (2019) o valor da tolerância em metros é calculado multiplicando o RMS médio pelo tamanho do pixel, em metros, do produto cartográfico analisado. A informação sobre o tamanho do pixel é obtida em “Propriedades da Camada” no QGIS. Se o valor de tolerância do RMS ultrapassar o valor estabelecido para o produto cartográfico, novos pontos de controle devem ser identificados para o georreferenciamento (SPU, 2019) (Tabela 2). Após a análise da tolerância do RMS, o georreferenciamento é realizado com os parâmetros definidos nas etapas anteriores, e o resultado visualizado na área de trabalho do QGIS (Figuras 18 e 19). O erro é em relação ao material da SPU e não um erro absoluto.

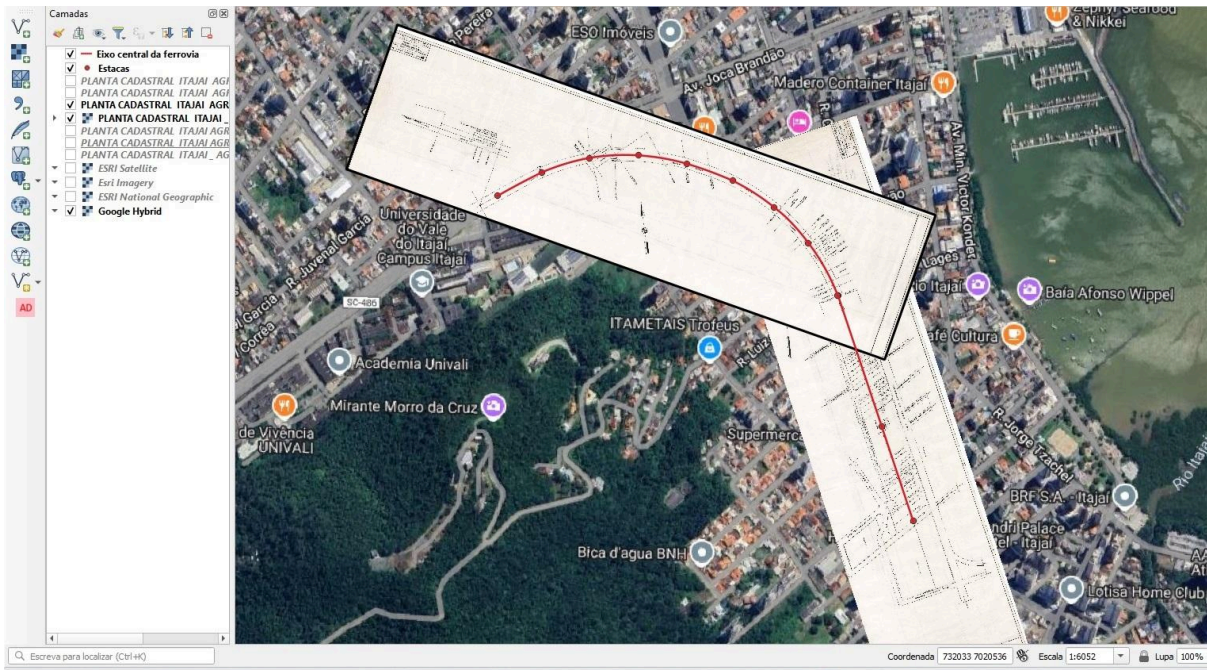
Tabela 2 - Valor de tolerância da raiz do erro quadrático médio (RMS) com base na escala do produto cartográfico.

Escala	1:1.000	1:2.000	1:5.000	1:10.000	1:25.000	1:50.000	1:100.000	1:250.000
Tolerância (m)	0,4	0,7	1,8	3,5	8,8	17,5	35,1	87,7

Fonte: SPU (2019)

² O RMS, sigla em inglês de root mean square (erro médio quadrático), é o parâmetro relacionado à qualidade do georreferenciamento e significa a raiz quadrada da média aritmética dos quadrados dos valores dos resíduos dos pontos de controle. (SPU, 2019)

Figura 18 - Visualização das plantas cadastrais (SN e 001) georreferenciadas sobre imagem de satélite do Google Hybrid (2024).



Fonte: Autora (2024).

Figura 19 - Visualização das plantas cadastrais (SN-005) georreferenciadas sobre imagem de satélite do Google Hybrid (2024).



Fonte: Autora (2024).

8) Resultados e produtos gerados durante o estágio

No presente trabalho, foi realizado o georreferenciamento de 06 plantas cadastrais de escala 1:1.000, identificadas pelas siglas IA-sn, IA-001, IA-002, IA-003, IA-004 e IA-005 ao longo do trecho ferroviário Itajaí-Agrolândia (IA), localizado no estado de Santa Catarina (Figura 20). Devido a sua escala de 1:1.000, cada planta cadastral da extinta RFFSA traz a representação de pelo menos duas estacas a cada 1 km ao longo da linha férrea. Nesse contexto, foram identificadas e vetorizadas no total 33 estacas nas 6 plantas cadastrais analisadas neste estudo.

Figura 20 - Plantas cadastrais georreferenciadas com base em estacas.



Fonte: Autora (2024).

As plantas cadastrais IA-sn, IA-002, IA-003, IA-004 e IA-005 destacam 03, 04, 06, 07, 04 estacas, respectivamente, alinhadas ao longo do eixo central da ferrovia (Tabela 3). Para o georreferenciamento foi aplicada a transformação geométrica Helmert e a reamostragem vizinho mais próximo, devido à identificação de pelo menos 03 pontos de controle alinhados ao longo do eixo central da ferrovia. As plantas cadastrais IA-sn, IA-002, IA-003, IA-004 e IA-005 georreferenciadas apresentaram valores de RMS de 0,047m; 0,065m; 0,039m; 0,049m e 0,049m, e

valores de tolerância de 0,007m; 0,10m; 0,006m; 0,008m e 0,008m respectivamente. Tais valores de tolerância estão abaixo dos valores estabelecidos para o produto cartográfico confeccionado na escala 1:1.000, cujo valor de tolerância é 0,4m (Figuras 21, 23, 24, 25 e 26).

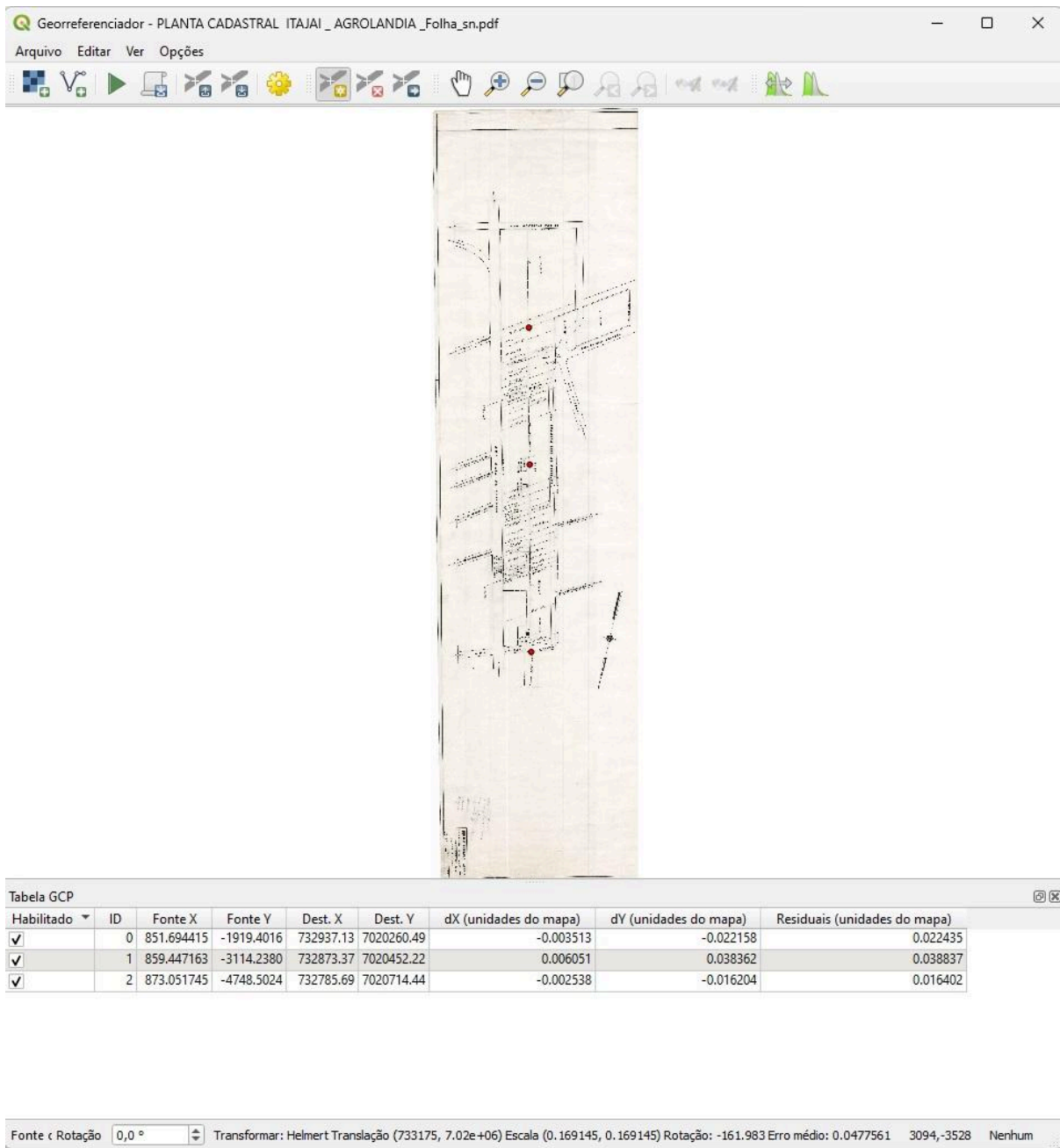
Já planta cadastral IA-001 demonstra um trecho curvilíneo da ferrovia e a distribuição geográfica de pelo menos 09 estacas localizadas a 1 km e a 100 m de distância, além de estacas em intersecção de rua com a via férrea, como o caso da rua Uruguai (EST 45) (Figura 12). A transformação geométrica aplicada na planta cadastral IA-001 foi o polinômio de grau 1 e a reamostragem vizinho mais próximo com base na metodologia de georreferenciamento de produtos cartográficos da SPU (2019). O georreferenciamento a partir dos 09 pontos de controle resultou em RMS igual a 0,064; m e valor de tolerância de 0,010m, abaixo de 0,4 m para a planta cadastral IA-001, elaborada na escala 1:1.000 (Figura 22).

Tabela 3 - Definição dos parâmetros para o georreferenciamento de 06 plantas cadastrais e os valores de RMS e de tolerância obtidos.

Plantas Cadastrais	Quantidade de Estacas	Escala	Transformação Geométrica	Reamostragem	Resolução Espacial (m)	RMS (m)	Valor de Tolerância (m)
IA-sn	3	1:1.000	Helmert	Vizinho mais próximo	0,169	0,047	0,007
IA-001	9	1:1.000	Polinômio de grau 1		0,169	0,064	0,010
IA-002	4	1:1.000	Helmert		0,169	0,065	0,010
IA-003	6	1:1.000	Helmert		0,169	0,039	0,006
IA-004	7	1:1.000	Helmert		0,169	0,049	0,008
IA-005	4	1:1.000	Helmert		0,169	0,049	0,008

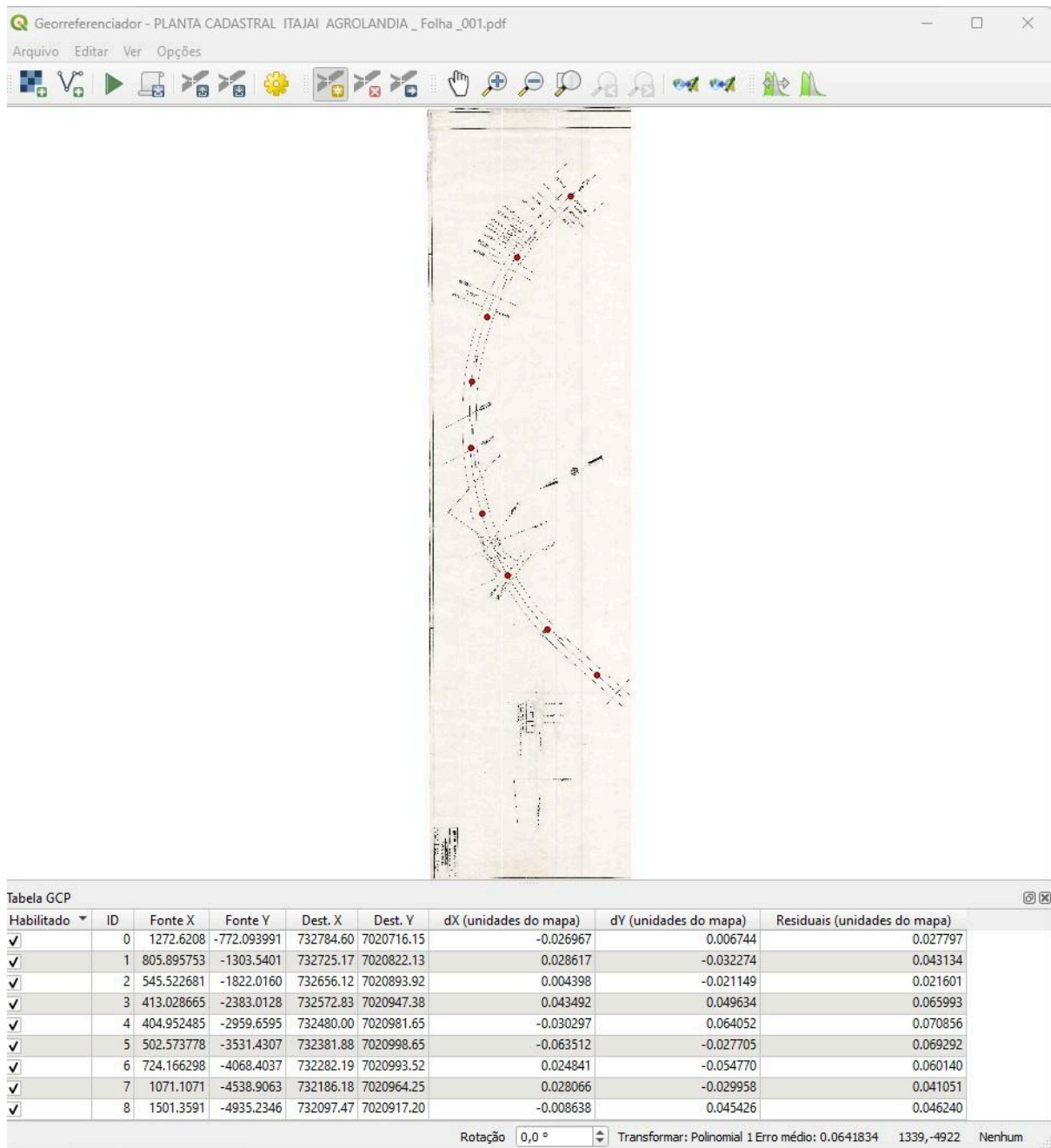
Fonte: Autora (2024)

Figura 21 - Pontos de controle da Planta Cadastral Itajai-Agrolândia_Folha_SN.



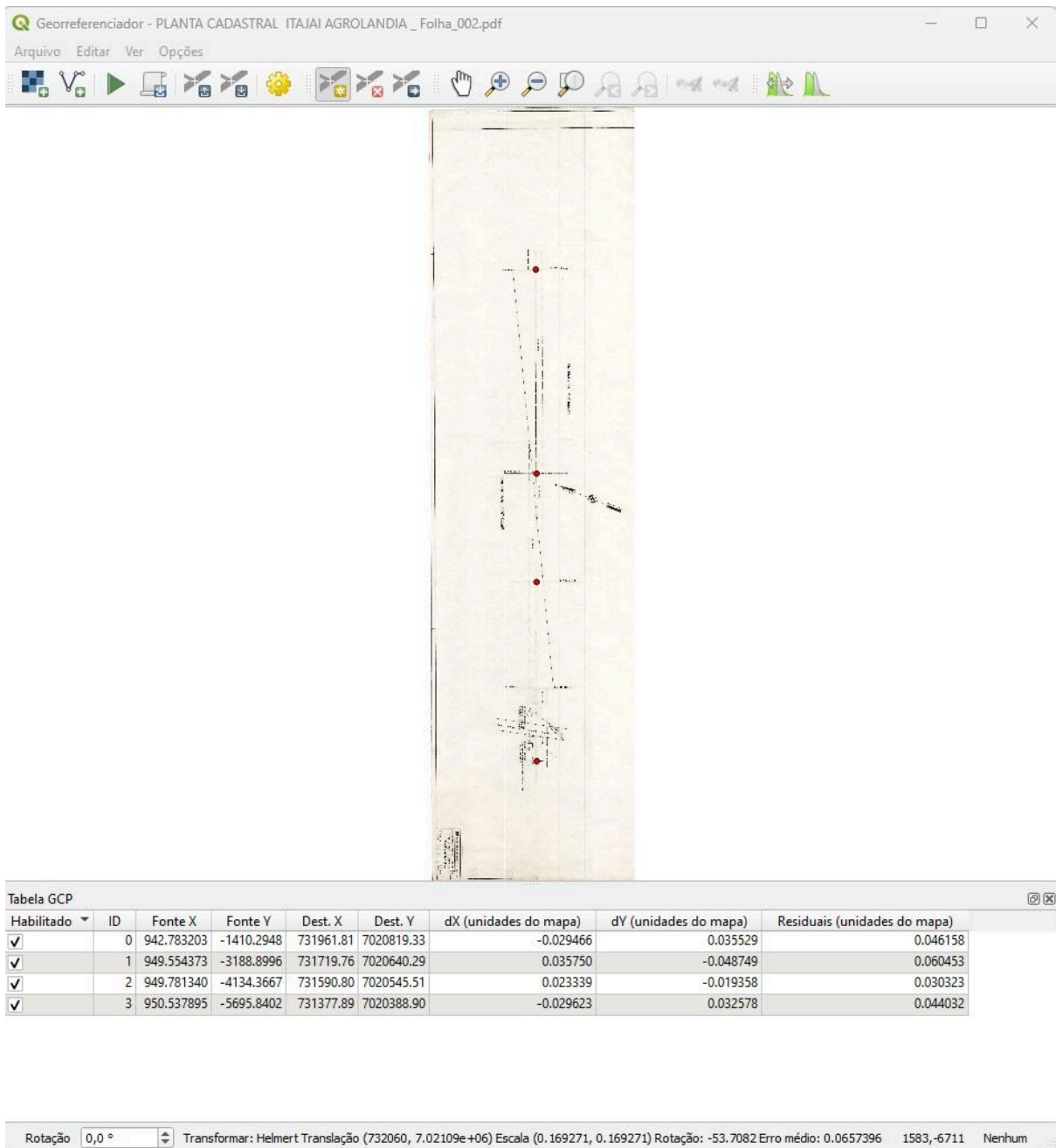
Fonte: Autora (2024)

Figura 22 - Pontos de controle e tabela GCP da Planta Cadastral Itajaí-Agrolândia_Folha_001.



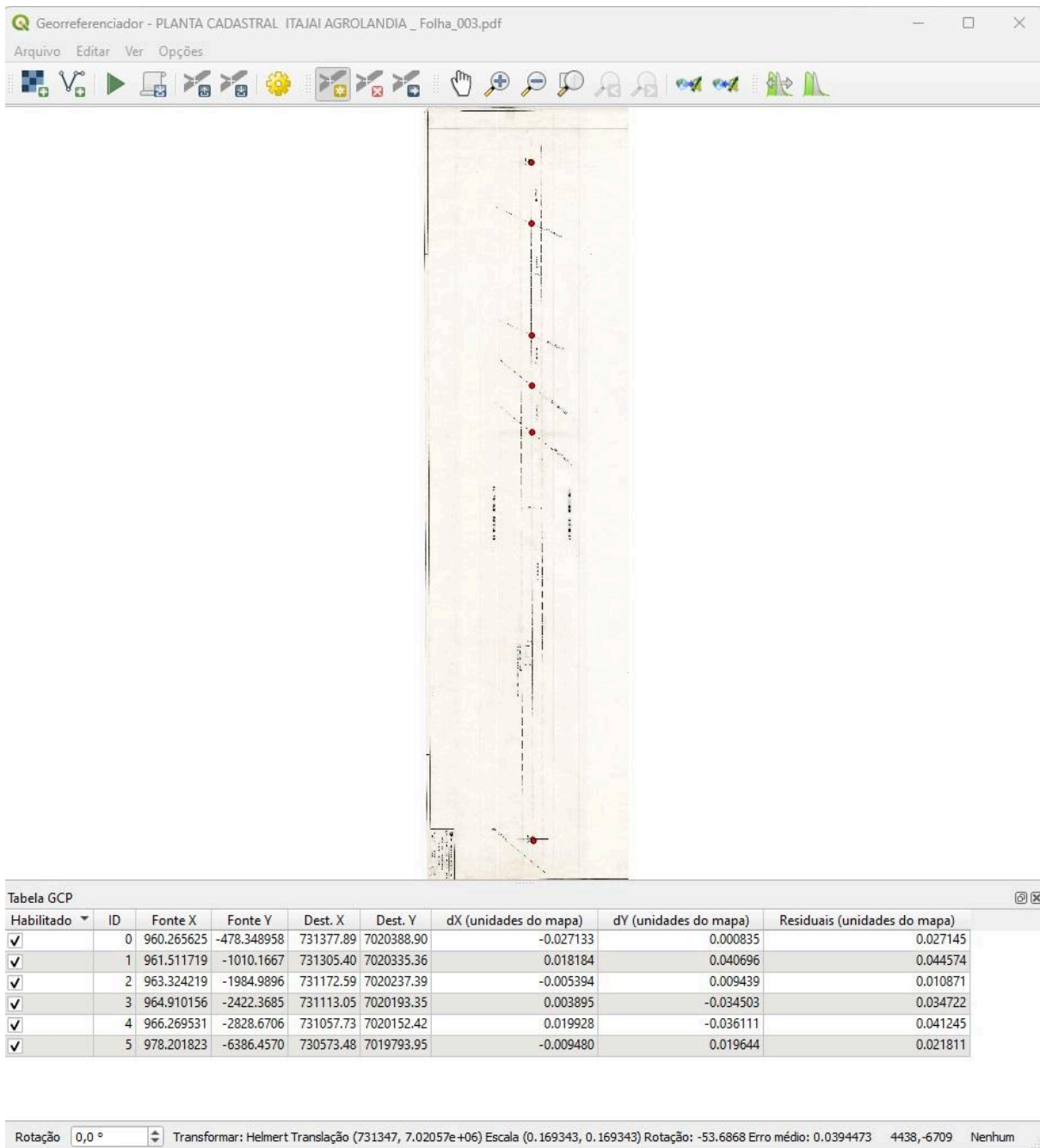
Fonte: Autora (2024)

Figura 23 - Pontos de controle e tabela GCP da Planta Cadastral Itajai-Agrolândia_Folha_002.



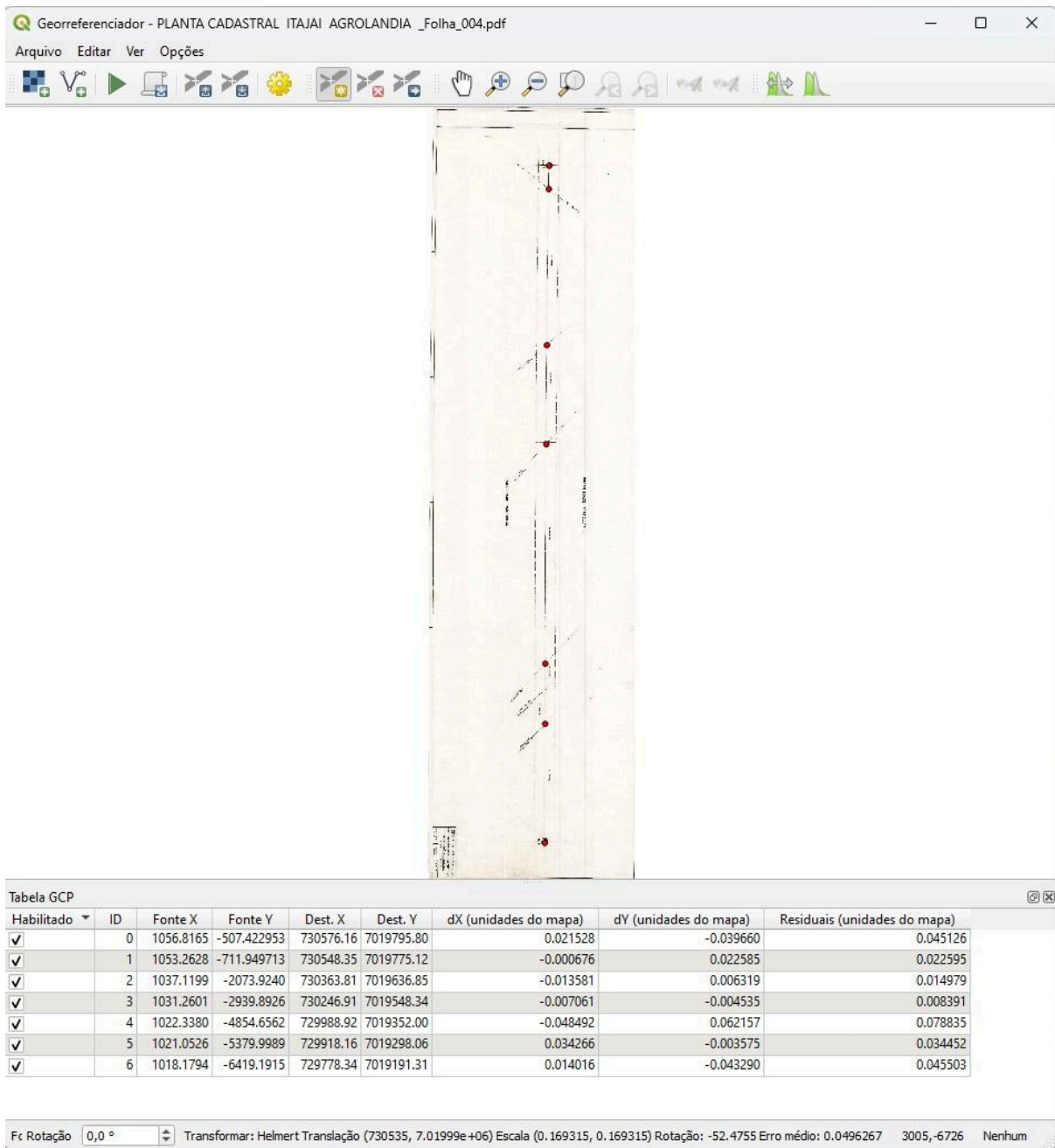
Fonte: Autora (2024)

Figura 24 - Pontos de controle e tabela GCP da Planta Cadastral Itajai-Agrolândia_Folha_003.



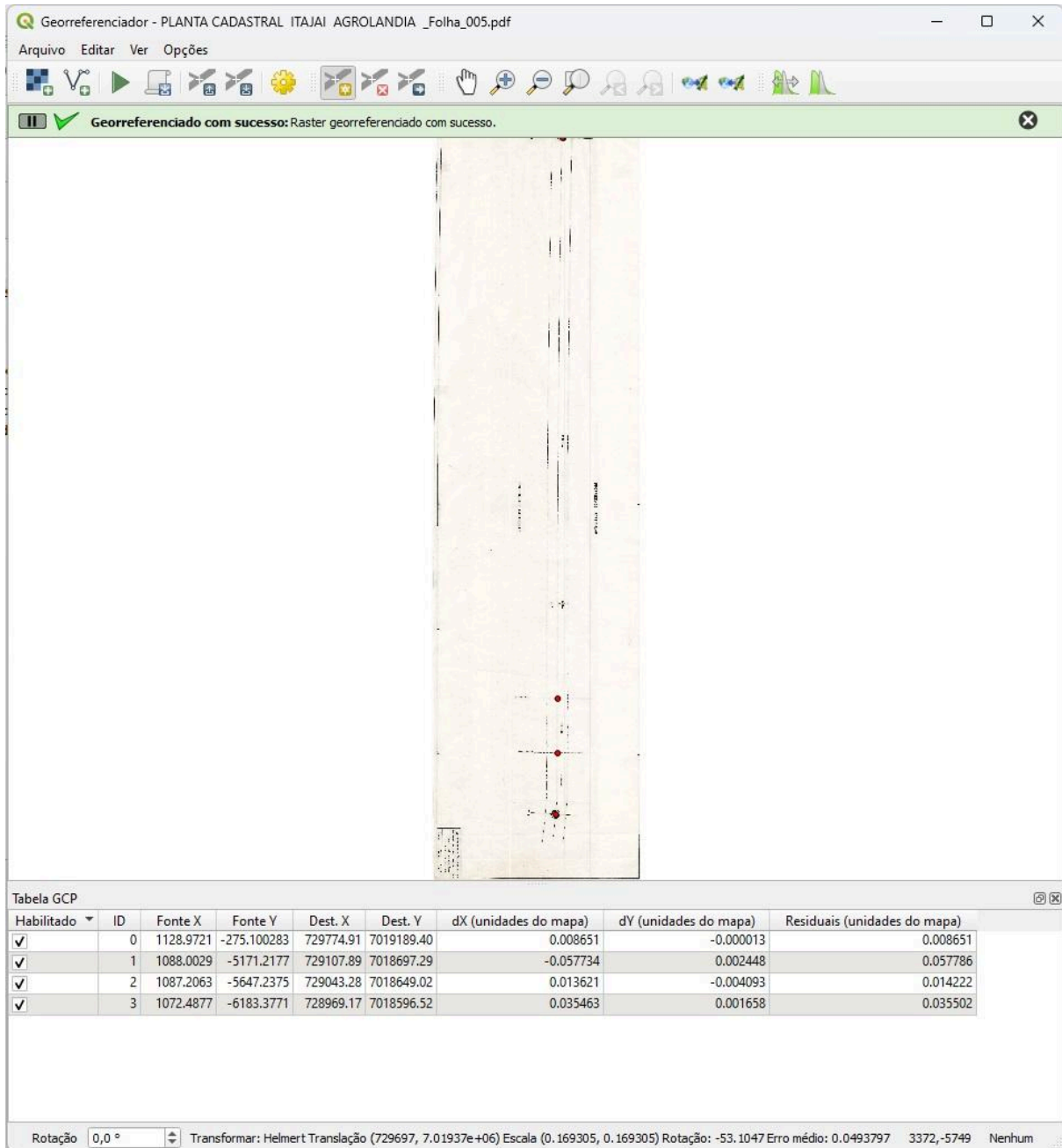
Fonte: Autora (2024)

Figura 25 - Pontos de controle e tabela GCP da Planta Cadastral Itajaí-Agrolândia_Folha_004.



Fonte: Autora (2024)

Figura 26 - Pontos de controle e tabela GCP da Planta Cadastral Itajai-Agrolândia_Folha_005.



Fonte: Autora (2024)

Considerações Finais

No presente trabalho, foi realizado o georreferenciamento de 06 plantas cadastrais de escala 1:1.000, identificadas pelas siglas IA-sn, IA-001, IA-002, IA-003, IA-004 e IA-005 ao longo do trecho ferroviário Itajaí-Agrolândia (IA), localizado no estado de Santa Catarina (Figura 20). Devido a sua escala de 1:1.000, cada planta cadastral da extinta RFFSA traz a representação de pelo menos duas estacas a cada 1 km ao longo da linha férrea. Nesse contexto, foram identificadas e vetorizadas no total 33 estacas nas 6 plantas cadastrais analisadas neste estudo.

Para o georreferenciamento, foi aplicada a transformação geométrica Helmert e a reamostragem vizinho mais próximo devido à identificação de pelo menos três pontos de controle alinhados ao longo do eixo central da ferrovia. As plantas cadastrais IA-sn, IA-002, IA-003, IA-004 e IA-005 destacam 03, 04, 06, 07, 04 estacas, respectivamente, alinhadas ao longo do eixo central da ferrovia (Tabela 3). As plantas cadastrais IA-sn, IA-002, IA-003, IA-004 e IA-005 georreferenciadas apresentaram valores de RMS de 0,047m; 0,065m; 0,039m; 0,049m e 0,049m, e valores de tolerância de 0,007m; 0,10m; 0,006m; 0,008m e 0,008m respectivamente. Tais valores de tolerância estão abaixo dos valores estabelecidos para o produto cartográfico confeccionado na escala 1:1.000, cujo valor de tolerância é 0,4m (Figuras 21, 23, 24, 25 e 26).

Já planta cadastral IA-001 demonstra um trecho curvilíneo da ferrovia e a distribuição geográfica de pelo menos 09 estacas localizadas a 1 km e a 100 m de distância, além de estacas em intersecção de rua com a via férrea, como o caso da rua Uruguai (EST 45) (Figura 12). A transformação geométrica aplicada na planta cadastral IA-001 foi o polinômio de grau 1 e a reamostragem vizinho mais próximo com base na metodologia de georreferenciamento de produtos cartográficos da SPU (2019). O georreferenciamento a partir dos 09 pontos de controle resultou em RMS igual a 0,064; m e valor de tolerância de 0,010m, abaixo de 0,4 m para a planta cadastral IA-001, elaborada na escala 1:1.000 (Figura 22).

Foi constatado que o georreferenciamento da planta cadastral com base em estacas deve ser iniciado com o produto cartográfico com o maior número de estacas identificadas e/ou de referências adjacentes, como ruas, que ajudem a situar a planta cadastral a ser georreferenciada e a vetorizar as estacas e o eixo central, representados respectivamente pelas primitivas geográficas ponto e linha. E assim, a partir da planta cadastral inicial as plantas subsequentes devem ser interligadas pelas estacas.

A ausência da representação da grade de coordenadas geográficas ou projetadas, a falta de referências e informações e número reduzido de pontos de controle na maioria das plantas foram os principais problemas identificados no processo de georreferenciamento de plantas cadastrais da extinta RFFSA. No entanto, com a implementação da metodologia proposta de georreferenciamento de plantas cadastrais por estacas foi possível obter resultados satisfatórios quanto à precisão do georreferenciamento, mesmo em plantas cadastrais com apenas 03 ou 04 pontos de controle alinhados.

A transformação geométrica Helmert forneceu melhor precisão no georreferenciamento das plantas cadastrais com pelo menos 03 pontos de controle alinhados. Em relação a planta cadastral com um número maior de pontos de controle (9) distribuídos em um trecho curvilíneo, a transformação geométrica polinômio de grau 1 forneceu uma precisão melhor para o georreferenciamento do produto cartográfico. Os resultados demonstraram que os valores de RMS estão dentro do limite de tolerância para as plantas cadastrais com escala 1:1.000, georreferenciadas por diferentes transformações geométricas (Helmert e polinômio de grau 1).

Por fim, a metodologia de georreferenciamento por estacas, sendo este um resultado dentro das normas da SPU, mostrou-se de fácil implementação em plantas cadastrais sem grade de coordenadas, mas com estaqueamento ao longo do eixo central da ferrovia, e também garantiu uma precisão adequada confirmando-se como uma abordagem prática para as plantas cadastrais da extinta RFFSA.

Referências Bibliográfica

ABPF - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRESERVAÇÃO FERROVIÁRIA. Trem do Vale Europeu - EFSC - 2024. Disponível em: <https://www.passeiosdetrem.com.br/viagens/trem-do-vale-europeu-efsc-2024>. Acesso em: 18 set. 2024.

BRASIL. Lei nº 11.483, de 31 de maio de 2007. Dispõe sobre a revitalização do setor ferroviário, altera dispositivos da Lei nº 10.233, de 5 de junho de 2001. Brasília, DF, 2007. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11483.htm. Acesso em: 18 set. 2024.

CRUZ, C.B.M., BARROS, R.S., COELHO, R.C.S., MARQUES, J.V. F.P.A., NASCIMENTO, L.L., MATOS, M.S., VIÉGAS, V.S., SOUSA, E.M.F.R., DUARTE, G.S., SILVA, I.A., VIANA, J.V.R., Co, J.C.V., MENEZES, D.J., & SAMPAIO, C.S. **O desafio do georreferenciamento de cartas antigas em escala cadastral em apoio à estruturação de uma base de dados geoespaciais - Estudo de caso para o município do Rio de Janeiro**. Revista Tamoios, São Gonçalo, v. 17, n. 2, 2021. DOI: 10.12957/tamoios.2021.56122. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/tamoios/article/view/56122>. Acesso em: 22 nov. 2024.

ESTAÇÕES FERROVIÁRIAS DO BRASIL. **Estrada de Ferro de Santa Catarina**. Disponível em: <http://www.estacoesferroviarias.com.br/efsc/indice.htm>. Acesso em: 18 set. 2024.

ESRI. ESRI Imagery. ESRI Satellite, 2024. Disponível em: <https://www.esri.com/pt-br/home>. Acesso em: 18 set. 2024.

FIGUEIREDO, C. C.; GUIMARÃES, R. F.; DE MENEZES, P. M. L.; DE CARVALHO JUNIOR, O. A.; DA SILVA, L. F. C. F. **Avaliação dos diferentes métodos de transformação para georreferenciar documentos cartográficos de 1812 e 1906 do Rio de Janeiro**. Confins, 32, 2017. DOI: 10.4000/confins.12265. Disponível em: <https://doi.org/10.4000/confins.12265>. Acesso em: 22 nov. 2024.

GOOGLE EARTH PRO. Google Earth, 2024. Disponível em: <https://earth.google.com/>. Acesso em: 18 set. 2024.

IPHAN - INSTITUTO DO PATRIMÔNIO HISTÓRICO E ARTÍSTICO NACIONAL. IPHAN. Todos os direitos reservados, 2014. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/611/>. Acesso em: 18 set. 2024.

IPHAN. **Manual técnico do Patrimônio Ferroviário**. 88 p. Brasília, 2010. Disponível em: http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Manual_tecnico_patrimonio_ferroviario.pdf. Acesso em: 27 set. 2024.

OSAKO, L. S.; OLIVEIRA JUNIOR, J.; FREITAS, A. F.; VITA, A. A. **Georreferenciamento de plantas cadastrais da extinta Rede Ferroviária Federal S/A por Estacas**. In: VII Workshop RIDOT, 2023, Curitiba. Ebook VII Workshop RIDOT: O ordenamento territorial no contexto das mudanças climáticas: oportunidades para o desenvolvimento territorial sustentável, 2023. p. 115-116.

QGIS. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project, 2024. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. Acesso em: 18 set. 2024.

SPU - SECRETARIA DE COORDENAÇÃO E GOVERNANÇA DO PATRIMÔNIO DA UNIÃO. **Planta cadastral da RFFSA**. Trecho Itajaí-Agrolândia, folha sem número, escala 1/1.000, 1985.

SPU. **Metodologia de conversão de dados geoespaciais da SPU**. Capítulo georreferenciamento. Ministério do Planejamento, 24 p., 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/economia/pt-br/assuntos/patrimonio-da-uniao/geoinformacao/normas-e-padroes-1/MetodologiaDeConversodeDadosCaptuloGeorreferenciamentov2.2.pdf>. Acesso em: 18 set. 2024.

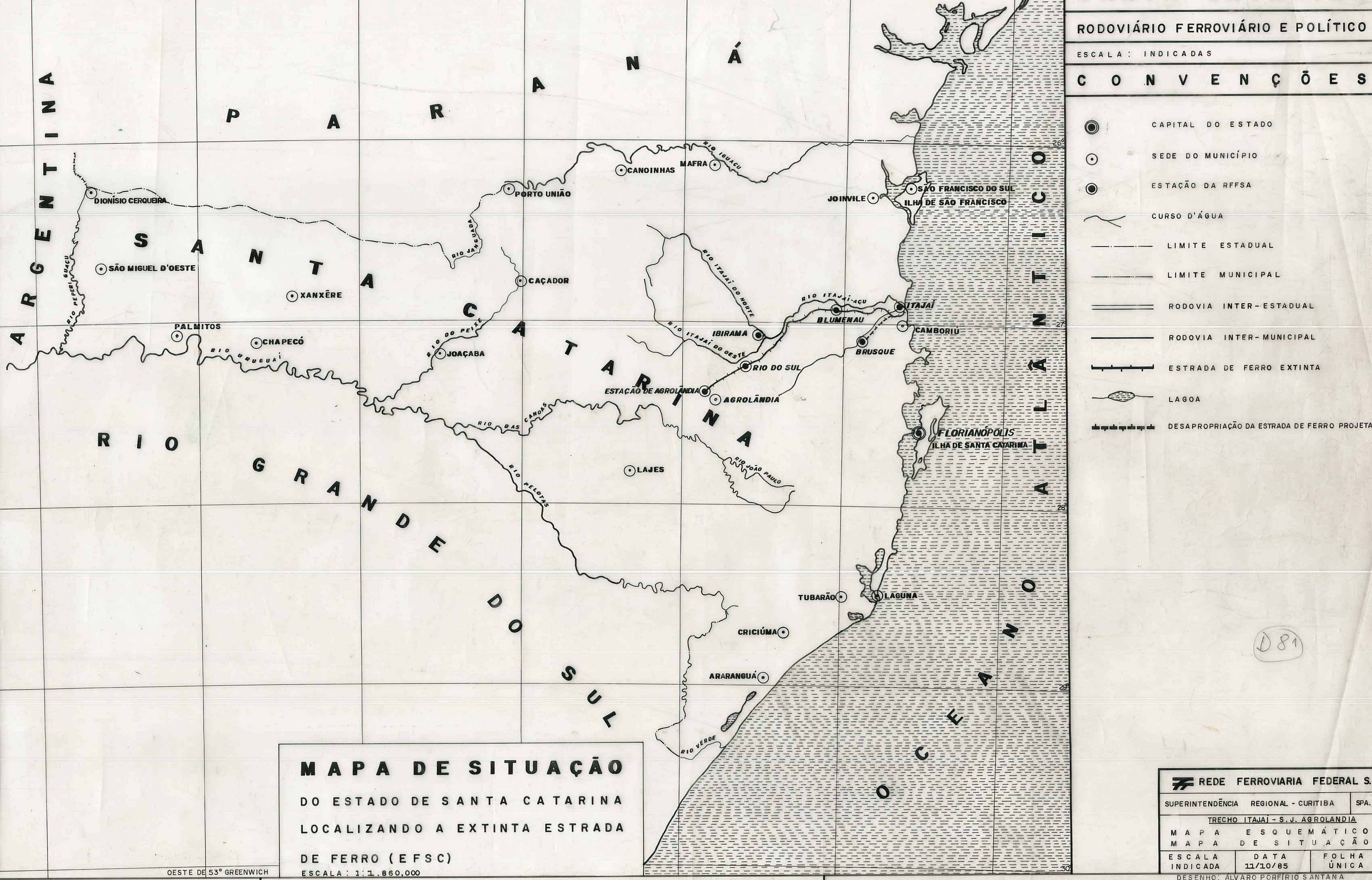
WATSON, G. A. **Computing Helmert transformations**. Journal of Computational and Applied Mathematics, v. 197, p. 387-394, 2006. DOI: 10.1016/j.cam.2005.06.047. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cam.2005.06.047>. Acesso em: 18 set. 2024.

WITTMANN, Angelina C. R. **A ferrovia no Vale do Itajaí**. Dissertação (Mestrado em Urbanismo, História e Arquitetura da Cidade) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/91821>. Acesso em: 20 de nov de 2024.

ANEXOS

MAPA ESQUEMÁTICO
DA LINHA ITAJAÍ - SÃO JOÃO DA AGROLÂNDIA
COM RESPECTIVO RAMAIS DE IBIRAMA E BRUSQUE

ESCALA : 1 : 250.000



MAPA DE SITUAÇÃO
DO ESTADO DE SANTA CATARINA
LOCALIZANDO A EXTINTA ESTRADA
DE FERRO (EFSC)
ESCALA : 1 : 1.860.000

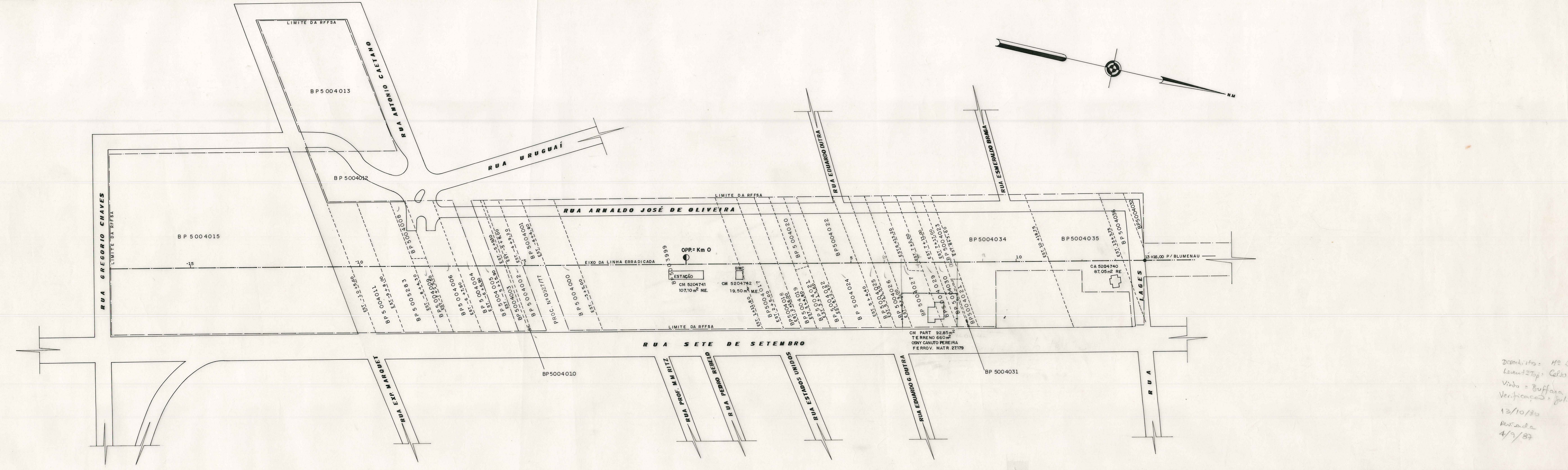
SANTA CATARINA
RODOVIÁRIO FERROVIÁRIO E POLÍTICO

ESCALA : INDICADAS

CONVENÇÕES

- CAPITAL DO ESTADO
- SEDE DO MUNICÍPIO
- ⊙ ESTAÇÃO DA RFFSA
- CURSO D'ÁGUA
- LIMITE ESTADUAL
- LIMITE MUNICIPAL
- == RODOVIA INTER-ESTADUAL
- RODOVIA INTER-MUNICIPAL
- ESTRADA DE FERRO EXTINTA
- LAGOA
- DESAPROPRIAÇÃO DA ESTRADA DE FERRO PROJETADA

REDE FERROVIÁRIA FEDERAL S.A.		
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL - CURITIBA	SPA.5	
TRECHO ITAJAÍ - S. J. AGROLÂNDIA		
MAPA ESQUEMÁTICO		
MAPA DE SITUAÇÃO		
ESCALA INDICADA	DATA	FOLHA ÚNICA
	11/10/85	
DESENHO: ALVARO PORFÍRIO SANTANA		



Desenhista: H. Lucia
 Levant. Top: Celso M. Tavares
 Visto: Buffana
 Verificacao: Julio W. W. W.
 13/10/80
 Revisada
 4/9/87

REDE FERROVIARIA FEDERAL S.A.		
SUPERINTENDENCIA REGIONAL - CURITIBA	SPA. 5	
TRECHO ITAJAI - S. J. AGRICOLA		
PLANTA CADASTRAL		
ESCALA	DATA	FOLHA
1:1000	11/10/85	