

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEODÉSIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CARTOGRÁFICA E DE AGRIMENSURA

Cecília Peixoto Mössner

**PLANEJAMENTO, MODELAGEM E IMPLEMENTAÇÃO DA REDE GEOMÉTRICA
NO CADASTRO DE ESGOTO PLUVIAL DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE**

PORTO ALEGRE

2021

Cecília Peixoto Mössner

**PLANEJAMENTO, MODELAGEM E IMPLEMENTAÇÃO DA REDE GEOMÉTRICA
NO CADASTRO DE ESGOTO PLUVIAL DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE**

Trabalho de conclusão de curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura apresentado na forma de monografia ao Departamento de Geodésia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia Cartográfica e Agrimensura.

Orientadora: Prof^a Dra. Andrea Lopes
lescheck

PORTO ALEGRE

2021

Cecília Peixoto Mössner

**PLANEJAMENTO, MODELAGEM E IMPLEMENTAÇÃO DA REDE GEOMÉTRICA
NO CADASTRO DE ESGOTO PLUVIAL DO MUNICÍPIO DE PORTO ALEGRE**

Trabalho de conclusão de curso de apresentado ao Departamento de Geodésia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia Cartográfica e Agrimensura.

Orientadora: Prof^a Dra. Andrea Lopes Iescheck

Porto Alegre, 10 de dezembro de 2021.

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a Dra. Andrea Lopes Iescheck - Orientadora

Prof^a Dra. Flávia Cristiane Farina - Examinadora

Prof^a Dra. Patrícia Andréia Paiola Scalco - Examinadora

CIP - Catalogação na Publicação

Mössner, Cecília Peixoto
PLANEJAMENTO, MODELAGEM E IMPLEMENTAÇÃO DA REDE
GEOMÉTRICA NO CADASTRO DE ESGOTO PLUVIAL DO MUNICÍPIO
DE PORTO ALEGRE / Cecília Peixoto Mössner. -- 2021.
55 f.
Orientadora: Andrea Lopes Iescheck.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Geociências, Curso de Engenharia Cartográfica,
Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. Esgoto Pluvial. 2. SIG. 3. Cadastro. 4. Rede
Geométrica. 5. Banco de Dados Geográfico. I. Iescheck,
Andrea Lopes, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Gustavo, meu namorado, que foi minha fortaleza durante essa caminhada, me apoiando nos momentos que eu mais precisei e exaltando as minhas qualidades.

À minha mãe, Clarice, que fez o impossível para proporcionar a mim e aos meus irmãos uma educação de boa qualidade, confiando sempre na minha capacidade.

À minha terapeuta, Carolina, que me auxiliou a encontrar novamente o rumo da Engenharia Cartográfica, apontando que foi minha escolha de coração.

Ao Lúcio, pela mentoria, parceria e por sempre estimular meu aprendizado.

À Lúcia, por todo o imenso conhecimento e paixão pela drenagem.

Aos meus professores, pelos conhecimentos repassados e em especial minha orientadora, Andrea, por suas intervenções e apoio durante esse projeto.

Às minhas colegas e amigas Elisa, Jeniffer, Luisa, Priscila e Thamys por caminharem junto comigo, ouvindo meus lamentos e me apoiando tecnicamente e principalmente psicologicamente.

E à UFRGS, pela educação pública e de qualidade.

Todos foram essenciais. Obrigada!

RESUMO

Em meio às constantes mudanças estruturais e políticas nos órgãos públicos do município de Porto Alegre, o cadastro de esgoto pluvial, antes responsabilidade do antigo Departamento de Esgotos Pluviais (DEP) passou a ser incumbência do Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE). Os cadastros de água e esgoto sanitário passaram, nos últimos anos, por muitos aperfeiçoamentos, dentre os quais se destaca a implementação da rede geométrica. Ao receber a incumbência do cadastro pluvial, os técnicos do DMAE perceberam um abismo entre a qualidade deste e dos outros cadastros. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi proporcionar um nivelamento de qualidade e nomenclaturas entre os cadastros, remodelando as camadas em SIG (Sistemas de Informação Geográfica) e possibilitando a implementação da rede geométrica. Foi realizado um estudo do funcionamento da rede de drenagem e do cadastro vigente e a partir disso, uma proposta de remodelagem do banco de dados, incluindo a criação de domínios, aplicação de regras para o assistente de atributo e análise topológica. Pode-se perceber, então que houve uma grande limpeza no banco de dados e uma unificação entre os cadastros do departamento, promovendo maior agilidade nas análises e na rotina dos usuários do SIG.

Palavras-chave: Cadastro pluvial. Rede geométrica. SIG.

ABSTRACT

Amidst constant possible changes and policies in public agencies in the city of Porto Alegre, the registration of rainwater, which was the responsibility of the former Department of Storm Sewage (DEP) became the responsibility of the Municipal Department of Water and Sewage (DMAE). In recent years, sanitary water and sewage records have undergone many improvements, among which the implementation of the geometric network stands out. Upon receiving the task of the pluvial record, DMAE technicians perceive a gap between the quality of this and other records. Thus, the objective of this work was to provide a leveling of quality and nomenclature between the registers, remodeling the layers in GIS (Geographic Information Systems) and enabling the implementation of the geometric network. A study of the functioning of the drainage network and the current registry was carried out and, based on that, a proposal for remodeling the database, including the creation of domains, application of rules for the attribute assistant and topological analysis. It can be seen, then, that there was a major cleaning in the database and a unification between the department's records, promoting greater flexibility in the analysis and routine of GIS users.

Keywords: Rainfall register. Geometric network. SIG.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 OBJETIVOS	11
1.1.1 Objetivo Geral	11
1.1.2 Objetivos Específicos	11
1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	12
1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 Normas do DMAE e rotina do cadastro pluvial	14
2.2 Definições dos Elementos da Drenagem	15
2.3 O uso do SIG como apoio na tomada de decisões no planejamento urbano	16
2.4 O uso do SIG como facilitador das rotinas do saneamento	17
2.5 Rede Geométrica	18
2.6 Rede Lógica	19
2.7 Topologia	21
3 RECURSOS HUMANOS E MATERIAIS	23
3.1 RECURSOS HUMANOS	23
3.2 EQUIPAMENTOS E SOFTWARES	23
4 METODOLOGIA	24
4.1 Estudos Preliminares	26
4.2 Análise e Diagnóstico das Camadas Existentes	30
4.3 Remodelagem das Camadas	36
4.4 Criação de Domínios	41
4.5 Criação das Regras do Assistente de Atributo (<i>Attribute Assistant</i>)	43
4.6 Construção da Rede Lógica	45
4.7 Análise Topológica	47
4.8 Elaboração dos Projetos MXD de Impressão e Edição	48
5 CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

A partir do ano de 2017, o governo municipal de Porto Alegre iniciou um processo de reestruturação dos órgãos municipais com o objetivo de equilibrar as finanças do município. Através do Projeto de Lei Complementar 05/17, apresentado em 3 de maio de 2017, que quando aprovado passou a ser a Lei Complementar nº 817, de 30 de agosto de 2017, dezesseis secretarias foram extintas, assim como o Gabinete de Desenvolvimento e Assuntos Especiais (Gades) e o Departamento de Esgotos Pluviais (DEP). Quando a extinção foi aprovada pela câmara de vereadores da cidade, foi estabelecido que, quanto à extinção do DEP, as atribuições do departamento seriam divididas entre a Secretaria Municipal de Infraestrutura e Mobilidade Urbana (SMIM), que ficaria responsável pelas obras e projetos de engenharia referentes aos esgotos pluviais, e a Secretaria Municipal de Serviços Urbanos (SMSUrb), que assumiria a execução e conservação dos resíduos. Na prática, a divisão foi mais complexa.

Com o decorrer do tempo, devido às afinidades das tarefas, algumas das atividades do DEP passaram a ser incumbência do DMAE, iniciando um processo de unificação das atividades de saneamento básico. Porém, ainda hoje, essa unificação não foi concluída, mantendo pessoal e materiais espalhados entre diversas secretarias e autarquias de Porto Alegre. Esse processo causou grande transtorno e prejuízos para a gestão da drenagem da cidade.

No ano de 2019, o cadastro de drenagem chegou ao DMAE, sob responsabilidade de apenas uma engenheira cartógrafa, com cargo comissionado, mas seus serviços foram dispensados no ano de 2020. Iniciou-se, então um esforço da equipe de cadastro do DMAE, a Equipe de Documentação Técnica e Geoprocessamento (EQ-DOCGEO), para gerir esse cadastro, tomar conhecimento em relação ao seu histórico e ainda desenvolvê-lo tecnologicamente, a fim de chegar a um padrão já atingido pelos cadastros de água e esgoto sanitário.

Durante o processo de conhecimento e gestão do cadastro pluvial, foi sendo percebida pelos técnicos da equipe a necessidade de nivelar a qualidade e as informações dos cadastros de saneamento. Para tanto, uma remodelagem do banco de dados foi necessária.

Em relação aos avanços tecnológicos, o primeiro projeto foi a implementação da rede geométrica. A rede geométrica é composta pelos elementos geográficos

propriamente ditos, e funciona paralelamente a uma rede lógica, que possui regras que definem o comportamento entre os elementos da rede. A rede geométrica e a rede lógica estão sempre sincronizadas, isto é, quando se adiciona ou remove um objeto geográfico da rede geométrica, também se adiciona ou remove os respectivos comportamentos da rede lógica.

Para isso foi necessário um estudo do histórico do cadastro, onde se entendeu a estrutura dos dados trabalhados, uma análise dos dados existentes (camadas e demais documentos), uma remodelagem das camadas e, então, a elaboração das regras lógicas da rede geométrica, possibilitando sua implementação e o diagnóstico de erros topológicos. Essas análises e diagnósticos promoveram uma melhoria na qualidade do cadastro atual e nas atualizações cadastrais do esgoto pluvial.

Além disso, foram elaborados dois projetos no Sistema de Informações Geográficas (SIG) do DMAE, no formato MXD (Map Exchange Document), referentes à rede de esgoto pluvial. O MXD é um formato de arquivos do ArcGIS para armazenamento de mapas, ele armazena a simbologia, layout, ordem das camadas, hyperlinks e demais customizações e ferramentas incluídas no projeto.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Remodelar o cadastro pluvial e implementar a rede lógica com o intuito de nivelar a qualidade do cadastro de esgoto pluvial aos cadastros de água e esgoto cloacal, além de padronizar nomenclaturas e simbologias.

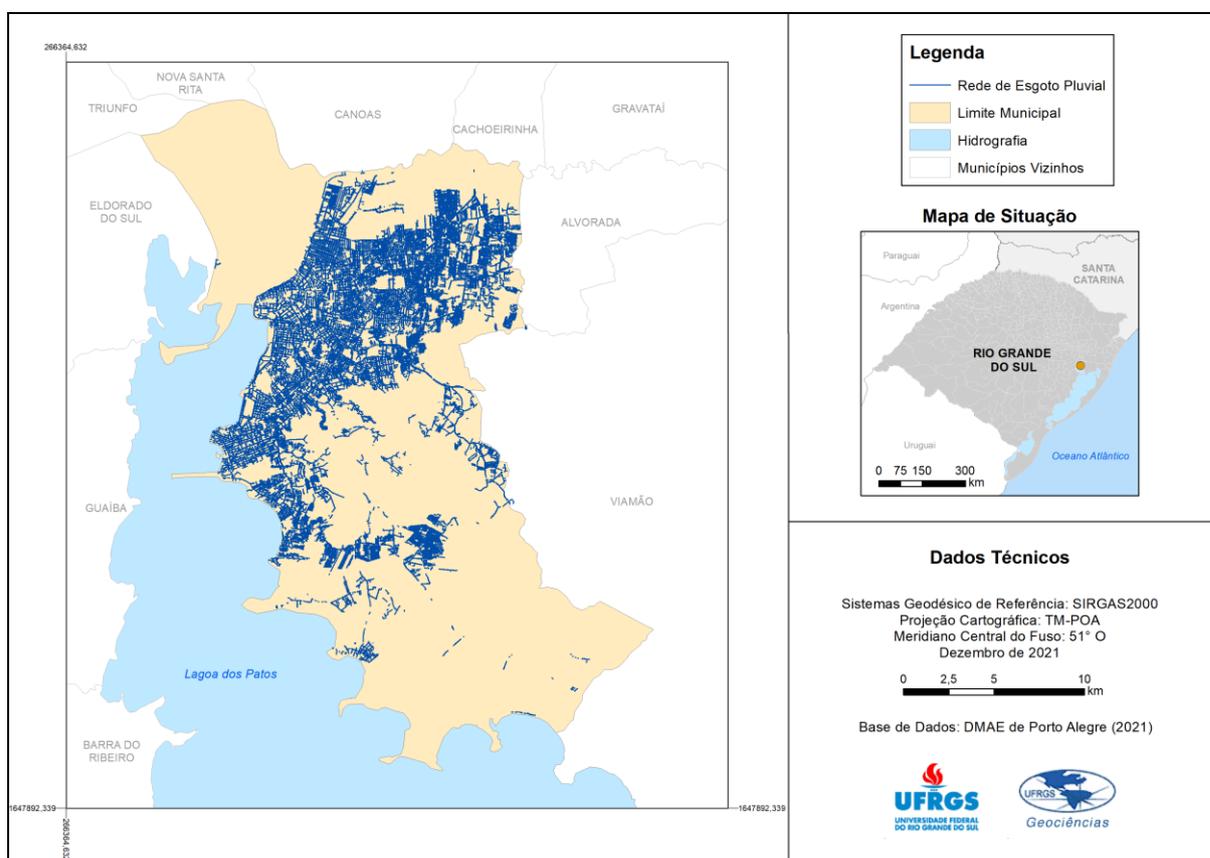
1.1.2 Objetivos Específicos

- estabelecer uma rede lógica com regras que possibilitem a análise do comportamento de rede;
- diagnosticar erros no cadastro atual;
- possibilitar o rastreamento da rede;
- aumentar a agilidade ao responder solicitações de cadastros;
- possibilitar à população porto-alegrense uma melhoria na rede de drenagem urbana, facilitando e agilizando análises e planejamento de obras.

1.2 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é o município de Porto Alegre, capital do Rio Grande do Sul. A cidade possui uma população estimada de 1.492.530 habitantes (IBGE, 2021). Na Figura 1 é possível identificar a distribuição das redes de esgoto pluvial pela área do município, ficando concentrada na área central e zona norte, conforme a densidade demográfica do município.

Figura 1 – Distribuição da rede de esgoto pluvial na área de estudo.



Fonte: Elaboração Própria.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este projeto está organizado em seis capítulos. O primeiro capítulo apresenta as considerações iniciais, os objetivos do trabalho e localização da área de estudo. O segundo capítulo, fundamentação teórica, engloba os estudos necessários para que se possa entender os conceitos abordados durante a metodologia, que é descrita no capítulo quarto. Ainda, o capítulo terceiro lista os recursos humanos e materiais necessários para o desenvolvimento do projeto.

No capítulo quinto, são apresentados os produtos gerados a partir da metodologia aplicada e por fim, no sexto capítulos são apresentadas as conclusões, onde foram abordadas as melhorias implementadas pelo desenvolvimento do trabalho e também os projetos de melhoria que surgiram durante o desenvolvimento do trabalho e que devem ser considerados para que se possa garantir um cadastro mais preciso bem como garantir as funcionalidades da rede geométrica no que diz respeito ao correto estabelecimento do fluxo da rede.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Normas do DMAE e rotina do cadastro pluvial

A equipe do cadastro pluvial, devido às mudanças estruturais que vêm ocorrendo no que diz respeito ao antigo DEP e à incorporação das atividades de drenagem em novas Secretarias, bem como à pandemia, ainda não está com o pessoal alocado definitivamente. Porém, tem se buscado manter as atividades dentro da maior normalidade possível. Sendo assim, pode-se destacar como de grande importância no âmbito do cadastro o recebimento e cadastramento de obras e o envio de cadastros para conhecimento público.

O envio de cadastros se dá mediante pedidos por e-mail, no qual o requerente informa o endereço da localidade e é gerado um mapa em formato *Portable Document Format* (PDF) através do documento de mapa, denominado arquivo MXD, com as informações de drenagem cadastradas no banco de dados do cadastro pluvial. O arquivo MXD utilizado para responder os cadastros, com simbologia, rótulos, escalas e legendas previamente definidos, é denominado projeto de impressão.

No que diz respeito aos recebimentos e cadastramentos das obras, é necessário fazer uma verificação do material entregue. O DMAE trabalha com o modelo de Normas de Serviço (NS), que são de acesso público, porém ainda está elaborando uma norma específica para o esgoto pluvial. Por ora, os documentos e padrões exigidos estão estabelecidos no caderno de encargos do DEP e também são utilizados os critérios estabelecidos na NS039 – Cadastramento de Redes de Esgoto Sanitário (onde os termos de esgoto sanitário servem também para o esgoto pluvial). Nesta norma estão estabelecidos os padrões para levantamento topográfico cadastral e para os documentos entregues referentes ao levantamento e apresentação do cadastro.

Em posse dos dados entregues pela empresa terceirizada, contratada para realizar a obra, e pelo fiscal de obra do DMAE, a equipe faz o cadastramento das informações no SIG, utilizando um projeto MXD de edição, pensado para facilitar o trabalho de cadastramento. É fundamental destacar a importância de se ter um cadastro permanentemente atualizado e fidedigno e nesse sentido o SIG é uma

ferramenta que facilita os processos, as análises e a visualização dos dados, unindo a localização aos atributos dos elementos.

2.2 Definições dos Elementos da Drenagem

Algumas definições relativas aos elementos da rede de drenagem são fundamentais para o entendimento da dinâmica da rede. Para isso, além de reuniões com os profissionais experientes na drenagem, fez-se necessário um estudo do Caderno de Encargos do DEP (DEP, 2005), de onde se pode elucidar algumas definições:

- Ala: é o dispositivo a ser executado na entrada e/ou saída das redes, com o objetivo de conduzir o fluxo no sentido de escoamento, evitando o processo erosivo a montante e a jusante.

- Boca-de-lobo (BL): é um dispositivo, localizado em pontos convenientes, nas sarjetas, para captação das águas pluviais.

- Canal: é uma canalização pública projetada e de seção aberta, utilizada para conduzir as águas pluviais.

- Casa de bombas (ou Estação de Bombeamento de Águas Pluviais, EBAP): é o conjunto de equipamentos destinados a encaminhar a contribuição de um canal de drenagem, quando não mais houver condições de escoamento por gravidade, para outro canal de drenagem em nível mais elevado ou para o corpo receptor final do sistema pluvial em questão.

- Coletor de fundos: é uma canalização pluvial pública localizada em terrenos particulares.

- Galeria pluvial: é uma canalização pública de seção aberta utilizada para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas-de-lobo e das ligações domiciliares.

- Grelha: dispositivo de drenagem superficial que capta as águas precipitadas sob a superfície.

- Poço-de-visita (PV): é um dispositivo localizado em pontos convenientes do sistema de galerias pluviais, permitindo mudanças de direção, declividade ou seção, e limpeza dessas canalizações.

- Recursos Hídricos: são compostos por rios, arroios, valas e córregos que recebem as águas pluviais.

- Rede pluvial: é o conjunto de galerias pluviais e equipamentos de drenagem (poços-de-visita e bocas-de-lobo).

- Reservatório (ou bacia) de amortecimento de cheias: é um reservatório que armazena o excesso de vazão pluvial, quando da ocorrência de eventos extremos, a fim de evitar e/ou atenuar inundações; pode ser classificado como reservatório de retenção (mantém uma lâmina permanente de água) e de detenção (em tempo seco, permanece vazio).

- Sistema de esgotamento pluvial: é o conjunto de redes pluviais necessárias para permitir o adequado escoamento do deflúvio superficial de uma determinada bacia de contribuição até seu destino final.

2.3 O uso do SIG como apoio na tomada de decisões no planejamento urbano

Segundo Câmara e Davis (2001, p 01), pode-se dizer, de forma genérica, “Se o onde é importante para seu negócio, então geoprocessamento é sua ferramenta de trabalho”. Sempre que o “onde” aparece, dentre as questões e problemas que precisam ser resolvidos por um sistema informatizado, haverá uma oportunidade para considerar a adoção de um SIG.

Neste contexto, o SIG é um conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real para um objetivo específico (BURROUGH; MCDONNELL, 1998). Quando se fala em planejamento urbano e quando muitas pessoas e áreas estão envolvidas nos processos de tomada de decisões, o SIG se torna uma ferramenta poderosa no que diz respeito à unificação de informações e o acesso a elas. Em um contexto

municipal, por exemplo, o cruzamento de informações entre secretarias torna os processos analíticos mais fáceis e precisos.

Pode-se tomar como exemplo a aprovação de obras hidrosanitárias realizada pelo DMAE. A camada de lotes e edificações, de responsabilidade da Secretaria Municipal da Fazenda, é analisada juntamente com as camadas de rede (de água, esgoto sanitário e esgoto pluvial) para avaliar a viabilidade de ligação do imóvel às redes públicas. Sem o uso do SIG, tal análise levaria muito mais tempo, e seriam analisadas documentações onde a dinâmica temporal não é garantida, além de não ser unificada.

Bineli, Sais e Gonçalves (2007) implementaram um SIG na cidade de Andradas-MG que possibilitou o planejamento no transporte público, criando rotas através de camadas de logradouros e considerando suas barreiras, como recursos hídricos. O projeto foi implementado no ArcGIS e trouxe mais facilidade no planejamento urbano em geral, influenciando em áreas como transporte, educação, saúde e saneamento. Paulo (2000) implementou um SIG de rede de abastecimento de água e drenagem pluvial que facilitou a construção, remodelação e manutenção dos sistemas públicos de saneamento. O projeto, também desenvolvido no ArcGIS, possibilitou a atualização cadastral, a inventariação automática dos materiais que constituem as redes, a verificação do estado de conservação das unidades operacionais, a criação de fichas de intervenção em cada feição, a detecção de rupturas nas redes e a simulação de fechamento de válvulas.

2.4 O uso do SIG como facilitador das rotinas do saneamento

As aplicações dos SIG e do geoprocessamento nas rotinas de saneamento são inúmeras, desde procedimentos simples como a visualização dos elementos de uma rede em determinada localidade até análises mais complexas como a simulação de fechamento de válvulas.

No que diz respeito ao cadastro de esgoto pluvial, antes de ser implementado o SIG, as alterações do cadastro eram realizadas em softwares do tipo CAD (*Computer Aided Design*) e as atualizações eram registradas tendo como base as cartas em papel vegetal que foram digitalizadas em formato matricial. Estas

cartas eram inseridas nos arquivos do CAD e sobre elas eram gerados os vetores referentes às atualizações. Dessa forma, o processo era demorado e não garantia que houvesse uma unificação das informações. Após a implementação do SIG foi possível garantir essa unificação, porém, diagnosticou-se inúmeros problemas no banco de dados. Pode-se destacar a escolha de tipo de dados inadequados (números inteiros quando deveriam ser decimais) e campos que não são necessários ou que não tiveram preenchimento expressivo ao longo do tempo (como coordenadas de montante e jusante). Tais problemas deverão ser solucionados com a remodelagem das camadas, disponibilizando um cadastro mais eficiente.

Além disso, o uso das ferramentas do ArcGIS para saneamento por meio da extensão Water Utility Network Tools, permite análises bem específicas, como pode ser visto através do trabalho de Gonçalves (2019) que implementou uma solução para analisar a viabilidade da conexão do cliente à rede coletora de esgoto cloacal sem a necessidade de verificação no local. Essa solução utilizou regras de conexão automática na rede, programadas para o projeto mxd, utilizando o Modelo Digital de Terreno (MDT) como apoio planialtimétrico, além de preenchimento automático de feições através do assistente de atributo, o projeto foi validado com levantamento de campo em uma área piloto e aprovado para uso na cidade de Porto Alegre.

Já Moreiras (2020) implementou um SIG através do software InfraSIG e do ArcGIS, no município de Chaves, em Portugal, que permitiu, dentre outras funcionalidades, realizar a gestão operacional da rede de abastecimento de água, monitorando o estado de ocorrências e ordens de trabalho, identificando cortes de água e possibilitando o monitoramento das áreas mais afetadas por essas ocorrências para que sejam planejadas obras de melhoria de infraestrutura. A solução de Moreiras utiliza também as ferramentas do ArcGIS para saneamento e a rede geométrica, objetos do presente trabalho.

2.5 Rede Geométrica

A rede dinâmica é uma funcionalidade do *software* ArcGIS que é constituída da própria rede geométrica, sendo esta composta pelos elementos geográficos propriamente ditos, e uma rede lógica, que possui regras que definem o

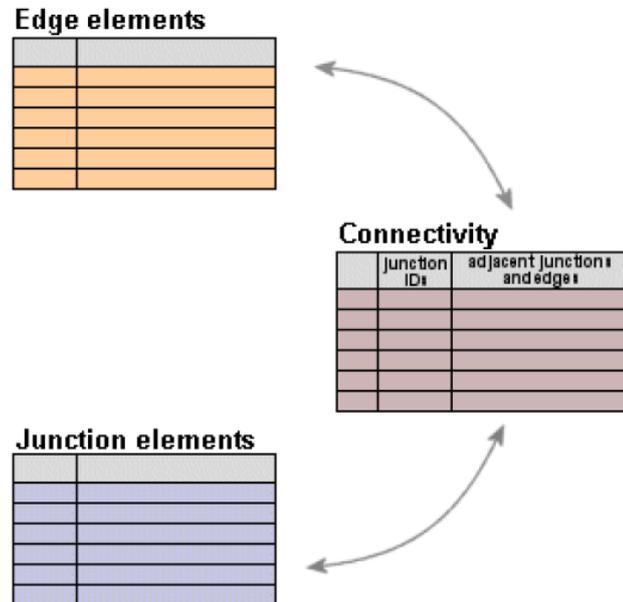
comportamento entre os elementos da rede. A rede geométrica e a rede lógica estão sempre sincronizadas, isto é, se adicionarmos ou removermos um objeto geográfico da rede geométrica, também se adiciona ou remove os respectivos relacionamentos da rede lógica. Sendo assim, quando for mencionada a rede geométrica, subentende-se que se está falando também da rede lógica.

Segundo Ferreira (2006), o relacionamento espacial entre esses dois tipos de rede é definido através de um *geodatabase* com regras topológicas que são utilizadas na validação do relacionamento espacial entre feições. A conectividade entre as feições e a relação de cada tipo de feição com as outras é estabelecida através de regras topológicas estudadas e mantidas no *geodatabase*. O *geodatabase* funciona como um depósito de dados espaciais e descritivos onde os dados geográficos são armazenados em Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados Relacionais (Ferreira, 2006), nesse caso o *Oracle Spatial*. Além de permitir a edição multiusuário, o *geodatabase* (gdb), suporta diversos tipos de arquivos como tabelas, dados matriciais, camadas vetoriais e regras topológicas.

2.6 Rede Lógica

A rede lógica não tem valores de geometria ou coordenadas, seu objetivo é armazenar informações a respeito da conectividade das redes. Para cada feição da rede geométrica há pelo menos um elemento correspondente na rede lógica. A rede lógica é armazenada no *geodatabase* e é formada pelas camadas e regras de conectividade a ela estabelecidas (ESRI, 2021), conforme representado na Figura2.

Figura 2 – Diagrama da Rede Lógica.



Fonte: Ferreira, 2006.

Quando se cria uma rede geométrica, relacionamentos topológicos explícitos são criados entre feições de rede. O *geodatabase* mantém automaticamente esses relacionamentos topológicos contanto que a rede geométrica respeite as regras estabelecidas. O primeiro passo na construção de uma rede geométrica é criar a rede propriamente dita. Quando se cria uma rede geométrica, especificam-se quais classes de feição participam da rede, se há quaisquer fontes ou coletores na rede, e o peso que se deseja atribuir à rede. (ESRI, 2016)

Depois da rede criada, é possível definir regras sobre como as feições se conectarão e, também, adicionar novas classes de feição. No caso do cadastro pluvial a rede será criada com feições já existentes, a partir das camadas remodeladas. É importante destacar que apenas as feições de pontos e linhas podem fazer parte da rede lógica.

A partir daí são estabelecidas as regras de conectividade, que estabelecem como as feições se relacionam e se conectam. Alguns exemplos são listados por

Moreiras (2020), na construção da rede de água do município de Chaves, como o “tê”, que serve para distribuir a água em três direções, e a junta cega que serve para fazer o término de uma rede.

2.7 Topologia

Conforme Davis (2001), seja no caso de objetos de área ou no caso de objetos de linhas, quando se quer armazenar explicitamente as relações de adjacência, utilizam-se formas específicas de representação vetorial: as representações topológicas. Uma rede utiliza a estrutura de dados arco-nó que implementa três conceitos topológicos importantes: conectividade, definição de área e contiguidade. Davis diz, ainda, que a topologia arco-nó é a representação vetorial associada a uma rede linear conectada. Um nó pode ser definido como o ponto de intersecção entre duas ou mais linhas, correspondente ao ponto inicial ou final de cada linha. O conhecimento das relações topológicas entre as linhas pode ser de fundamental importância no caso de redes. Para exemplificar, pode-se estabelecer que um trecho de rede de drenagem precise, obrigatoriamente, estar ligado a um ponto de PV, BL, grelha ou ala, por exemplo.

A topologia no ArcGIS permite modelar relações espaciais entre camadas em um *dataset*. As regras de topologia permitem que sejam definidas as relações espaciais que atendem às necessidades do modelo de dados. Erros de topologia são violações das regras de topologia definidas no modelo de dados que podem ser encontradas e corrigidas facilmente usando as ferramentas de edição. (ESRI, 2010). Na Figura 3 estão as regras de topologia que serão aplicadas ao cadastro pluvial.

Figura 3 – Regras de Topologia.

Ponto

Deve ser coberto pela a extremidade de

Pontos em uma classe ou subtipo de feição devem ser cobertos pelas extremidades de linhas em outra classe ou subtipo de feições.

São criados erros de ponto nos pontos que não estão cobertos pelas extremidades das linhas.

Use esta regra quando desejar modelar pontos que coincidam com as extremidades das linhas.

As intersecções de rua devem ser cobertas pelas extremidades das linhas centrais da rua.

Ponto

Devem ser disjuntos

Pontos não podem se sobrepôr em uma mesma classe ou subtipo de feição.

São criados erros de ponto onde os pontos sobrepõem eles mesmos mesmos.

Use esta regra quando os pontos dentro de uma classe ou subtipo de feição nunca devam ocupar o mesmo espaço.

Encalhes em uma rede de distribuição de água não devem se sobrepôr.

Linha

Não deve sobrepôr

As linhas não devem sobrepôr qualquer parte de outra linha dentro de uma classe ou subtipo de feição. As linhas podem tocar, interceptar ou sobrepôr elas mesmas.

São criados erros de linha onde as linhas se sobrepõem.

Use esta regra com linhas que nunca devam ocupar o mesmo espaço de outras linhas.

As linhas de lotes não podem se sobrepôr.

Linha

A extremidade deve ser coberta por

As extremidades das linhas em uma classe ou subtipo de feição devem estar cobertas por pontos em outra classe ou subtipo de feição.

São criados erros de ponto nas extremidades das linhas que não estão cobertas por um ponto.

Use esta regra quando desejar modelar as extremidades de linhas em uma classe ou subtipo de feição que coincidam com feições de ponto em outra classe de feição.

As extremidades de linhas elétricas secundárias devem ser cobertas por um transformador ou medidor.

Fonte: adaptado de ESRI, 2020.

3 RECURSOS HUMANOS E MATERIAIS

3.1 RECURSOS HUMANOS

A equipe foi composta de um engenheiro cartógrafo para orientar e gerenciar o desenvolvimento do projeto, uma graduanda do Curso de Engenharia Cartográfica para a execução dos procedimentos e análises e contou com o suporte dos demais técnicos do DMAE quando necessário.

3.2 EQUIPAMENTOS E SOFTWARES

1 microcomputador HP EliteDesk 800 G4 com processador Intel Core I7-8700, memória RAM de 16GB e sistema operacional de 64 bits equipado com os seguintes softwares, cujas licenças foram cedidas pelo DMAE:

- ArcGIS Desktop 10.8 integrado ao banco de dados Oracle Spatial;
- Extensões do ArcGIS para saneamento (*Attribute Assistant* e *Water Utility Network Tools*);
- Pacote Office 2013;

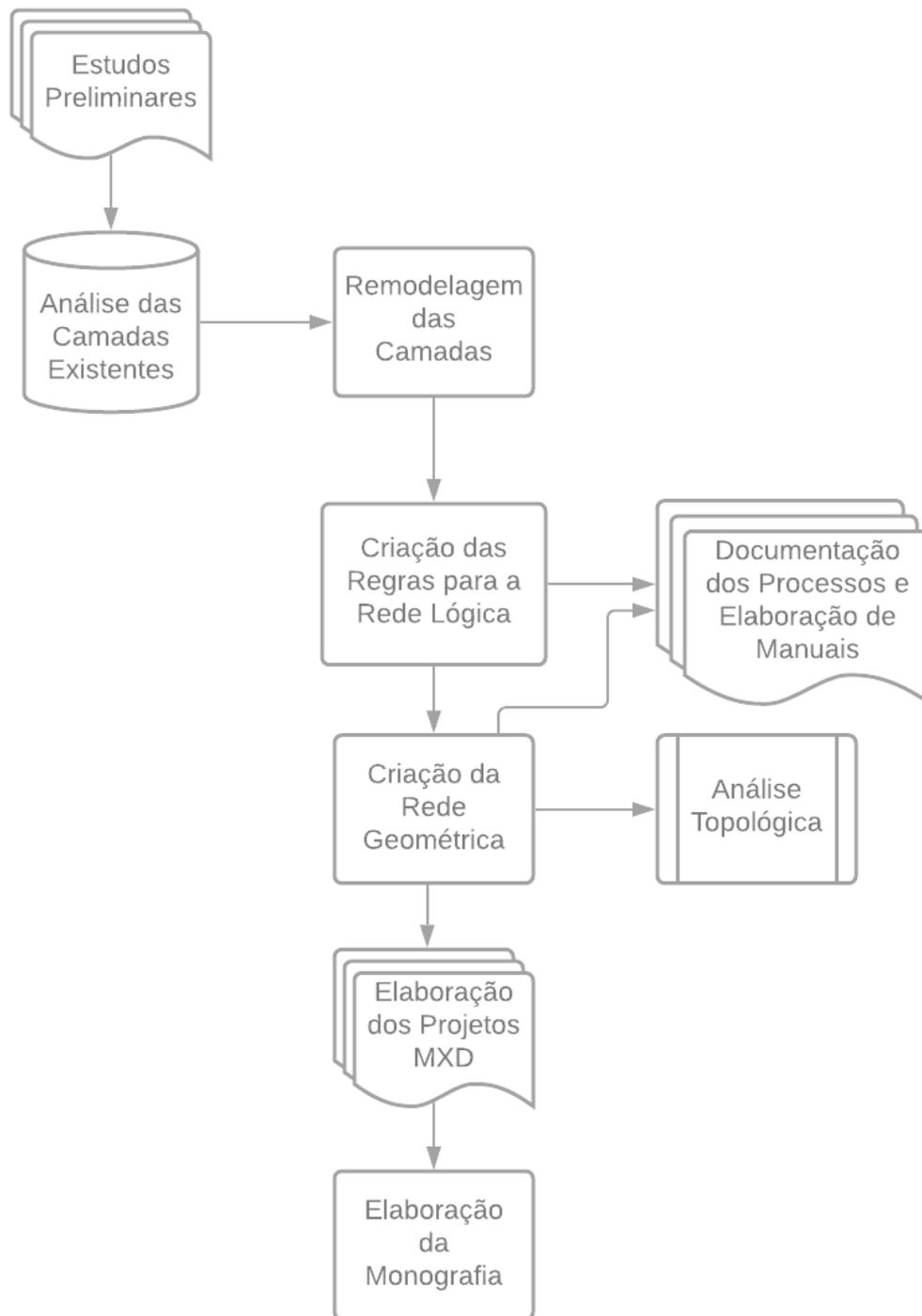
4 METODOLOGIA

A modelagem do banco de dados realizada pela STE apresentou, ao longo do tempo, algumas falhas diagnosticadas pelos usuários do SIG, o corpo técnico do DMAE e, anteriormente, o corpo técnico do DEP. Essas falhas são comuns visto que só podem ser percebidas ao longo do tempo e de novos cadastramentos. A partir deste diagnóstico, se percebeu que a remodelagem do banco de dados era de grande relevância.

Além disso, após a migração do cadastro para o DMAE, algumas padronizações e nivelamentos entre os cadastros de água, de esgoto sanitário e de esgoto pluvial foram necessárias a fim de se padronizar nomenclaturas e até mesmo algumas camadas em comum entre os cadastros. A organização das camadas em *datasets* (conjuntos de dados) mais intuitivos também foi um ponto a ser considerado.

No que diz respeito à rede geométrica, a implementação desta evita erros de cadastramento, uma vez que exige uma ligação lógica entre os elementos da rede, impedindo erros de topologia e de lógica. Além disso, ferramentas disponíveis no ArcGIS para saneamento, que funciona a partir da implementação da rede geométrica, como por exemplo o *trace*, permitem que se rastreie trechos de contribuição da rede em determinado ponto, o que possibilita uma rápida análise do fluxo da rede. Sendo assim, com o objetivo de implementar essas melhorias, foi definido o fluxograma deste projeto (Figura 4).

Figura 4 – Fluxograma do projeto



Fonte: Elaboração própria.

4.1 Estudos Preliminares

O cadastro pluvial é o registro de todos os elementos que compõem o sistema de drenagem e de proteção contra cheias, sejam eles naturais (arroyos, valas, talvegues) ou construídos (redes tubulares, galerias, canais, PVs, BLs). O primeiro cadastro pluvial de Porto Alegre foi graficado sobre os mapas resultantes do levantamento aerofotogramétrico realizado em 1956, em papel vegetal, na escala 1:2000, sendo composto por 173 documentos e os coletores de fundo foram detalhados na escala 1:500, formando um conjunto de 1268 documentos.

Em 2009, teve início a criação do banco de dados, a partir de levantamentos topográficos cadastrais e inserção dos dados em um SIG. No âmbito deste trabalho, foram levantados todos os equipamentos de drenagem existentes.

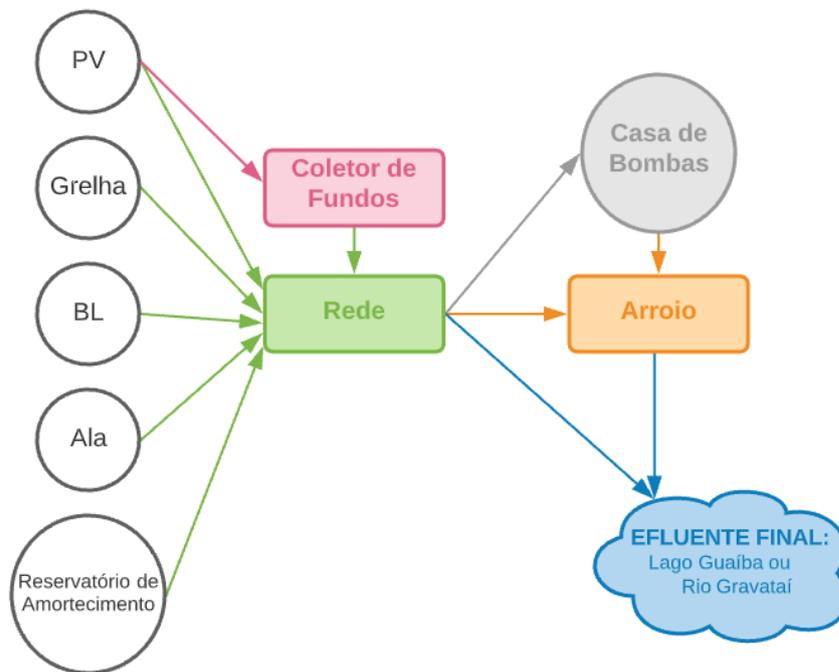
Exclusivamente, para as redes de microdrenagem, não houve abertura dos dispositivos de drenagem para obtenção das cotas de fundo e diâmetros, sendo considerados os diâmetros e profundidades constantes no cadastro antigo. O cadastro antigo não possuía nenhum tipo de amarração que pudesse permitir a sua inserção em um SIG. Tendo em vista a elaboração do PDDrU (Plano Diretor de Drenagem Urbana), era necessário o levantamento topográfico de todo o sistema de macrodrenagem da cidade.

Iniciou-se, então, um trabalho que consistiu na organização, estruturação e montagem de um banco de dados a partir dos levantamentos topográficos das bacias hidrográficas e das redes de microdrenagem de todo o município. O trabalho foi desenvolvido entre 2009 e 2013, pelo Consórcio STE-AEROGEO, formado pelas empresas STE – Serviços Técnicos de Engenharia S.A. e Aerogeo – Aerofotogrametria, Geoprocessamento e Engenharia Ltda. Os levantamentos topográficos foram executados pela Aerogeo, e a STE assumiu as atividades pertinentes ao banco de dados.

A fim de permitir a atualização permanente do cadastro geral, após a realização de qualquer obra de implantação ou remanejamento de redes pluviais, ou de outros componentes do sistema público de drenagem, deverá ser fornecido o cadastro da intervenção com todas as informações constantes nas normas do departamento.

Além do estudo do histórico do cadastro de esgoto pluvial, foi necessário o entendimento da dinâmica da rede de drenagem e, para tanto, foram realizados estudos e socializações de conhecimentos com os especialistas em drenagem do departamento. Então, foram elaborados os esquemas que auxiliam na demonstração de como as principais camadas de arcos se ligam ao demais elementos da rede. A figura 5, detalha as ligações nas redes simples de seção circular, a figura 6 mostra o fluxo nos canais, que recebem uma contribuição em maior volume que nas redes e a 7 explica as ligações nos condutos forçados, redes que recebem águas pluviais de cotas mais elevadas e que devido à intensidade desse fluxo não podem receber contribuições ao longo do seu percurso até o recurso hídrico, por apresentar risco de rompimento das tubulações.

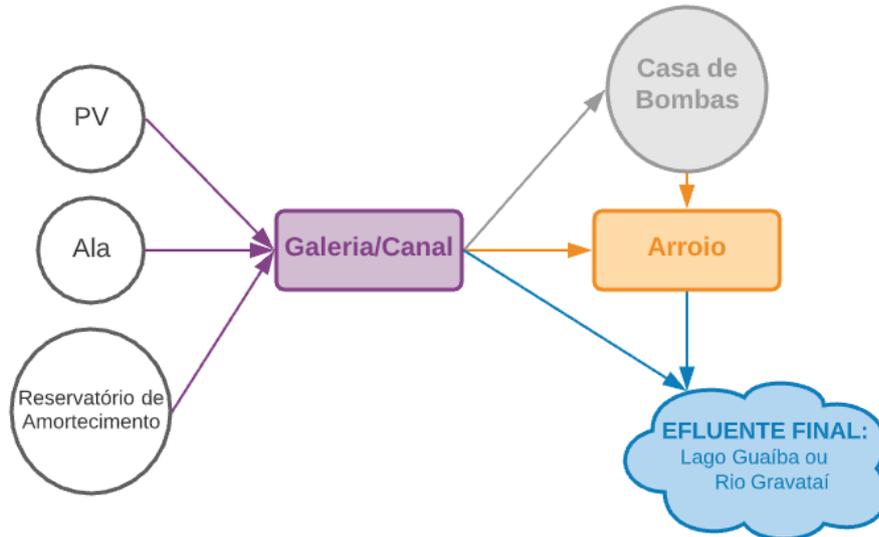
Figura 5: Esquema de fluxo e ligação nas redes



Fonte: Elaboração própria.

A Figura 5 mostra como os elementos se conectam às redes de seção circular, as mais comuns no sistema de drenagem, assim como o destino dessas redes.

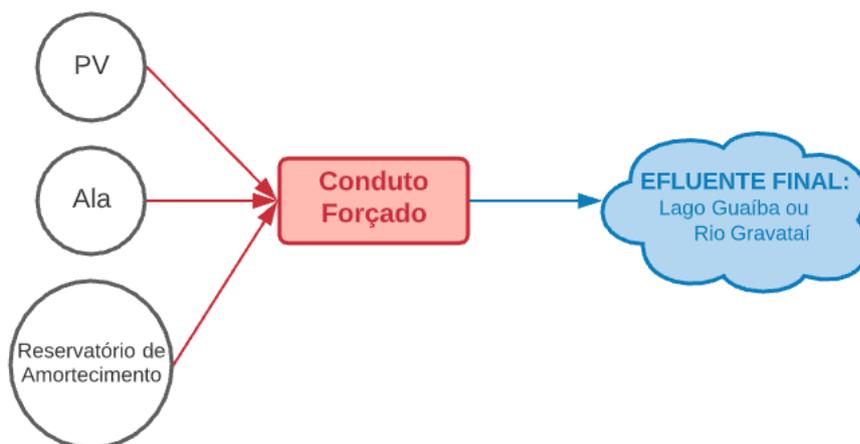
Figura 6: Esquema de fluxo e ligação nos canais e galerias



Fonte: Elaboração própria.

Na Figura 6 são mostrados os elementos que se ligam aos canais, sejam eles de seção aberta ou fechada (galerias), essas redes têm seção retangular, trapezoidal ou ainda semicircular e recebem um fluxo maior de contribuição de chuvas quando comparadas às redes comuns, o que justifica o fato de alguns elementos não se ligarem nela, o que evita a extravasão.

Figura 7: Esquema de fluxo e ligação nos condutos forçados



Fonte: Elaboração própria.

Já a Figura 7 demonstra como funciona o fluxo de rede nos condutos forçados. Os condutos forçados são redes responsáveis por encaminhar a contribuição de chuvas de um ponto de altitude mais elevada diretamente ao corpo hídrico final. Esse tipo de rede carrega um fluxo extremamente intenso de águas, sendo inviável que os dispositivos de captação de chuvas se liguem a elas, além disso, os poços de visita nos condutos forçados precisam ser herméticos, para evitar a extravasão.

Além dos esquemas, para tornar ainda mais elucidativo o funcionamento da drenagem, foi elaborado, na Figura 8, um desenho esquemático que considera o fluxo da rede em um cenário demonstrativo. Esse desenho esquemático considera o comportamento de cada dispositivo de drenagem e como ele se relaciona com os demais dispositivos e com a topografia do local.

Figura 8: Mapa esquemático da rede de drenagem



Fonte: Elaboração própria.

4.2 Análise e Diagnóstico das Camadas Existentes

Antes de remodelar o banco de dados geográfico, redefinindo *datasets*, camadas, nomenclaturas, atributos e o tipo do atributo, é necessário que se analise o banco de dados existente, já que não se está partindo da construção inicial desse banco de dados. Sendo assim, foi realizado um diagnóstico preliminar dos três *datasets* que compunham o cadastro de esgoto pluvial, para analisar, primeiramente, as camadas, compreender sua dinâmica na rede e definir sua descrição.

As tabelas 2, 3 e 4 contém uma análise preliminar dos *datasets* do cadastro. A primeira coluna das tabelas especifica qual *dataset* está sendo analisado, a segunda o nome das camadas que os compõe, a terceira o tipo de feição modelado para cada camada, a próxima o número de elementos contidos em cada uma, a coluna descrição é uma breve explicação do que se trata a respectiva camada, as linhas com preenchimento verde estão formatadas conforme a sexta coluna, especificando se aquele tipo de feição é ou não essencial para o estabelecimento do fluxo de rede, a rede geométrica. E por fim, o último elemento da tabela é um diagnóstico preliminar da camada, que detalha os problemas encontrados nessa primeira fase da metodologia. Nessa etapa foi percebido que algumas das camadas não possuíam uma função relevante no contexto atual do cadastro, podendo ser armazenadas em uma cópia de segurança local. Além disso, outras camadas podem ser unidas e a diferença entre elas se torna um atributo na tabela do banco de dados.

Algumas inconsistências foram apontadas pelos técnicos do departamento que trabalham com a drenagem e estão descritos nas tabelas de diagnóstico preliminar. Um erro bastante importante que precisa ser corrigido é o fato de feições estarem repetidas em mais de uma camada. Este tipo de erro deve ser detectado em cada camada e eliminado, tendo a feição direcionada a apenas uma camada adequada.

Tabela 2: Análise preliminar do *dataset* de Macro drenagem

Dataset	Nome camada	Tipo implantado	Número de feições	Descrição	Essencial para rede geométrica	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR
MACRODRENAGEM	CANAL	Linha	790	Linha dupla que representa um sistema de drenagem aberta que pode ser projetado ou resultado de canalização de arroios	Sim	Verificar quais são projetados e quais são canalizações de cursos d'água. Os projetados devem ir para a camada de galeria e as canalizações devem virar atributo na camada de recursos hídricos
	ESTACA	Ponto	7242	Localização da estaca do levantamento topográfico da macrodrenagem	Não	
	FIT	Ponto	1109	Cota de fundo interno das tubulações	Não	Averiguar como ocorre o abastecimento dessa informação e se pode ser unida à camada de PONTO_COTADO
	FOTO	Ponto	1650	Fotografia do elemento de drenagem	Não	Deve ser uma camada de acesso interno, não ficando disponível a toda PMPA
	FOTO_BUFFER	Polígono	1024	Área de abrangência da fotografia	Não	Não tem função
	GALERIA	Polígono	19	Canalização pública fechada utilizada para conduzir as águas pluviais	Não	As feições deverão ser analisadas para inclusão nas camadas de trechos de galerias (linha) ou recursos hídricos
	PONTE	Polígono	198	Pontes levantadas junto com a macrodrenagem	Não	Os registros desta camada precisam ser revisados, nem toda a transposição de cursos d'água se caracteriza como ponte
	PONTO_COTADO	Ponto	62032	Pontos notáveis para a drenagem, como cota do talude, cota do fundo do arroio, cota da margem do arroio	Não	
	RECURSO_HIDRICO	Linha	855	Eixo dos cursos d'água	Sim	
	RECURSO_HIDRICO_SEM_ACESSO	Linha	154	Eixo dos cursos d'água não localizados em campo mas que estavam indicados no antigo cadastro pluvial	Sim	Juntar com a camada RECURSO_HIDRICO e classificar quanto ao acesso
	SECAO	Linha	5279	Indicam a localização das seções do levantamento topográfico	Não	Deve contar o link para o detalhamento da seção
	TRECHO_GALERIA	Linha	1176	Eixo dos trechos de galeria do cadastro pluvial	Sim	Trocar nome da camada para Galeria

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 3: Análise preliminar do *dataset* de Microdrenagem

Dataset	Nome camada	Tipo implantado	Número de feições	Descrição	Essencial para rede geométrica	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR
MICRODRENAGEM	ALA	Ponto	1170	Dispositivo a ser executado na entrada e/ou saída das redes com o objetivo de conduzir o fluxo no sentido de escoamento, evitando o processo erosivo	Sim	
	BLOCO_MICRO	Polígono	5	Camada utilizada para organizar as entregas dos levantamentos da microdrenagem	Não	Não tem função
	BOCA_LOBO	Ponto	41227	Dispositivo localizado nas sarjetas para captação das águas pluviais	Sim	
	GRELHA	Ponto	827	Elementos de captação das águas superficiais, são localizadas horizontalmente	Sim	
	POCO_VISITA	Ponto	80249	Dispositivo localizado em pontos convenientes do sistema de galerias pluviais, permitindo mudanças de direção, declividade ou seção e limpeza dessas canalizações	Sim	
	TRECHO_REDE	Linha	120651	Trechos de rede pluvial	Sim	Trocar nome da camada para Rede Pluvial ou Rede Drenagem
	TRECHO_REDE_SEM_ACESSO	Linha	3534	Trechos de rede pluvial onde não foram realizados levantamentos por falta de acesso	Sim	As feições devem ser incorporadas à camada de trecho de rede com a informação sobre o acesso pertinente. A camada será removida.

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 4: Análise preliminar do *dataset* de Dados Gerais

Dataset	Nome camada	Tipo implantado	Número de feições	Descrição	Essencial para rede geométrica	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR
DADOS_GERAIS	AERO	Polígono	217	Articulação do antigo cadastro pluvial na escala 1:2000	Não	
	ARTICULACAO_POA_1000	Polígono	2270	Articulação do cadastro na escala 1:1000	Não	Verificar qual o uso dessa articulação
	ARTICULACAO_POA_5000	Polígono	115	Articulação do cadastro na escala 1:5000	Não	Verificar qual o uso dessa articulação
	BACIA_HIDR	Polígono	28	Limite das bacias hidrográficas do município	Não	
	CASA_DE_BOMBA	Polígono	34	Estações elevatórias que encaminham a contribuição de esgoto para um nível mais alto quando não há condições de escoamento por gravidade	Sim	Para a rede geométrica deve ser uma feição de ponto
	CORTINA_CONTENCAO	Polígono	23	Elemento linear de proteção contra cheias. Ex.: muro da Mauá	Não	Deve ser convertida para linha
	DIQUE	Linha	16	Elemento linear de proteção contra cheias. Ex.: Free Way	Não	
	POLDER	Polígono	5	Áreas de cota baixa protegida por diques	Não	
	POSTO_HIDROLOGICO	Polígono	4	Áreas definidas pelo método dos polígonos de Thiessen que representam a área de influência das estações que medem dados hidrológicos	Não	
	RESERV_AMORTEC	Polígono	42	Reservatórios que armazenam o excesso de vazão pluvial	Sim	Para a rede geométrica deve ser uma feição de ponto
	ZONAL	Polígono	32	Limites das distritais	Não	Já existe a camada de distritais nos datasets do DMAE

Fonte: Elaboração própria.

O cadastro era formado por três *datasets* que agrupavam, por sua vez, trinta camadas. Cada uma das trinta camadas foi analisada conforme os exemplos das camadas de rede, na Tabela 5 e PV, na Tabela 6. Nesse diagnóstico das camadas, os tipos de dado modelado para cada campo, que estão descritos na terceira coluna, se encontram na segunda coluna, a quarta coluna é uma breve descrição do que é encontrado em cada campo e a última a relação das análises referentes a cada campo da camada.

Tabela 5: Análise preliminar da camada de rede

Camada	Tipo	Campo	Descrição	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR
TRECHO_REDE	Object ID	OBJECTID	Campo identificador único (chave primária), próprio do banco de dados, utilizado para relacionamento entre camadas.	
	Text 254	DIAMETRO	Diâmetro nominal do trecho em mm	Mudar o tipo para text 4, visto que nenhuma informação de diâmetro ultrapassará os 4 caracteres.
	Text 50	COD_TR	Código do trecho de rede	Foi criado para configuração de label por tamanho dos trechos da rede, não tem utilidade
	Text 50	TIPO	Tipo da rede, pode ser Coletor de fundo, Normal, envelopado, by pass	A informação de coletor de fundos deve aparecer em um novo campo, visto que é diferente das demais
	Text 50	TIPO_JUNTA	Tipo de junta, pode ser ponta e bolsa / macho e fêmea / junta elástica	Os tipos de junta só podem ser rígida ou elástica. No banco há preenchimentos com tipo de encaixe então deverá ser criado novo campo
	Text 50	CLASSE	Classe do tubo	Possui informações de tipo de junta. A classe é definida pelo diâmetro, então a informação é redundante
	Text 50	MATERIAL	Material do tubo	
	Text 50	LOCALIZACAO	Localização do trecho, pode ser no lote, na pista ou no passeio	
	Date	DATA_IMPLANTACAO	Data de implantação do trecho de rede	Trocar por data da obra conforme cadastro de água e esgoto cloacal
	Text 50	ESTADO_CONSERVACAO	Estado de conservação do trecho de rede	O estado de conservação é uma informação muito instável, este campo pode ser substituído por data da última limpeza
	Text 50	SITUACAO_HIDRAULICA	Situação hidráulica do trecho: Ativo / Não Ativo	
	Text 50	SITUACAO_LEGAL	Situação legal do trecho: Público / Não público	Pode ser agrupado à localização do trecho como lote público e lote privado
	Text 50	SITUACAO_FISICA	Situação física do trecho: Normal / Desativado / Substituído / Reconstruído / Tamponado / Removido	
	Text 50	TIPO_EFLUENTE	Tipo de efluente do trecho: Pluvial / Misto	Não há preenchimento expressivo
	Text 50	BACIA_HIDR	Referência à BH onde encontra-se o elemento de drenagem	Existem camadas de polígonos dessas informações, é redundante que a informação de repita nas tabelas dos elementos da rede
	Text 50	POSTO_HIDR	Referência ao Posto hidrológico a que pertence o elemento de drenagem	
	Text 50	ZONAL	Referência à seção de conservação (distrital) a que pertence o elemento de drenagem	
	Text 50	NUM_AERO	Número da carta do antigo cadastro pluvial na escala 1:2000	
	Text 50	MAPA_CARTA_GERAL	Número da folha da articulação 1:2000	Possui links para projetos, uma informação que deve ser interna, além disso há camada de polígono com essa informação
	Date	DATA_LEVANT_CAMPO	Data do levantamento do campo	
	Text 100	OBSERVACAO	Campo destinado para acréscimo de informações pertinentes que não estão contempladas nos demais campos da camada	
	Double	PROFUND_MO	Altura em que o trecho sai do PV/BL/GRELHA/ALA a montante	
	Double	PROFUND_JU	Altura em que o trecho sai do PV/BL/GRELHA/ALA a jusante	
	Double	COMPRIMENTO	Extensão do trecho de rede em metros	
	Double	TAMPA_Z_MO	Altitude da tampa do PV a montante	Deve pertencer somente à camada de PV
	Double	TAMPA_Z_JU	Altitude da tampa do PV a jusante	Deve pertencer somente à camada de PV
	Double	COORD_X_MONTANTE	Coordenada Leste montante do trecho	O SIG é um sistema que relaciona elementos geométricos com sua localização geográfica. Essa informação é redundante.
	Double	COORD_Y_MONTANTE	Coordenada Norte montante do trecho	
Double	COORD_Z_MONTANTE	Altitude montante do trecho	Trocar para altitude	
Double	COORD_X_JUSANTE	Coordenada Leste jusante do trecho	O SIG é um sistema que relaciona elementos geométricos com sua localização geográfica. Essa informação é redundante.	
Double	COORD_Y_JUSANTE	Coordenada Norte jusante do trecho		
Double	COORD_Z_JUSANTE	Altitude jusante do trecho		Trocar para altitude

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 6: Análise preliminar da camada de PV

Camada	Tipo	Campo	Descrição	DIAGNÓSTICO PRELIMINAR
POCO_VISITA	Object ID	OBJECTID	Campo identificador único (chave primária), próprio do banco de dados, utilizado para relacionamento entre camadas.	
	Long	COD_PV	Código do poço de visita	Não é utilizado
	Text 50	TIPO	Tipo de poço de visita	Pode ser tipo A, B, C ou especial. Há preenchimentos com PV-BL, mas é uma informação diferente das outras. Os PV-BL serão identificados quando o campo ESPELHO for preenchido.
	Text 50	TIPO_TAMPA	Tipo de tampa do poço de visita	
	Text 50	MATERIAL	Material do poço de visita	
	Text 50	ESPELHO	Tipo de espelho: máxima eficiência / ferro fundido	
	Double	DIMENSOES_INTERNAS	Dimensões internas do poço de visita	Não é necessário, visto que o tipo já dirá essa informação
	Text 50	BACIA_HIDR	Referência à BH onde encontra-se o elemento de drenagem	Existem camadas de polígonos dessas informações, é redundante que a informação de repita nas tabelas dos elementos da rede
	Text 50	POSTO_HIDR	Referência ao Posto hidrológico a que pertence o elemento de drenagem	
	Text 50	ZONAL	Referência à seção de conservação (distrital) a que pertence o elemento de drenagem	
	Text 50	NUM_AERO	Número da carta do antigo cadastro pluvial na escala 1:2000	
	Text 50	MAPA_CARTA_GERAL	Número da folha da articulação 1:2000	Possui links para projetos, uma informação que deve ser interna, além disso há camada de polígono com essa informação
	Date	DATA_LEVANT_CAMPO	Data do levantamento do campo	
	Text 100	OBSERVACAO	Campo destinado para acréscimo de informações pertinentes que não estão contempladas nos demais campos da camada	
	Double	PROFUNDIDADE	Profundidade do poço de visita	
	Date	DATA_IMPLANTACAO	Data de implantação do PV	Trocar por data da obra conforme cadastro de água e esgoto cloacal
	Text 50	ESTADO_CONSERVACAO	Estado de conservação do poço de visita	O estado de conservação é uma informação muito instável, este campo pode ser substituído por data da última limpeza
	Double	COORD_X	Coordenada Leste do poço de visita	O SIG é um sistema que relaciona elementos geométricos com sua localização geográfica. Essa informação é redundante.
Double	COORD_Y	Coordenada Norte do poço de visita		
Double	COORD_Z	Altitude do poço de visita	Trocar para altitude	

Fonte: Elaboração própria.

Além de se analisar a estrutura das camadas e os dados preenchidos, foi levada em consideração a avaliação dos cadastradores. Foram diagnosticados diversos tipos de erros, como: modelagem de colunas com tipo errado (profundidade em número inteiro ao invés de decimal), dados redundantes (informação de coordenadas e bacia hidrográfica), atributos que não deveriam ser preenchidos por serem dinâmicos (situação física), além de atributos que não tiveram preenchimento expressivo, o que deixa o banco de dados empobrecido. Pode-se perceber através do esquema da figura 9 como essas falhas são propagadas ao longo dos elementos da rede de drenagem.

Figura 9: Falhas nas camadas de rede e PV

The diagram illustrates data redundancy in network and PV layers. It features a 3D model of a brick manhole with pipes. Two 'Identificar' (Identify) windows are shown, each displaying a list of fields and their values. The top window is associated with a location of 278.294,530 1.659.191,112 Metros and the bottom window with 278.277,223 1.659.187,948 Metros. Brackets and labels 'irrelevante' and 'redundante' highlight specific data points.

Identificar (Top Window):

Campo	Valor
OBJECTID	104524
DIAMETRO	300
COD_TR	2
TIPO	TRECHO_DE_REDE_NORMAL
TIPO_JUNTA	
CLASSE	V
MATERIAL	a
LOCALIZACAO	Pista
DATA_IMPLANTACAO	<nulo>
ESTADO_CONSERVACAO	i
SITUACAO_HIDRAULICA	
SITUACAO_LEGAL	O
SITUACAO_FISICA	S
TIPO_EFLUENTE	
BACIA_HIDR	PONTA GROSSA SUL
POSTO_HIDR	8 DISME
ZONAL	EXTREMO SUL
NUM_AERO	207
MAPA_CARTA_GERAL	
DATA_LEVANT_CAMPO	<nulo>
OBSERVACAO	
PROFUND_MO	1,4
PROFUND_3U	0,8
COMPRIMENTO	33,453
TAMPA_Z_MO	8,522
TAMPA_Z_3U	8,512
GEOM	Pollinha Z
COORD_X_MONTANTE	278309,864
COORD_Y_MONTANTE	1659195,271
COORD_Z_MONTANTE	7,122
COORD_X_USANTE	278277,223
COORD_Y_USANTE	1659187,948
COORD_Z_USANTE	7,712
GEOM.LEN	0
LINK_AERO	<nulo>

Identificado 4 feiçoes

Identificar (Bottom Window):

Campo	Valor
OBJECTID	110971
COD_PV	<nulo>
TIPO	
TIPO_TAMPA	
MATERIAL	CONCRETO
ESPELHO	
DIMENSOES_INTERNAS	0
BACIA_HIDR	PONTA GROSSA SUL
POSTO_HIDR	8 DISME
ZONAL	EXTREMO SUL
NUM_AERO	207
MAPA_CARTA_GERAL	a
DATA_LEVANT_CAMPO	<nulo>
OBSERVACAO	
PROFUNDIDADE	0,8
DATA_IMPLANTACAO	<nulo>
ESTADO_CONSERVACAO	O
GEOM	Ponto Z
COORD_X	278277,223
COORD_Y	1659187,948
COORD_Z	8,512

Identificado 7 feiçoes

Fonte: adaptado de Caderno de Encargos e SIGDEP pela autora (DEP, 2005, p. 86).

4.3 Remodelagem das Camadas

Após o diagnóstico das camadas se iniciou um processo de propostas de melhorias. Esse processo foi validado com os principais usuários do SIG e os responsáveis pelo cadastro, levando em consideração a aplicação de conhecimentos cartográficos como, por exemplo, evitar que hajam atributos de coordenadas dentro de uma camada, visto que esta já é intrínseca à utilização do SIG.

Em relação aos *datasets*, algumas camadas foram excluídas, por não possuírem relevância para o cadastro ou por não precisarem estar públicas, e outras foram incluídas, para melhorar o fluxo de cadastramento e o acesso às informações. Dentre as camadas excluídas pode-se destacar as de articulações de cartas e entre as incluídas, a de redes em cadastramento e redes abandonadas. Além dessas camadas, algumas foram unificadas, pois os dispositivos possuem funções semelhantes, diferindo em apenas algum atributo que foi incluído na nova camada. Esse é o caso das camadas de canal e galeria, onde as galerias podem ser consideradas canais, com a diferença de que são fechadas.

Já em relação às camadas, conforme diagnosticado, havia muita redundância nos dados, a eliminação desses dados foi a mudança mais evidente e a primeira a ser proposta. Sendo assim, dados tabulares de coordenadas e de informações de outras camadas foram suprimidos, uma vez que o SIG permite a localização e análises de cruzamento de camadas com muita facilidade.

Além disso, foram suprimidas informações que não eram significativamente preenchidas, que não possuíam uma função conhecida ou que eram informações dinâmicas, o que leva o usuário ao erro. Como exemplos desses casos podem ser destacados os campos de situação legal, código do trecho e situação física.

Outra etapa extremamente importante para o projeto foi a alteração de algumas nomenclaturas, o que possibilitou um melhor entendimento dos atributos pelos usuários e uma unificação em relação aos demais cadastros do departamento. Em relação a essa unificação, dados de obras e de cadastramento (usuários de criação e atualização) das feições também foram adicionados ao cadastro pluvial, levando-o ao mesmo padrão dos cadastros de água e de esgoto sanitário.

Ajustes relativos aos tipos de dados (texto, número inteiro, número decimal, data) também foram analisados e remodelados, levando em consideração estudos e experiências preliminares com a modelagem dos demais cadastros do DMAE. Por fim, foram aprovados três novos *datasets*, de drenagem (Tabela 7), de apoio (Tabela 8) e de unidades operacionais (Tabela 9), com suas camadas separadas conforme a finalidade.

Tabela 7: Novo *dataset* de Drenagem que concentra as camadas essenciais para a rede geométrica

Dataset	Nome camada	Tipo	COMENTÁRIO
DRENAGEM	dAla	Ponto	
	dBocaLobo	Ponto	
	dCanal	Linha	A camada unifica a antiga camada de canal e trecho de galeria
	dCondutoForcado	Linha	Nova camada que separa os condutos forçados por serem redes que não podem receber contribuição
	dGrelha	Ponto	
	dPocoVisita	Ponto	
	dRecursoHidrico	Linha	A camada unifica a antiga camada de recurso hídrico e de recurso hídrico sem acesso
	dRedeAbandonada	Linha	Nova camada para informações de redes mortas
	dRedeEmCadastramento	Linha	Nova camada para organização de redes em cadastramento que aguardam mais informações
	dRedePluvial	Linha	A camada unifica a antiga camada de rede e de rede sem acesso
	dUnidOperacional	Ponto	Nova camada que unifica os reservatórios de amortecimento e casas de bombas/EBAPs (Estação de Bombeamento de Águas Pluviais) para estabelecer a lógica da rede

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 8: Novo *dataset* de Apoio

Dataset	Nome camada	Tipo	COMENTÁRIO
APOIO_DRENAGEM	dArticulacao2000	Polígono	
	dBaciaHidrografica	Polígono	
	dDetalheColetorFundo	Ponto	Nova camada que facilita o acesso aos detalhes de coletores de fundos
	dDique	Linha	A camada unifica a antiga camada de diques e de cortina de contenção
	dPolder	Polígono	
	dAreaPostoHidrologico	Polígono	
	dSecao	Linha	

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 9: Novo *dataset* de Unidades Operacionais

Dataset	Nome camada	Tipo	COMENTÁRIO
UNIDADES_OPERACIONAIS	EBAP	Polígono	Nova camada, mais detalhada, das EBAPs
	RES_AMORTECIMENTO	Polígono	Nova camada, mais detalhada, dos reservatórios de amortecimento

Fonte: Elaboração própria.

Ao final da modelagem, foram adicionadas cinco novas camadas (de condutos forçados, rede abandonada, rede em cadastramento, unidades operacionais, detalhes dos coletores de fundos) e excluídas outras quinze (articulação 1:1000, articulação 1:5000, cortina contenção, zonal, estaca, fit, foto, foto buffer, galeria, ponte, ponto cotado, recurso hidrico sem acesso, trecho galeria, trecho rede sem acesso e bloco micro) totalizando vinte camadas nos três novos *datasets*. As vinte camadas foram modeladas definindo seus atributos, tipos e prevendo o desenvolvimento de domínios conforme exemplos das camadas de rede e PV nas Tabelas 10 e 11, respectivamente.

Tabela 10: Nova camada modelada de rede pluvial

Camada	Tipo Antigo	Tipo Novo	Campo Antigo	Campo Novo	Alias	Domínio
dRedepluvial	Text 254	Long	DIAMETRO	DIAMETRO	DN	Sim
	Text 50	Text 20	TIPO_JUNTA	JUNTA	Tipo Junta	Não
	Text 50	Text 20	MATERIAL	MATERIAL	Material	Sim
	Double	Double	COMPRIMENTO	EXTENSÃO	Extensão	Não
		Double		DECLIVIDADE	Declividade	Não
	Double	Double	PROFUND_MO	INSERCAOMONTANTE	Inserção Montante	Não
	Double	Double	PROFUND_JU	INSERCAOJUSANTE	Inserção Jusante	Não
	Double	Double	COORD_Z_MONTANTE	ALTITUDE_MONTANTE	Altitude Montante	Não
	Double	Double	COORD_Z_JUSANTE	ALTITUDE_JUSANTE	Altitude Jusante	Não
	Text 50	Booleano	SITUACAO_HIDRAULICA	ATIVO	Ativo	Sim
		Booleano		COLETORFUNDOS	Coletor Fundos	Sim
		Text 20		ENVELOPADO	Envelopado	Sim
		Text 20		ENCAIXE	Tipo Encaixe	Sim
	Text 50	Text 20	LOCALIZACAO	LOCALIZACAO	Localização	Sim
	Text 50	Text 20	CLASSE	CLASSE	Classe	Sim
	Text 100	Text 100	OBSERVACAO	OBSERVACAO	Observação	Não
		Text 100		LINK	Link	Não
	Date	Date	DATA_IMPLANTACAO	DATA_IMPLANTACAO	Data Implantação	Não
		Booleano		ACESSO	Acesso	Sim
		Text 20		AJUSTE	Ajuste	Sim
		Text 30		DOCRECEBIDO	Documento de recebimento	Não
		Text 20		EXECUCAO	Execução	Não
		Text 20		LEVANTAMENTO	Levantamento	Não
		Text 20		FISCAL	Fiscal	Não
		Text 25		TERMOGARANTIA	Termo Garantia	Não
		Date		DATAACRIACAO	Data Criação	Não
	Text 20		USUARIOACRIACAO	Usuário Criação	Não	
	Date		DATAATUALIZACAO	Data Atualização	Não	
	Text 20		USUARIOATUALIZACAO	Usuário Atualização	Não	

Fonte: Elaboração própria.

Tabela 11: Nova camada modelada de PV

Camada	Tipo Antigo	Tipo Novo	Campo Antigo	Campo Novo	Alias	Domínio
dPocoVisita	Text 50	Text 20	TIPO	TIPO	Tipo	Sim
	Text 50	Text 20	MATERIAL	MATERIAL	Material	Sim
	Double	Double	PROFUNDIDADE	PROFUNDIDADE	Profundidade	Não
	Text 50	Text 20	TIPO_TAMPA	TIPO_TAMPA	Tipo Tampa	Sim
	Text 50	Text 20	ESPELHO	ESPELHO	Espelho	Sim
	Double	Double	COORD_Z	ALTITUDE_TAMPA	Altitude Tampa	Não
	Text 100	Text 100	OBSERVACAO	OBSERVACAO	Observação	Não
	Date	Date	DATA_IMPLANTACAO	DATA_IMPLANTACAO	Data Implantação	Não
		Text 30		DOCRECEBIDO	Documento de recebimento	Não
		Text 20		EXECUCAO	Execução	Não
		Text 20		LEVANTAMENTO	Levantamento	Não
		Text 20		FISCAL	Fiscal	Não
		Text 25		TERMOGARANTIA	Termo Garantia	Não
		Date		DATAACRIACAO	Data Criação	Não
		Text 20		USUARIOACRIACAO	Usuário Criação	Não
		Date		DATAATUALIZACAO	Data Atualização	Não
		Text 20		USUARIOATUALIZACAO	Usuário Atualização	Não

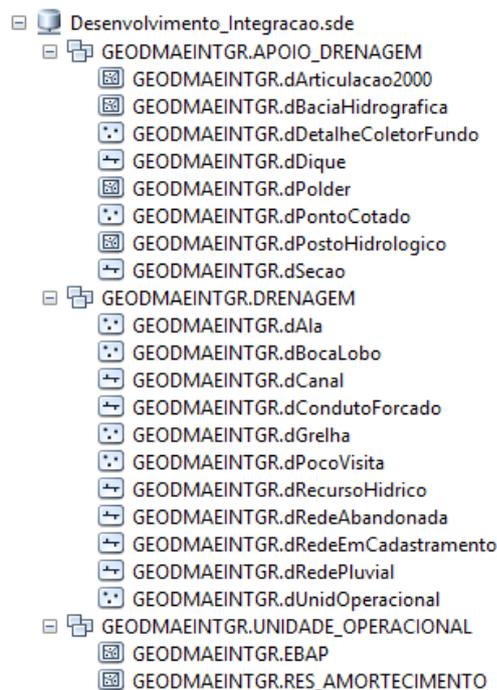
Fonte: Elaboração própria.

Pode-se perceber que em relação ao banco de dados anterior e o modelado houve uma significativa melhoria nos tipos de dados. Esse fato proporciona uma economia no espaço de armazenamento exigido pela tabela de cada camada.

Logo no primeiro campo da Tabela 10, denominado diâmetro, pode-se perceber que o tipo foi alterado de texto com 254 caracteres (com espaço de armazenamento de 4 bytes + número de caracteres) para número inteiro longo (com espaço de armazenamento de 4 bytes), uma economia de 254 bytes, calculado conforme o manual do usuário do SQL Server. Essa economia de espaço de armazenamento impacta em uma necessidade de espaço menor no servidor de banco de dados, que no caso é o Oracle, e uma velocidade de processamento de dados maior. É importante dizer que o SQL Server e o Oracle são servidores de banco de dados concorrentes, mas que utilizam a mesma linguagem, o SQL (*Structured Query Language*), em seus bancos de dados relacionais.

Após a definição de todas as camadas e os campos de cada uma, podem ser criados os datasets, camadas e atributos através do ArcCatalog. O ArcCatalog é um aplicativo que faz parte do pacote do ArcGIS, funcionando como um gerenciador de dados do software. A criação das camadas foi realizada gerando a estrutura da Figura 10.

Figura 10: Novo Banco de Dados



Fonte: Adaptado de ArcCatalog 10.8.

Logo após, as camadas foram abastecidas com seus atributos conforme mostra a Figura 11. Cada um desses procedimentos foi realizado, revisado e testado, criando feições demonstrativas que verificaram o pleno funcionamento do novo banco de dados.

Figura 11: Adição dos atributos na camada de PV

	Input Table	Field Name	Field Type	Field Precision	Field Scale	Field Length	Field Alias	Field IsNullable	Field IsRequired	Field Domain
1	GEODMAENTGR.dPocoVisita	TIPO	TEXT			20	Tipo	true	false	
2	GEODMAENTGR.dPocoVisita	MATERIAL	TEXT			20	Material	true	false	
3	GEODMAENTGR.dPocoVisita	PROFUNDIDADE	DOUBLE	8	3		Profundidade	true	false	
4	GEODMAENTGR.dPocoVisita	TIPO TAMPA	TEXT			20	Tipo Tampa	true	false	
5	GEODMAENTGR.dPocoVisita	ESPELHO	TEXT			20	Espelho	true	false	
6	GEODMAENTGR.dPocoVisita	ALTITUDE TAMPA	DOUBLE	8	3		Altitude Tampa	true	false	
7	GEODMAENTGR.dPocoVisita	OBSERVACAO	TEXT			100	Observação	true	false	
8	GEODMAENTGR.dPocoVisita	DATA IMPLANTACAO	DATE				Data Implantação	true	false	
9	GEODMAENTGR.dPocoVisita	DOCRECEBIDO	TEXT			30	Documento Recebimento	true	false	
10	GEODMAENTGR.dPocoVisita	EXECUCAO	TEXT			20	Execução	true	false	
11	GEODMAENTGR.dPocoVisita	LEVANTAMENTO	TEXT			20	Levantamento	true	false	
12	GEODMAENTGR.dPocoVisita	FISCAL	TEXT			20	Fiscal	true	false	
13	GEODMAENTGR.dPocoVisita	TERMOGARANTIA	TEXT			25	Termo Garantia	true	false	
14	GEODMAENTGR.dPocoVisita	DATA CRIACAO	DATE				Data Criação	true	false	
15	GEODMAENTGR.dPocoVisita	USUARIO CRIACAO	TEXT			20	Usuário Criação	true	false	
16	GEODMAENTGR.dPocoVisita	DATA ATUALIZACAO	DATE				Data Atualização	true	false	
17	GEODMAENTGR.dPocoVisita	USUARIO ATUALIZACAO	TEXT			20	Usuário Atualização	true	false	

Fonte: Adaptado de ArcCatalog 10.8.

4.4 Criação de Domínios

Uma das vantagens da rede geométrica é a possibilidade de atribuir domínios aos atributos. Esses domínios são elaborados conforme a possibilidade de preenchimento de um campo e aparecem em forma de lista para o cadastrador, ou seja, ao invés de digitar o atributo, o cadastrador o seleciona em uma lista predefinida. Somente valores ou faixas de valores julgados válidos podem ser utilizados como entrada em um campo onde um domínio for aplicado (ESRI, 2021). Isso promove que as análises realizadas através do cadastro sejam mais precisas, pois evita-se erros de digitação.

Na etapa de modelagem das camadas foram previstos quais atributos receberiam domínios a partir da análise dos preenchimentos já realizados e dos estudos prévios sobre o funcionamento da rede de drenagem. Para a construção das tabelas e definição dos domínios, cada atributo foi analisado com o auxílio de pesquisas no caderno de encargos e de normas técnicas como a NBR 8890 (ABNT, 2007) que estabelece as classes dos tubos de esgoto pluvial. Nas

Tabelas 12 e 13, pode-se verificar os exemplos dos domínios estabelecidos para as camadas de rede e PV, respectivamente.

Tabela 12: Domínios da camada de rede

Objeto	Campo	Domínio	Código	Descrição
dRedePluvial	TIPOJUNTA	dTipoJunta	Rígida	Rígida
			Elastica	Elástica
	MATERIAL	tMaterialTubo	ACO	AÇO
			ALV	ALVENARIA
			BZ	BRONZE
			CM	CIMENTO MOLDADO
			CR	CONCRETO
			CPI	CONCRETO PROTENDIDO
			FD	FERRO DÚCTIL
			FoFo	FERRO FUNDIDO
			FG	FERRO GALVANIZADO
			FC	FIBROCIMENTO
			MADEIRA	MADEIRA
			MG	MANILHA GRÊS
			POLY	POLYARM
			PPLA	POLYPLASTER
			PEAD	PEAD
			PVC	PVC
			VINILFER	PVC conexão ferro fundido
	PVCC	PVC CORRUGADO		
	PVC-OCRE	PVC OCRE		
	ATIVO	tBooleanDomain	0	Não Ativo
			1	Ativo
	COLETORFUNDOS	tBooleanDomain	0	Não Ativo
			1	Ativo
	ENVELOPADO	tEnvelopado	Não	Não
			Envelope-Aço	Envelope-Aço
			Envelope-Concreto	Envelope-Concreto
			Envelope-PEAD	Envelope-PEAD
			Envelope-Outro	Envelope-Outro
	LOCALIZACAO	tLocalizacaoRede	ViaPublica	Via pública
			FaixaServidao	Faixa de servidão
			AreaParticular	Área particular
			Naoidentificada	Não identificada
			AreaPublica	Área Pública
			AreaDMAE	Área DMAE
			Passeio	Passeio
	ACESSO	tBooleanDomain	0	Sem Acesso
			1	Com Acesso
	AJUSTE	dAjuste	1	Levantamento Topográfico
			2	Aero
			3	Base Cartográfica 2010
	CLASSE	dClasse	PS2	PS2
			PA2	PA2
			PA3	PA3
			PA4	PA4

Fonte: Elaboração Própria.

Tabela 13: Domínios da camada de PV

Objeto	Campo	Domínio	Código	Descrição
dPocoVisita	TIPO	dTipoPV	A	A
			B	B
			C	C
			Especial	Especial
	MATERIAL	tMaterialParede	ALV	ALVENARIA
			CR	CONCRETO
			PEAD	PEAD
			GABIAO	GABIÃO
			PEDRA	PEDRA
			TERRA	TERRA
	TIPO TAMPA	dTipoTampa	Concreto	Concreto
			Ferro	Ferro
			FerroHermética	Ferro/Hermética
	ESPELHO	dEspelho	MaximaEficiencia	Máxima Eficiência
			FoFo	Ferro Fundido
			SemEspelho	Sem Espelho

Fonte: Elaboração Própria.

4.5 Criação das Regras do Assistente de Atributo (*Attribute Assistant*)

O Attribute Assistant é um recurso do ArcGIS utilizado para preencher automaticamente os valores dos atributos usando regras predefinidas ao criar ou editar feições. Para usar a extensão Attribute Assistant para seus fluxos de trabalho de edição, a tabela DynamicValue é necessária (ESRI, 2021).

A tabela Dynamic Value deve ficar armazenada na raiz do geodatabase e deve ser adicionada a cada projeto MXD. Uma série de regras pode ser configurada usando esta tabela, sendo que os campos Método de Valor, Nome da Tabela, Nome do Campo e Informações do Valor devem ser configurados para usar um método do Attribute Assistant e os campos restantes definem quando o método deve ser aplicado (ESRI, 2021). A Tabela 14 explica como deve ser realizado o preenchimento da tabela de dynamic value.

Tabela 14: Apoio para a criação da tabela Dynamic Value

ID	valor sequencial de identificação de cada linha.
TABLE NAME	deve ser indicada a <i>feature class</i> que receberá preenchimento automático de atributo.
FIELD NAME	indicar campo que receberá o preenchimento automático.
VALUE METHOD	qual o método que será utilizado para calcular o valor do atributo.
VALUE INFO	informação que complementa o método aplicado.
ON CREATE	se verdadeiro, indica se a regra será aplicada na criação da feição.
ON CHANGE ATTRIBUTE	se verdadeiro, indica se a regra será aplicada na mudança de qualquer atributo da feição.
ON CHANGE GEOMETRY	se verdadeiro, indica se a regra será aplicada na mudança da geometria da feição.
ON MANUAL	se verdadeiro, a regra será aplicada quando for acionado na barra de ferramentas do <i>Attribute Assitant..</i>

Fonte: ESRI, 2021

Para a rede de drenagem, as regras configuradas podem ser verificadas na Tabela 15. Em relação aos campos que definem quando os métodos devem ser aplicados, pode ser verificada a Tabela 16, na qual a definição é dada por uma estrutura booleana.

Tabela 15: Regras estabelecidas na tabela Dynamic Value

OBJECTID.*	TABLERNAME	FIELDNAME	VALUEMETHOD	VALUEINFO
335	*	USUARIOATUALIZACAO	CURRENT_USER	U
336	*	DATAATUALIZACAO	TIMESTAMP	
337	*	USUARIOCRIACAO	CURRENT_USER	U
338	*	DATAACRIACAO	TIMESTAMP	
339	*	USUARIOABANDONO	CURRENT_USER	U
340	*	DATAABANDONO	TIMESTAMP	
348	aNo	LABELNO	EXPRESSION	[CARTA]&" "& [NUMERO]
352	dCondutoForcado	EXTENSAO	EXPRESSION	[SHAPE.LEN]
380	dRedeAbandonada	TIPO	INTERSECTING_LAYER_DETAILS	VECTORIF
382	aRedeAgua	GERENCIADO	INTERSECTING_FEATURE	GEODMAE DMAE_DISTRTAIS NOME P
387	dCanal	DECLIVIDADE	EXPRESSION	(([INSERCAOMONTANTE]-[INSERCAOJUSANTE])/[EXTENSAO])
388	dDique	EXTENSAO	EXPRESSION	[SHAPE.LEN]
655	dCanal	EXTENSAO	EXPRESSION	[SHAPE.LEN]
656	dRecursoHidrico	EXTENSAO	EXPRESSION	[SHAPE.LEN]
657	dRedeAbandonada	MATERIAL	INTERSECTING_FEATURE	dCanal MATERIALPAREDE CP
667	dRedePluvial	CLASSE	EXPRESSION	IF([DIAMETRO] < 800,"PS2","PA2")
668	dRedePluvial	EXTENSAO	EXPRESSION	[SHAPE.LEN]
669	dRedePluvial	DECLIVIDADE	EXPRESSION	(([INSERCAOMONTANTE]-[INSERCAOJUSANTE])/[EXTENSAO])
1296	dRedeAbandonada	EXTENSAO	EXPRESSION	[SHAPE.LEN]
1616	dDetalleColetorFundo	LINK	EXPRESSION	"\\geopmpa\geopmpa\DMAE\ESGOTO\PLUVIAL\COD_FUNDOS_PDF"&[COD_PRANCHA]&"_PDF"
1617	dArticulacao2000	LINK	EXPRESSION	"\\geopmpa\geopmpa\DMAE\ESGOTO\PLUVIAL\CARTA_PDF"&[CARTA]&"_PDF"
1618	dSecao	LINK	EXPRESSION	"\\geopmpa\geopmpa\DMAE\ESGOTO\PLUVIAL\SECAO"&[SECAO]&"_PDF"
1633	dRedePluvial	ENVELOPADO	EXPRESSION	IF([COLETORFUNDOS]="Sim","Concreto",[ENVELOPADO])

Fonte: Adaptado de ArcCatalog 10.8.

Tabela 16: Campos da tabela que definem quando as regras devem ser aplicadas

OBJECTID *	ON CREATE	ON CHANGE	ON CHANGE GEO	ON MANUAL	RUN WEIGHT	COMMENTS
335	0	1	1	1		Drenagem
336	0	1	1	1		Drenagem
337	1	0	0	1		Drenagem
338	1	0	0	1		Drenagem
339	1	0	0	1		Drenagem
340	1	0	0	1		Drenagem
348	1	1	1	1		Exemplo de concatenação
352	1	0	1	0		Drenagem
380	1	0	0	0		Drenagem
382	1	0	0	0		Exemplo de intersect com polígono
387	1	1	1	0		Drenagem
388	1	0	1	0		Drenagem
655	1	0	1	0		Drenagem
656	1	0	1	0		Drenagem
657	1	0	0	0		Drenagem
667	1	1	0	0		Drenagem , Classe em função do DN
668	1	0	1	0		Drenagem
669	1	1	0	0		Drenagem
1296	1	0	1	0		Drenagem
1616	1	1	1	1		Drenagem
1617	1	1	1	0		Drenagem
1618	1	1	1	1		Drenagem, aguarda pasta com as Seções
1633	1	1	0	0		Drenagem, Col Fundos=Concreto

Fonte: Adaptado de ArcCatalog 10.8.

4.6 Construção da Rede Lógica

O *dataset* de drenagem é a estrutura que concentra as camadas e as regras lógicas de comportamento entre elas no cadastro de esgoto pluvial. O primeiro passo que foi realizado para a implementação da rede foi a sua criação, onde se pode estabelecer uma tolerância de distância entre as feições, atribuir pesos para gerenciar a velocidade do fluxo em cada camada, definir se a camada trata de um ponto fonte ou coletor e ainda se é uma feição complexa ou simples.

Em relação à tolerância e ao peso das camadas, não foi estabelecida nenhuma dessas informações visto que não devem ocorrer disjunções entre as feições e que nenhuma feição é hierarquicamente mais importante do que outra. Além disso, a rede de drenagem não conta com camadas com feições complexas. Em relação às fontes ou coletoras, as fontes são pontos de onde o fluxo se origina e as coletoras onde o fluxo termina. Dessa maneira, nenhuma feição pode ser considerada, visto que trariam indeterminação no fluxo da rede. Nesse caso, portanto, o fluxo da rede foi determinado pelo sentido da vetorização das feições.

Após a construção da rede, puderam ser definidas as relações entre as camadas deste *dataset*, criando-se as regras de conectividade. Estas regras foram

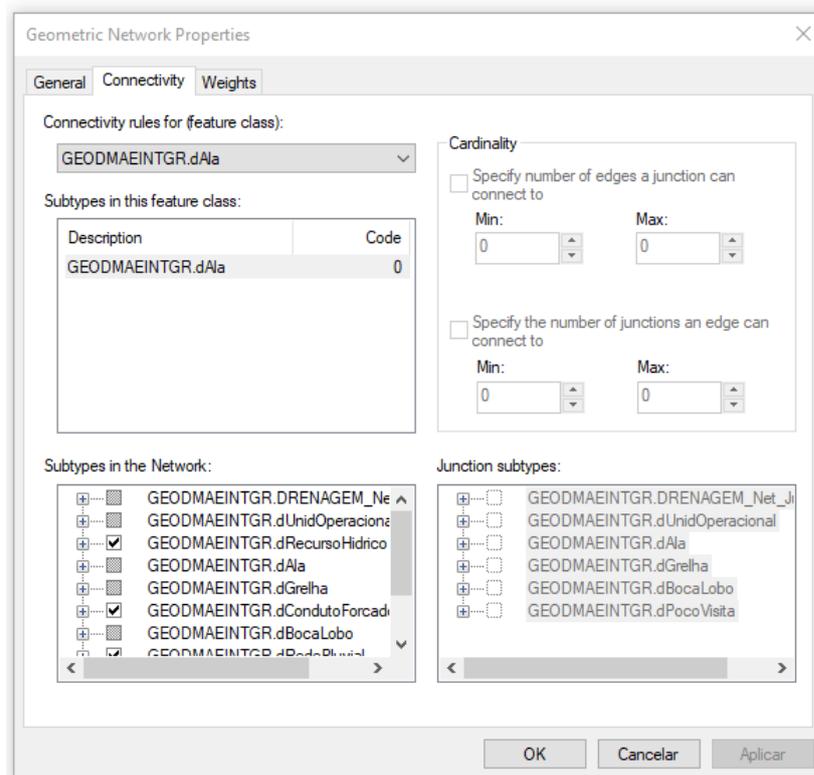
definidas conforme os estudos do funcionamento lógico da rede nos termos da Tabela 17 e criadas através do ArcCatalog conforme a Figura 12.

Tabela 17: Relações de conectividade da rede de drenagem

CAMADA	CONECTA EM
dAla	dCanal, dCondutoForçado, dRedePluvial e dRecursoHidrico
dBocaLobo	dRedePluvial
dCanal	dAla, dPocoVisita e dUnidOperacional
dCondutoForçado	dAla, dPocoVisita, dUnidOperacional
dGrelha	dRedePluvial
dPocoVisita	dCanal, dCondutoForçado, dRedePluvial e dRecursoHidrico
dRecursoHidrico	dAla, dPocoVisita e dUnidOperacional
dRedePluvial	dAla, dBocaLobo, dGrelha, dPocoVisita e dUnidOperacional
dUnidOperacional	dCanal, dCondutoForçado, dRedePluvial e dRecursoHidrico

Fonte: Elaboração Própria.

Figura 12: Configuração das Regras de Conectividade na camada dAla



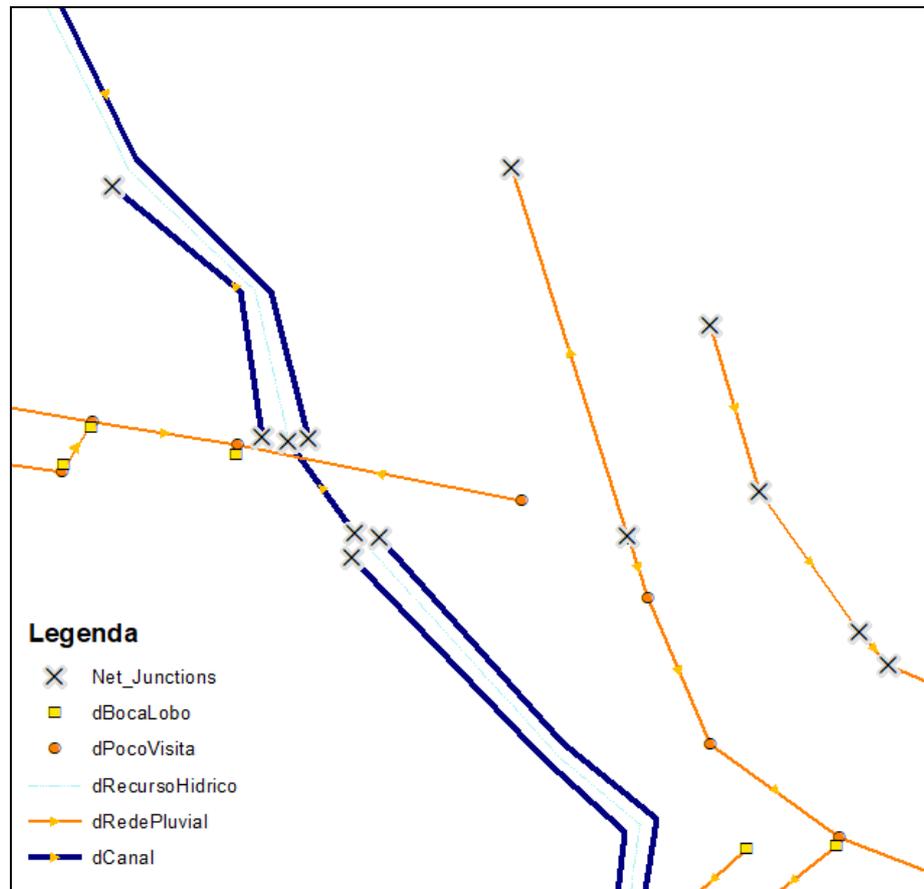
Fonte: Adaptado de ArcCatalog 10.8.

4.7 Análise Topológica

A topologia já é abordada no momento da construção da rede com o conceito de arco-nó. Ao longo do projeto, quando foram realizados os estudos e testes nas camadas, foram percebidos diversos erros topológicos na vetorização das feições como elementos de ponto (grelhas, PVs, BLs) sem nenhuma conexão com campos de linha (rede de drenagem), trechos de feições de linha (redes e canais) desconectadas e sem elementos de ponto cobrindo essas extremidades, dentre outros.

Para que se possa estabelecer um fluxo fidedigno da rede e possibilitar análises como o rastreo, é necessário que esses problemas sejam corrigidos. Em relação à rede geométrica, esses erros foram detectados no momento da construção da rede, onde as regras de topologia apresentadas na Figura 3 (“deve ser coberta pela extremidade de” e “a extremidade deve ser coberta por”) estão intrínsecas à dinâmica da rede arco-nó.

Quando alguma das regras não está sendo respeitada, um ponto é criado em uma camada chamada *Net_Junctions*, no *dataset* em que está localizada a rede geométrica, as correções são realizadas fazendo uma análise nessa camada e com o uso das ferramentas de edição do ArcMap. Na criação da rede geométrica de esgoto pluvial foram gerados 9256 pontos de inconformidade na camada *Net_Junctions*. Na Figura 13 podem ser verificados exemplos de feições dessa camada onde se pode identificar a regra de topologia não respeitada “a extremidade deve ser coberta por” e também linhas (arcos) que deveriam ser unidas por não possuírem elementos (nós) entre os seus trechos.

Figura 13: Feições da camada de *Net_Junctions*

Fonte: Adaptado de ArcMap 10.8.

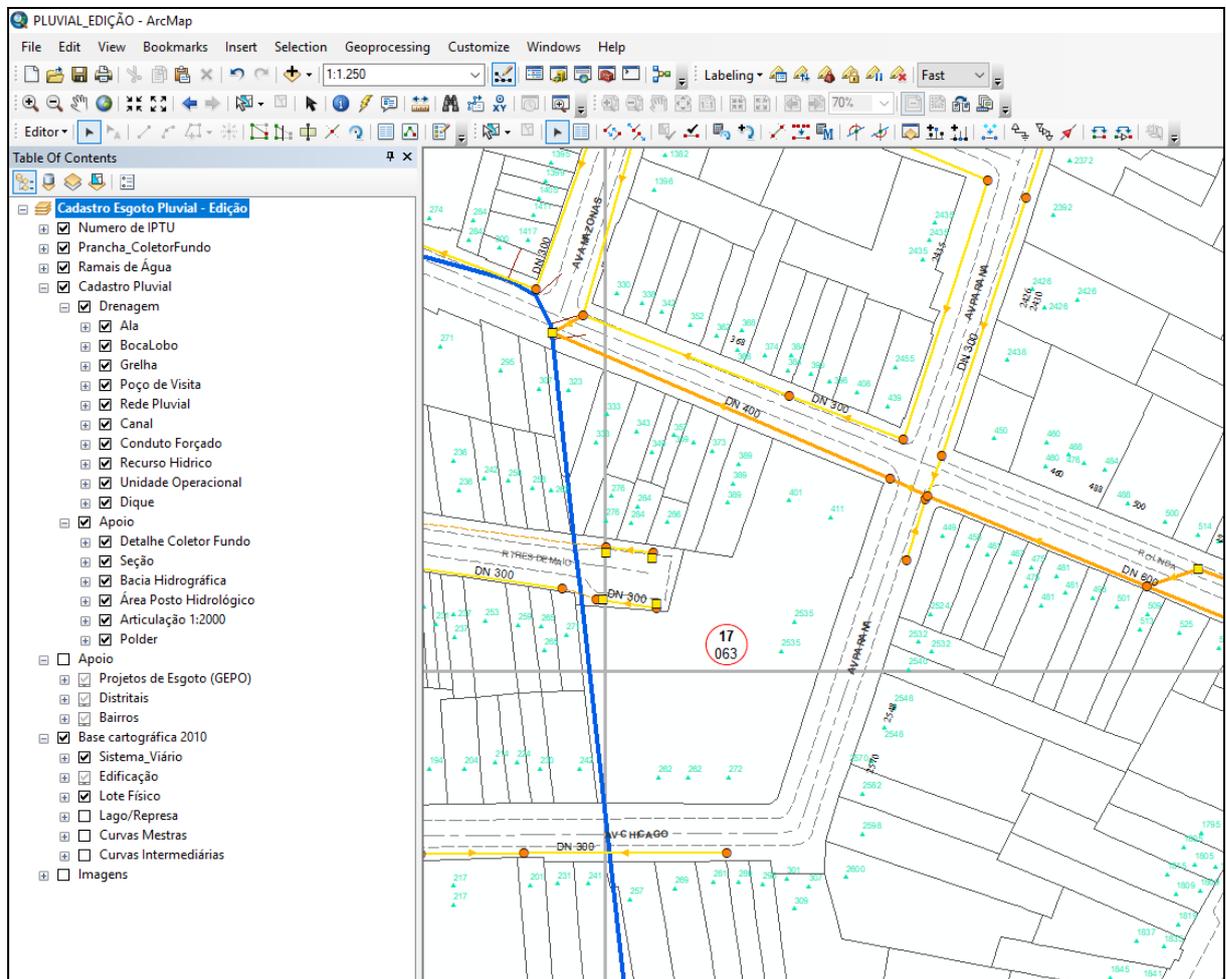
4.8 Elaboração dos Projetos MXD de Impressão e Edição

A prefeitura de Porto Alegre trabalha com dois formatos de banco de dados, um de edição, que fica disponível apenas para determinados técnicos da secretaria responsável pelos dados, e outro de leitura. Como a EQ-DOCGEO é responsável pelo cadastro, nossos técnicos têm a conexão do banco de edição e os demais funcionários do departamento com acesso ao ArcGIS ficam com a conexão de leitura.

Além disso, como o cadastro é solicitado pelos clientes internos e externos ao departamento, algumas camadas e simbologias devem ficar visíveis a esses clientes e outras não. É necessário, para tanto, construir os projetos MXD para os dois tipos de conexão e de cenário.

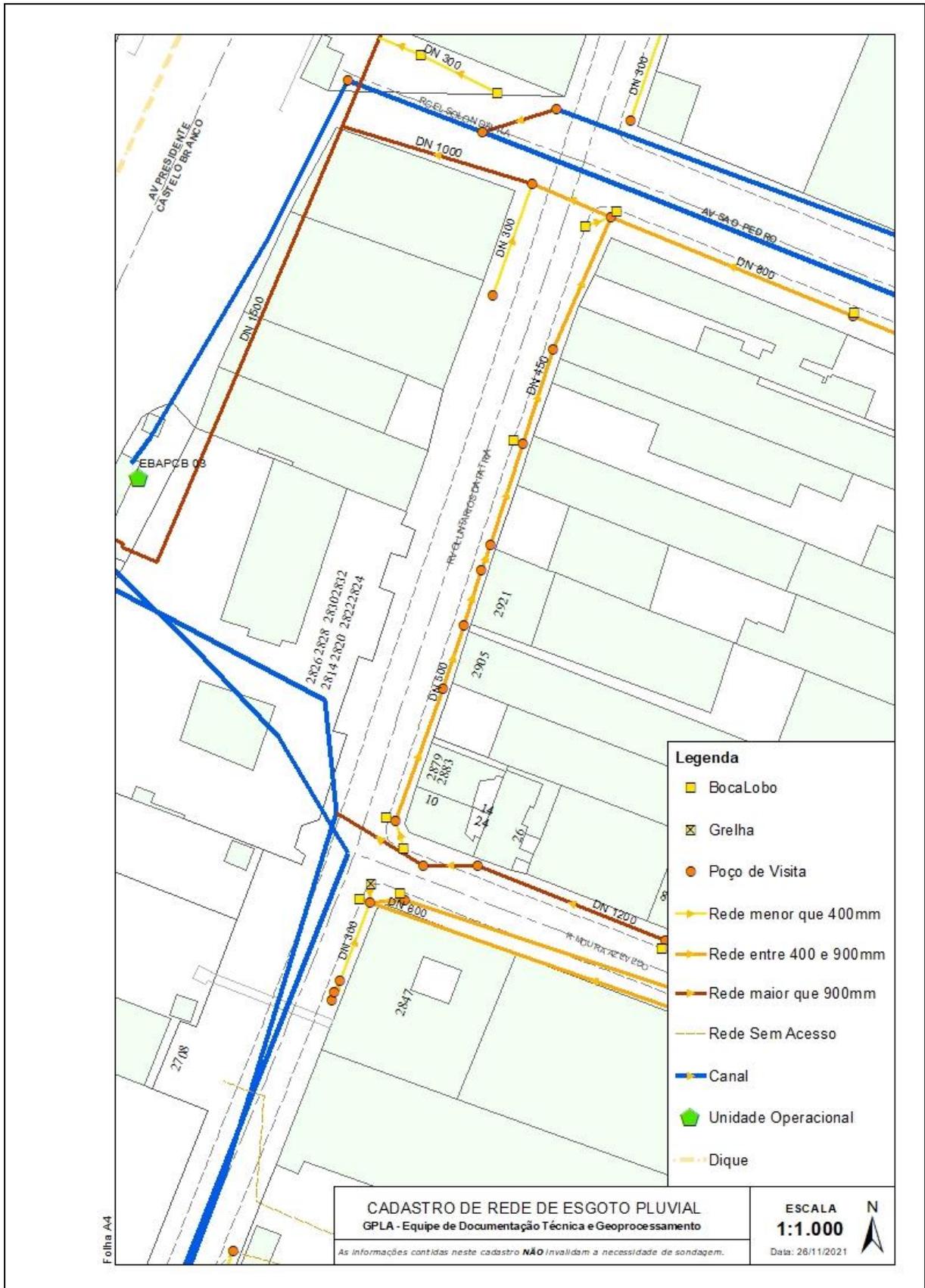
A simbologia da rede foi definida de modo a não apresentar grande mudança em relação à simbologia anterior, para evitar estranhamento pelos usuários. Além disso, foram considerados os estilos já aplicados nos projetos de água e esgoto, especialmente na parte do layout do projeto de impressão. Assim, foram realizadas melhorias especialmente nos rótulos e nas escalas de visualização das camadas. Na Figura 14, pode-se ver a área de edição no arquivo mxd de edição e na Figura 15, o layout para impressão e consulta do cadastro.

Figura 14: Arquivo mxd com a interface de edição



Fonte: Elaboração Própria.

Figura 15: Layout de impressão e Consulta



Fonte: Elaboração Própria.

5 CONCLUSÕES

Com a migração das atividades do DEP para o DMAE o projeto de remodelagem do cadastro de esgoto pluvial de Porto Alegre foi um projeto de melhoria demandado pelo corpo técnico do departamento. Na rotina de cadastramento e de solicitações de informações pelos clientes internos e externos, percebeu-se que informações estavam sendo perdidas ou entregues com atraso devido a inconsistências no banco de dados.

Assim, foi necessário o estudo da drenagem para entender sua dinâmica e planejar uma nova estrutura para o banco de dados. Além disso, o conhecimento e experiência dos técnicos do departamento foram fundamentais para que se obtivesse um novo cadastro eficiente para todos os usuários.

Os produtos cartográficos e documentais entregues ao fim da execução do projeto foram os seguintes:

- *Datasets* de leitura e de edição com as camadas remodeladas da rede de cadastro pluvial;
- Diagnóstico de erros topológicos;
- Planilhas com a remodelagem das camadas;
- Implementação de interface para consulta interna (projeto MXD);
- Implementação de interface para edição (projeto MXD);

O cadastro remodelado não foi o único benefício conquistado com esse projeto. Com a implementação da rede geométrica, muitas ferramentas novas podem ser aplicadas ao sistema de drenagem como, por exemplo, a possibilidade do rastreamento de redes e o uso de ferramentas de edição avançada. Ademais, a migração dos dados do antigo banco de dados para o remodelado trouxe uma série de pequenos projetos de melhoria que deverão ser executados visando a consistência e coesão dos dados:

- 1) Verificação de quais arrios canalizados estão erroneamente cadastrados como galerias e transferir para camada de recursos hídricos com a informação de canalização;

-
- 2) Verificação e correção do sentido da vetorização dos trechos de rede, canais, e condutos forçados a partir da ferramenta do ArcGIS para saneamento *trace*, que identifica as contribuições de rede a montante ou a jusante a partir de um determinado ponto escolhido;
 - 3) Correção das informações de profundidade na camada de BL utilizando os dados das cartas geradas a partir do aerolevanteamento de 1956. O campo estava equivocadamente modelado como número inteiro, tornando a informação inconsistente;
 - 4) Localização por ferramentas de proximidade da existência de PVs-BL cadastrados nas duas camadas (PV e BL), para manter apenas na camada de PV;
 - 5) Correção das informações do tipo de reservatório (retenção ou detenção) na camada de reservatórios de amortecimento;
 - 6) Incorporação de atributos que foram suprimidos para os novos atributos do banco remodelado. A camada de redes, por exemplo, contava com o atributo tipo, que era abastecido com informações variadas como tipo de junta, tipo de encaixe, se o trecho era um coletor de fundos, se estava envelopado. Essas informações devem ser transferidas para o novo atributo correspondente;
 - 7) Correção dos erros topológicos diagnosticados a fim de promover o uso correto das ferramentas de análise do ArcGIS para saneamento.

Por fim, foi verificado que o fato do banco de dados não estar preparado para receber algumas informações causou uma defasagem de atributos e que, por falta de clareza na linguagem dessa modelagem, muitas feições foram cadastradas de forma equivocada. Alguns desses problemas deverão ser resolvidos durante esses projetos descritos acima e outros poderão ser identificados na rotina do cadastrador. Agora, o novo banco de dados evitará que ocorram futuros problemas.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8890**: Tubo de concreto de seção circular para águas pluviais e esgotos sanitários — Requisitos e métodos de ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

BINELI, Aulus Roberto Romão; SAIS, Adriana Cavalieri; GONÇALVES, Rafael Henrique; **Banco de dados geográfico para cidades de pequeno porte: estudo de caso da Cidade de Andradas, MG**. Florianópolis, 2007.

BURROUGH, P. A.; MCDONNELL, R. A. **Principles of Geographical Information System. Spatial Information System and Geostatistics**. Oxford University, Oxford, 1998.

CÂMARA, Gilberto; DAVIS, Clodoveu; MONTEIRO, Antônio Miguel Vieira. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.

CAMARA POA. Site da Câmara Municipal de Porto Alegre. RS. Disponível em: <http://www.camarapoa.rs.gov.br/draco/processos/131722/LC_817.pdf>. Acesso em: 22 out. 2021

COWEN D.J. **SIG versus CAD versus DBMS: what are the differences? em "Introductory readings in Geographic Information Systems"**. Londres: Taylor and Francis, 1988.

DEPARTAMENTO DE ESGOTO PLUVIAL. **Caderno de Encargos**. Porto Alegre, 2005. Disponível em: <http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/ce-dep-2005_completo.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2021.

DEPARTAMENTO DE ESGOTO PLUVIAL. **Plano Diretor de Drenagem Urbana**. Porto Alegre, 2005. Disponível em:

<http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/manual_de_drenagem_ultima-versao.pdf>. Acesso em: 22 out. 2021

DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE PORTO ALEGRE.
NS039: Norma de Serviço para Cadastramento de Redes de Esgoto Sanitário.
Porto Alegre, 2013. Disponível em:
<<https://sesuite.procempa.com.br/se/v39994/document/webviewer/webviewer.php>>.
Acesso em: 04 jun. 2021.

ESRI. **ArcGIS Solutions.** Disponível em: < <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-solutions/overview>>. Acesso em: 11 nov. 2021.

FERREIRA, Nilson. **Apostila de Sistema de Informações Geográficas.** Goiânia, 2006. (Apostila)

GONÇALVES, André Fraga; **Utilização de geotecnologias na análise da possibilidade de conexão do cliente à rede coletora de esgoto cloacal.** Porto Alegre, 2019.

IBGE. **IBGE Cidades.** Disponível em:
<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-alegre/panorama>. Acesso em: 22 out. 2021

IMAGEM, Esri Official Distributor. **Aplicando a Ciência do Onde.** Youtube, 25 jul 2017. Disponível em: < <https://www.youtube.com/watch?v=2b1MRRDuF00>>. Acesso em: 01 jun 2021.

MORE: **Mecanismo online para referências, versão 2.0.** Florianópolis: UFSC Rexlab, 2013. Disponível em: <http://www.more.ufsc.br/>. Acesso em: 04 jun. 2021.

MOREIRAS, Marta Alexandra Costa; **O uso do software InfraSIG para a gestão da rede de abastecimento de água de Chaves: funcionalidades e potencialidade da sua aplicação no Ordenamento do Território.** Porto, 2020.

PAULO, Carla Vaz; **As redes como um modelo de dados geográfico em evolução: caso prático num SIG.** 2000.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. **Plano Municipal de Saneamento Básico – Volume 1: Diagnóstico.** Porto Alegre, 2015. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dmae/usu_doc/01_pmsb_diagnostico_web.pdf. Acesso em: 04 jun. 2021.

VASCONCELOS, A. G. C. D. **O Uso Do Sig Como Ferramenta De Estratégia E Tomada De Decisão Em Sistemas De Água E Esgoto: Estudo De Caso Do Sae Pedra Branca – PALHOÇA/SC.** Palhoça, 2018.