

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ENGENHARIA DE AGRIMENSURA

CÁSSIUS MATHEUS DOS SANTOS SOARES

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA TRANSIÇÃO DE REDES DE
DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE AMBIENTE CAD PARA SIG**

RIO LARGO – ALAGOAS

2021

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

S676d Soares, Cassius Matheus dos Santos

Desenvolvimento de metodologia para transição de redes de distribuição de água de ambiente CAD para SIG. / Cassius Matheus dos Santos Soares – 2021.

73 f.; il.

Monografia de Graduação em Engenharia de Agrimensura (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2021.

Orientação: Prof^a. Me. Wedja de Oliveira Silva

Inclui bibliografia

1. Cartografia. 2. Gestão de sistemas. 3. SIG. I. Título.

CDU 528

CÁSSIUS MATHEUS DOS SANTOS SOARES

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA TRANSIÇÃO DE REDES
DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE AMBIENTE CAD PARA SIG

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Graduação de Engenharia de
Agrimensura da Universidade Federal de Alagoas,
como requisito para obtenção do Título de Bacharel
em Engenharia de Agrimensura.

Wesley de Oliveira Silva

Prof. MSc. Wesley de Oliveira Silva.
(Orientador)

Daniel Henrique Santos Silva

MSc. Daniel Henrique Santos Silva
(Coorientador)

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado em: 19/02/21.

Banca Examinadora:

ARTHUR COSTA FALCÃO Assinado de forma digital por ARTHUR
TAVARES:92608272487 COSTA FALCÃO TAVARES 92608272487
Dados: 2021.02.16 19:31:29 -03'00'

Examinador Interno: Prof. Dr. Arthur Costa Falcão Tavares

Aline Neves Silva

Examinadora Externa: MSc. Aline Neves Silva

CÁSSIUS MATHEUS DOS SANTOS SOARES

**DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA TRANSIÇÃO DE REDES DE
DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA DE AMBIENTE CAD PARA SIG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação de Engenharia de Agrimensura da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Agrimensura.

Orientadora: Prof^ª. Ma. Wedja de Oliveira Silva.

RIO LARGO – ALAGOAS

2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço primordialmente a Deus. Ele é o propósito e a origem da minha existência e mais do que isso, é salvação, amor, vida, é a fonte de toda e qualquer virtude, dentre elas o conhecimento: propósito deste trabalho.

Agradeço aos meus pais por terem me dado todo o suporte e amor que permitiu desenvolver-me enquanto pessoa e como estudante, desde a tenra infância até a graduação. A eles meus agradecimentos e eterno amor.

Agradeço a minha esposa, Rebeca Soares, companheira e coparticipante em quaisquer conquistas da minha vida. Agradeço-a por me acompanhar em toda a minha caminhada, desde que a conheci.

Agradeço a toda a minha família. Vosso afeto me fez chegar até aqui. Aos meus avôs, avós, irmãos, tios, tias e sogros. Muito obrigado!

Agradeço a minha orientadora e professora Wedja Oliveira. Como é revigorante ver uma profissional vocacionada exercendo seu trabalho. Antes mesmo de diplomada, uma mestra. À mestra com carinho (uma musiquinha clichê).

Agradeço ao meu coorientador Danilo Henrique pelo suporte teórico e prático, não obstante sou grato pela sua disponibilidade.

Agradeço aos meus colegas de curso pelas boas risadas, companheirismo e divisão de experiências e lanches.

Agradeço aos membros da Banca Avaliadora por terem aceitado este convite.

Agradeço ao Curso de Engenharia de Agrimensura pela paciência.

“Até aqui nos ajudou o Senhor.” (1 Samuel 7: 12)

RESUMO

Com o processo de urbanização, há o aumento na procura por condições favoráveis às necessidades básicas do ser humano, tais como, bem-estar, alimentação e água. Lidar com o equilíbrio ambiental entre a demanda populacional e a disponibilidade dos recursos naturais, torna-se desafiador para a ciência. Neste contexto, a utilização dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG), como potenciais auxiliares da gestão do sistema de abastecimento de água, vem apresentando resultados eficazes. O objetivo deste trabalho foi propor uma metodologia de transição dos dados de um SAA – Sistema de Abastecimento de Água, de municípios de pequeno porte, habitualmente armazenadas em ambiente CAD, para um SIG, procurando analisar a potencialidade do Sistema de Informações Geográficas no auxílio à gestão do sistema de abastecimento de água, analisando os erros cadastrais, propondo uma padronização dos dados dos elementos do SAA, além da identificação das áreas de expansão urbana, para a projeção das redes de distribuição de água. O desenvolvimento da metodologia deu-se através do tratamento do acervo cartográfico existente, seguido por estruturação, desenvolvimento e geração do banco de dados. Em seguida houve conversão destes arquivos em formato CAD para SIG, o que gerou inconsistência nos dados que foram tratados e complementados na base urbana.

A metodologia proposta mostrou-se satisfatória, podendo ser replicada tanto para SAA, quanto para SES (Sistema de Esgotamento Sanitário). Estudos nessa vertente tornam-se cada vez mais necessários, visto a agenda 2030, o novo marco do saneamento, e a ampla necessidade para planejamento dos gestores e ciência dos consumidores, gerando uma visualização das suas condições atuais e futuras.

Palavras chave: SIG. Redes de distribuição de água. Regras topológicas.

ABSTRACT

The urbanization process brings an increase in demand for favorable favorable to the basic needs of human beings, such as well fare, food and water. Dealing with the environmental balance between population demand and the availability of natural resources is challenging for Science. In this context the utilization of Geographic Information Systems (GIS) is sought, as potential helpers in the management of the supply system of water, has been shown effective results. The objective of this work was to propose a methodology for the transition of data from a water supply networks in small towns, usually stored in a CAD environment, to a GIS, seeking to analyze the potential of the Geographic Information System to assist the management of the water supply system, analyzing the registration errors, proposing a standard of the water distribution system data, besides to searching urban areas for expansion of the water distribution network. The proposed methodology proved to be satisfactory and can be replicated for both water systems and sewage system. Studies in this area become increasingly necessary, given the 2030 agenda, the new sanitation framework, and the widespread planning needs of managers and consumer science, generating a view of their current and future conditions.

Keywords: GIS. Water system distribution. Topology Rules.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Sistema de Abastecimento de Água.	18
Figura 2: Normas Brasileiras Relativas ao Sistema de Abastecimento de Água.	19
Figura 3: Fluxo do Sistema de Abastecimento de Água.	20
Figura 4: Representação do Mundo Real, em Modelos de Dados Vetoriais e Raster.	20
Figura 5: Rede Geométrica em Ambiente GIS.	24
Figura 6: Geodatabase.	26
Figura 7: Tipos de dados suportados pelo Geodatabase.	27
Figura 8: Componentes de um Geodatabase.	28
Figura 9: Exemplo de Classes de Feições.	29
Figura 10: Blocos de Construção Básicos de um Geodatabase.	30
Figura 11: Como são compartilhadas as partes das feições armazenadas em um geodatabase.	31
Figura 12: Topologia de Geodatabase.	32
Figura 13: Exemplo de Rede de Transmissão de Água.	33
Figura 14: Exemplo de Classes de Relacionamento	34
Figura 15: Tipologia das Ligações de Água – CASAL.	36
Figura 16: Atribuição de id de Reservatório em Trechos por Roteamento e Polígono de Área de Atendimento Gerado Automaticamente.	38
Figura 17: Fluxograma Metodológico.	42
Figura 18: Definição do SGB no Arquivo em CAD, Dentro da Interface do ArcGIS 10.8.	43
Figura 19: Base Cartográfica do Município de Cacimba de Dentro em DWG.	45
Figura 20: Esquema de Modelagem do Banco de Dados.	46
Figura 21: Definição dos Atributos do Conjunto de Feições Base Cartográfica.	47
Figura 22: Atributos Definidos do Conjunto de Feições Rede de Água.	47
Figura 23: Construção do GDB.	47
Figura 24: Variação dos Layer de Rede de Água pelo Tipo de Diâmetro.	48
Figura 25: Seleção dos Atributos, Utilizando uma Expressão SQL.	49
Figura 26: Regras Topológicas Utilizando a Ferramenta <i>Topology</i> .	50
Figura 27: Construção do Geometric Network.	50
Figura 28: Visualização no Google Earth da Rede de Água e da Base Urbana.	51

Figura 29: Tabela de Atributos das Redes com seus Respective Diâmetros.	53
Figura 30: Tabela de Atributos das Junções com seus Tipos.	54
Figura 31: Desconexões da Rede.	55
Figura 32: Tratamento da Inconsistência dos Dados.	55
Figura 33: Visualização no Google Earth da Área de Expansão	56
Figura 34: Visualização no ArcGis da Base com as Correções Topológicas.	57
Figura 35: Mapa da Rede de Água e da Base Urbana.	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Regras Topológicas Utilizadas para o Tratamento da Topologia.....	49
Tabela 2: Quantitativo dos Elementos da Rede	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ANA – Agência Nacional de Águas

BRK –Brookfield

CAD – *Computer Aided Design*

CASAL – Companhia de Abastecimento de Água de Alagoas

CASE – *Computer-Aided Software Engineering*

COGO – Geometria de Coordenadas

COMPESA – Companhia Pernambucana de Saneamento

DXF – *Drawing Exchange Format*

DWG – Extensão de arquivos de desenho em 2D e 3D nativa do software *AutoCAD*

EEAT – Estação Elevatória de Água Tratada

EPANET – *Environment Protection Agency*

ESRI (*Environmental Systems Research Institute*)

ETA – Estação de Tratamento de Água

Funasa – Fundação Nacional de Saúde

GDB – *Geodatabase*

GIS – *Geographic Information System*

GNSS – *Global Navigation Satellite System*

KML – *Keyhole Markup Language*

NBR – Norma Técnica Brasileira

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

PPP – Parceria Público Privada

QGIS – *Quantum Gis*

RMR – Região Metropolitana de Recife

RMM – Região Metropolitana da Maceió

SAA – Sistema de Abastecimento de Água

Samae – Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto

SES – Sistemas de Esgotamento Sanitário

SEMEC –Secretaria Municipal de Economia

SEDET – Secretaria Municipal de Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente

SGR – Sistema Geodésico de Referência

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SQL (*Standard Query Language*)

UFES – Universidade Federal do Espírito Santo

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais

UML – *Unified Modeling Language*

URI – *University of Rhode Island*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 Objetivos	10
1.1.1 Objetivo Geral	10
1.1.2 Objetivos Específicos	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Saneamento Básico no Brasil	11
2.2 Sistemas de Abastecimento de Água (SAA)	12
2.3 SIG no Saneamento	15
2.3.1 Regras Topológicas	17
2.4 Banco de Dados	27
2.4.1 <i>Geodatabase</i>	28
2.5 Por que Realizar Transição de CAD para SIG?	36
2.5.1 Municípios que Utilizam SIG para Abastecimento de Água	37
2.5.2 Dificuldades para Instalação de Redes de Abastecimento em Municípios de Pequeno Porte	40
3. MATERIAIS E MÉTODOS	43
3.1 Objeto de Estudo	43
3.2 Materiais	43
3.3 Métodos	43
3.3.1 Conversão dos Dados do CAD para o SIG	48
3.3.2 Tratamento das Inconsistências dos Dados	50
3.3.3 Complemento da Base Urbana	52
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	59
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
7. ANEXO A – GEOMETRIAS E REGRAS TOPOLÓGICAS	65

1. INTRODUÇÃO

Conforme Chamberlain (2008), a relação com os recursos hídricos terrestres vai muito além de sua necessidade fisiológica para a humanidade. Desde o início da história humana, o desenvolvimento dos primeiros assentamentos não era feito longe de rios e lagos, onde a água trazia consigo grande abundância de alimentos. Grandes civilizações desenvolveram-se ao longo de rios, como os egípcios que habitavam as margens do rio Nilo, a Babilônia ao longo dos rios Tigre e Eufrates, dentre muitas outras, onde a água passava a ser utilizada também como meio de transporte, comércio e desenvolvimento. Sistemas de irrigação foram igualmente importantes para a produção de alimentos, especialmente em regiões áridas como no Crescente Fértil. Os romanos fizeram avanços nas técnicas de distribuição de água ao construir centenas de quilômetros de aquedutos por toda a Europa.

Segundo Silva (2016), a necessidade de utilização da água para abastecimento é indissociável da história da humanidade. Essa demanda determinou a própria localização das comunidades, desde que o homem passou a viver de forma sedentária, adotando a agricultura como meio de subsistência e abandonando a vida nômade, mais centrada na caça. A vida sedentária tornou mais complexa o equacionamento das demandas de água, que passaram então a incluir o abastecimento de populações e não mais de indivíduos ou famílias.

Segundo indicadores fornecidos pelo IBGE (2018) para a ODS, no Brasil, apenas 60% da população tem acesso a serviços de saneamento gerenciados de forma segura, enquanto na região Nordeste esse número cai para 54% de cidadãos que tem acesso a um sistema de esgotamento sanitário adequado.

Portanto, o presente trabalho pretende apresentar uma metodologia para transição de redes de distribuição de água que estavam em ambiente CAD (*Computer Aided Design*) e passando a serem integradas para um SIG, tornando eficazes as análises das regras topológicas em municípios de pequeno porte, possibilitando o processamento dos dados e geração de redes de abastecimento atualizadas.

Conforme Matos (2018), com o decorrer dos anos e os diversos avanços na área tecnológica, ocorreu o aprimoramento das técnicas de posicionamento no globo, possibilitando eficiência e rapidez na coleta e processamento de

informações geográficas. Nesse contexto surgem as Geotecnologias, que de acordo com Rosa (2005) são compostas por soluções em *hardware*, *software* e *peopleware*, que juntos constituem poderosas ferramentas para tomada de decisões. Dentre as geotecnologias podemos destacar o Sistema de Informação Geográfica (SIG), Cartografia Digital, Sensoriamento Remoto e o Sistema de posicionamento GNSS (*Global Navigation Satellite System*).

As geotecnologias apresentam-se como instrumento para subsídio dos estudos, visando à definição de políticas públicas, possibilitando a integração de diversos dados na mesma base territorial. Além disso, enfatiza a importância das geotecnologias na gestão territorial, ao afirmar que qualquer plano de ordenamento territorial requer subsídios técnico-científicos projetados numa base cartográfica (CONTADOR e MATIAS, 2017 apud CARVALHO e MÜLLER, 2006, p. 89).

A utilização dessas técnicas no gerenciamento e gestão dos serviços públicos permite aperfeiçoar a tomada de decisão por parte dos gestores, como, por exemplo, auxiliar as companhias de saneamento e abastecimento de água a manter o cadastro de redes de água atualizado, pois suas atividades compreendem a produção, distribuição, controle, análise e manutenção dos sistemas de abastecimento urbano, bem como a coleta e tratamento desse recurso vital para as sociedades (CAMARGO, 1997).

Diante da precariedade dos sistemas de distribuição de redes de infraestrutura, anualmente, uma considerável parcela da população brasileira é afetada por esse abastecimento deficiente. Por conta dessa problemática, uma das metas da Agenda 2030, dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), é que até 2030 se torne possível alcançar o acesso a saneamento e higiene adequados e equitativos para todos.

O foco do estudo volta-se para municípios de pequeno porte em virtude da defasagem no fornecimento de tais recursos informativos, ora por falta de ciência da área em expansão, ora por falta de direcionamento quanto à retificação e atualização topológica, influenciando negativamente a tomada de decisões de seus gestores bem como o planejamento urbano de cada região.

Visto isso, no tópico a seguir será apresentado o objetivo geral, assim como os objetivos específicos deste trabalho.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Definir uma metodologia para transição de redes de distribuição de água, de ambiente CAD para SIG.

1.1.2 Objetivos Específicos

1. Verificar e avaliar as bases cartográficas do estudo de caso;
2. Exportar a base do ambiente CAD para um SIG;
3. Identificar os elementos da rede;
4. Corrigir os erros topológicos;
5. Identificar os trechos passíveis de expansão da rede de abastecimento.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Saneamento Básico no Brasil

Para o Ministério das Cidades (BRASIL, 2011), o conceito de saneamento básico engloba o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, a limpeza e manejo de resíduos sólidos, e a drenagem e manejo de águas pluviais urbanas. Considera o saneamento ambiental em uma forma mais abrangente, inserindo outros aspectos do saneamento como o controle ambiental de vetores e reservatório de doenças, a prevenção e controle de ruídos, a promoção sanitária e o controle ambiental do uso e ocupação do solo, fomentando uma melhor qualidade de vida urbana e rural.

A Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020, atualizou o marco legal do saneamento básico, alterando a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento; A Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal; A Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; A Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados.

Segundo Rolnik (2001), inúmeras cidades sofrem com processo de crescimento desordenado, ocasionando danos na qualidade de vida e bem-estar dos cidadãos, que através desse processo de desorganização, acarreta danos as condições básicas de responsabilidade pública, tais como, saneamento básico, moradia, infraestrutura urbana e transporte. Além de gerar, em grande parte dos casos, um desequilíbrio entre o processo de expansão urbana e meio ambiente, por isso é imprescindível normas, leis e estudos que auxiliem uma melhor compreensão destes fenômenos presentes no processo de urbanização.

É necessário que os municípios tenham claros os limites de seus territórios, sendo a cartografia um instrumento indispensável para representar adequadamente a localização geográfica das propriedades e seus limites territoriais, devendo os dados que compõe o sistema de informações serem padronizados, o que consiste em ter o mesmo referencial geodésico, mesmo sistema de coordenadas, e o mesmo detalhamento para a escala de levantamento (OLIVEIRA, 2007).

O cadastro territorial é de extrema importância para o planejamento urbano, devendo ser este o foco de gestores para a tomada de decisões e incremento de políticas públicas.

No *Podcast* sobre Geotecnologias - Mapiar (2020), a entrevistadora Talita Stael, Mestre em Ciências Geodésicas e chefe de Cadastro Técnico da Prefeitura de Conde – Paraíba, complementa que o novo Marco Legal do Saneamento Básico, tem como principal objetivo universalizar e qualificar a prestação dos serviços no setor e ressalta que a lei anterior de 2007, tinha como princípios fundamentais a universalidade, integralidade, controle social e utilização de tecnologias apropriadas; estabelecia funções de gestão para os serviços públicos, como planejamento municipal, estadual e nacional e a regulação dos serviços, que deviam ser usados com normas e padrões.

Com a nova lei, uma das mudanças mais significativas é a retirada da autonomia dos estados e municípios do processo de contratação das empresas que distribuirão água para as populações e cuidarão dos resíduos sólidos. Com isto, há a flexibilização de parcerias entre o setor público e o privado. Portanto, ainda existe um processo de contratação de empresa, por meio de licitações, que prestarão serviços ao Estado em um período determinado, como por exemplo a Parceria Público Privada (PPP) da Região Metropolitana de Recife (RMR) e a PPP da RMM (Região Metropolitana de Maceió), ambas vencidas pela BRK Ambiental, com investimento de R\$ 5,4 (BRK Ambiental, 2020) e R\$ 2,009 bilhões de reais (CASAL, 2020) respectivamente,.

2.2 Sistemas de Abastecimento de Água (SAA)

Segundo SILVA (2016), entende-se por sistemas de abastecimento de água (SAA) o conjunto de equipamentos, obras e serviços voltados para o

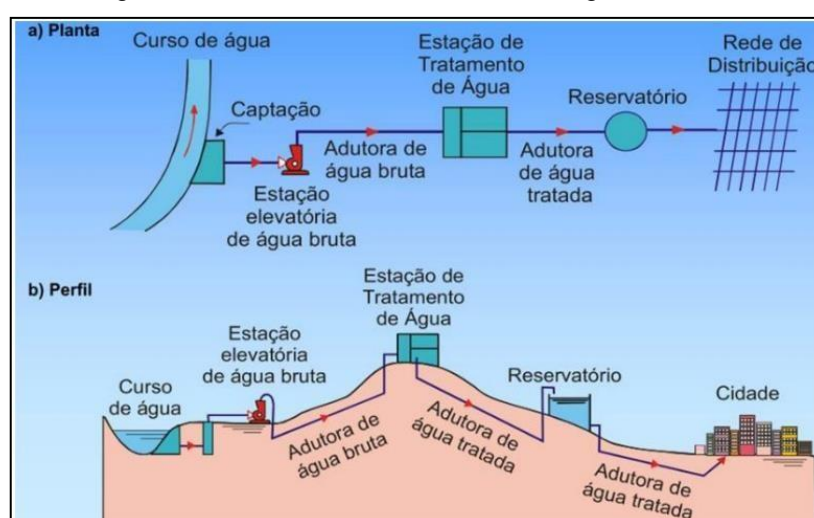
suprimento de água potável a comunidades para fins de consumo doméstico, industrial e público.

Estes sistemas de abastecimento são compostos, de uma maneira geral, pelas unidades de captação, tratamento, estação elevatória, adução, reservatórios, rede de distribuição e ligações prediais. O SAA tem importância fundamental nos níveis de saúde da população da cidade ou comunidade, na qual o sistema fornece água, diminuindo a incidência de doenças de veiculação hídrica. A implantação ou o aperfeiçoamento dos serviços de abastecimento somado a um sistema de esgoto adequado proporciona um maior controle e prevenção de doenças, a promoção de hábitos saudáveis e higiênicos, o desenvolvimento econômico e social.

Conforme Tsutiya (2008), a concepção dos sistemas de abastecimento de água é variável, em função do porte da cidade, topografia, sua posição em relação aos mananciais e etc. De um modo geral, os sistemas convencionais de abastecimento de água são constituídos das seguintes partes: manancial, captação, estação elevatória, adutora, estação de tratamento de água, reservatórios e rede de distribuição

Na Figura 1 abaixo, é possível visualizar o modelo geral de Sistema de Abastecimento de Água.

Figura 1: Sistema de Abastecimento de Água.



Fonte: TSUTIYA (2006).

Analisando a Figura 1, podemos visualizar a planta e o perfil da rede de abastecimento de água, bem como a rede de distribuição que segundo Silva

(2017) representa a fase final de um sistema de abastecimento de água, na qual se procede o fornecimento de água potável à população. Se caracteriza por um conjunto de tubulações, conexões e peças especiais, destinada a conduzir água em quantidade,

qualidade e pressão suficientes para o abastecimento de diversos pontos de consumo. Esta distribuição é efetuada por intermédio de tubulações da rede pública, que devem ser dimensionadas de modo a permitir o fornecimento de água às instalações dos edifícios (prédios, moradias, escolas, hospitais, etc) em quantidade suficiente, pressão adequada e qualidade desejável.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) possui um compilado de normas que fornecem diretrizes sobre as normativas de Sistema de Abastecimento de Água e Redes de Abastecimento de Água que estão demonstradas na Figura 2 que segue abaixo.

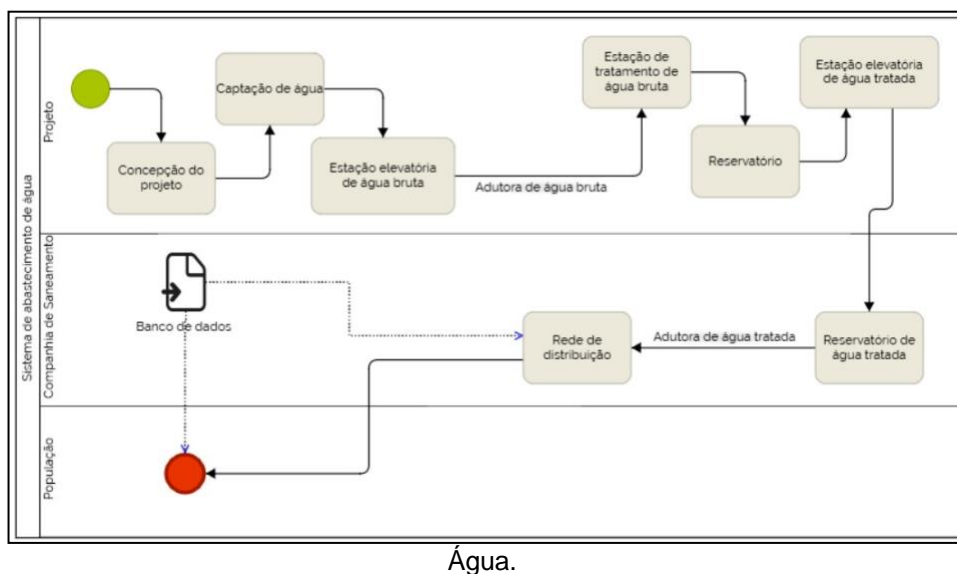
Figura 2: Normas Brasileiras Relativas ao Sistema de Abastecimento de Água.

Etapas da distribuição de água	Norma / ANO	Título
Concepção	NBR 12.211/92	Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água – Procedimento.
Cadastro	NBR 12.586/92	Cadastro de Sistema de abastecimento de água – Procedimento.
Captação	NBR 12.213/92	Projeto e captação de água de superfície para abastecimento público - Procedimento.
Tratamento	NBR 12.216/92	Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público – Procedimento.
Adutora	NBR 12.215/91	Projeto de adutora de água para abastecimento público – Procedimento.
Reservatório	NBR 12.217/94	Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento.
Distribuição	NBR 12.218/94	Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público – Procedimento.
Execução	NBR 12.266/92	Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água, esgoto.

Fonte: Adaptado de Silva (2017).

Silva (2017) elaborou um quadro contendo o fluxo do sistema de abastecimento de água utilizando ferramenta SIG, conforme apresentado na Figura

Figura 3: Fluxo do Sistema de Abastecimento de



Água.

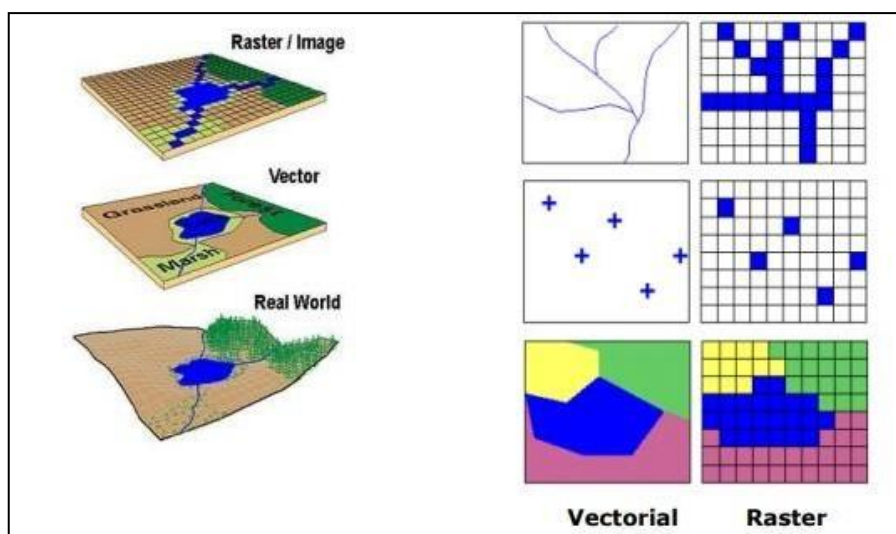
Fonte: Silva (2017).

2.2 SIG no Saneamento

Os dados espaciais, em SIG, têm dois formatos primários (arranjo de dados para armazenamento ou apresentação): raster/matricial e vector/vetorial. O formato matricial é baseado numa estrutura de grade de células, enquanto o formato vetorial é mais parecido com um mapa de linhas (DAVIS, 2001).

Na Figura 4, temos a representação, sob o ponto de vista do mundo real do comportamento de dados vetoriais e matriciais.

Figura 4: Representação do Mundo Real, em Modelos de Dados Vetoriais e Raster.



Fonte: Cavalcante (2015).

Segundo Cavalcante (2015), os formatos vetoriais são mais indicados para representações de entidades com distribuição espacial exata (localização de pontos de captação de água, estradas, usos do solo, etc.), têm uma estrutura de dados compacta e a topologia pode ser descrita explicitamente (aconselhável, por exemplo, em análises de redes). Enquanto que os formatos matriciais são indicados para representações de grandezas com distribuição espacial contínua (pressão atmosférica, temperatura, etc.), têm uma estrutura de dados simples, permitem a incorporação imediata de dados de sensores remotos e são adequados à análise espacial, face à facilidade de implementação dos algoritmos computacionais necessários a este tipo de análise.

Conforme Silva (2006), o geoprocessamento pode ser entendido como um conjunto de tecnologias que tem como objetivo coletar e tratar informações espaciais para um fim específico, executado por meio de um SIG. O SIG é um conjunto integrado de softwares, pessoas e informações que tem por finalidade organizar, gerenciar e otimizar as atividades que fazem uso das informações geográficas. Este Sistema surgiu da necessidade de analisar as informações georreferenciadas e dar suporte nas tomadas de decisões.

O SIG é um sistema que possui como principal característica a capacidade de integrar, em uma única base de dados, informações espaciais provenientes de dados geográficos, imagens de satélites, redes de transporte e de distribuição de água e combinar essas informações através de algoritmos de manipulação (COSME, 2014). O investimento na implantação do SIG vem crescendo consideravelmente nos últimos anos. Esse avanço se faz necessário para tornar as concessionárias mais ágeis em seus processos de informação e em tomadas de decisão. Este crescimento já era apontado por Ferreira (2005) devido ao SIG ser uma forma eficaz de interligar as informações dos componentes de uma rede de água a uma base espacial, permitindo relacionar dados de carácter geográfico e dados alfanuméricos, tornando as possibilidades de armazenamento e gestão da informação praticamente ilimitada.

Devido à grande necessidade de gerir grandes volumes de informação relativa aos sistemas de abastecimento de água, é importante a existência de base de dados para armazenamento e gestão da informação alfanumérica. A base de dados consiste não só em armazenar a informação alfanumérica como permite fazer ligação de toda a informação à respectiva geometria em ambiente de SIG,

facilitando a gestão da informação (VIEIRA, 2011).

De acordo com Buzolim Júnior (2001) o SIG é uma ferramenta fundamental para disponibilizar e gerenciar todas as bases e as informações pertinentes a cada componente do sistema de abastecimento de água. O uso dessa ferramenta vai muito além das atividades empresariais e sua correta aplicação torna todas as atividades empresarias mais eficiente, ou seja, mantendo a interoperabilidade dos dados.

Buzolim Júnior (2001) reforça o uso do SIG ao afirmar que com as diversas aplicações desse sistema é possível identificar quais válvulas devem ser fechadas para que se obtenha a interrupção do abastecimento no local desejado, interrompendo o mínimo de economias do abastecimento, uma vez que no banco de dados criado é possível armazenar informações sobre a interrupção, duração, serviços afetados, tipo de material, dentre outras.

2.2.1 Regras Topológicas

Uma das características mais importantes dos SIG, é a capacidade desses sistemas possuírem estruturas para o armazenamento dos relacionamentos (vizinhança, proximidade e pertinência) entre os objetos espaciais (ARONOF, 1989). Estes relacionamentos são fundamentais para possibilitar a realização de diversos tipos de operações de análise espacial.

O termo topologia é atribuído às estruturas de relacionamentos espaciais que podem, ou não, ser mantidas no banco de dados. Um banco de dados espacial é dito topológico se ele armazena a topologia dos objetos. Por outro lado, um banco de dados é dito cartográfico se os objetos são vistos e manipulados somente de forma independente (GOODCHILD, 1990).

As regras topológicas existentes no catálogo da ESRI (*Environmental Systems Research Institute*) permitem relacionar feições em uma única classe ou subtipos. Entende-se por classe de feições uma coleção de feições que compartilham o mesmo tipo de geometria (ponto, linha ou polígono) e podem ser agrupadas em conjuntos de dados de feições, devendo ter o mesmo sistema de coordenadas e estar dentro da mesma extensão geográfica. Sendo possível, desta forma, gerar um relacionamento entre as classes (linha com linha, ponto com ponto) e com os grupos (ponto com linha, linha com ponto). Perfazendo,

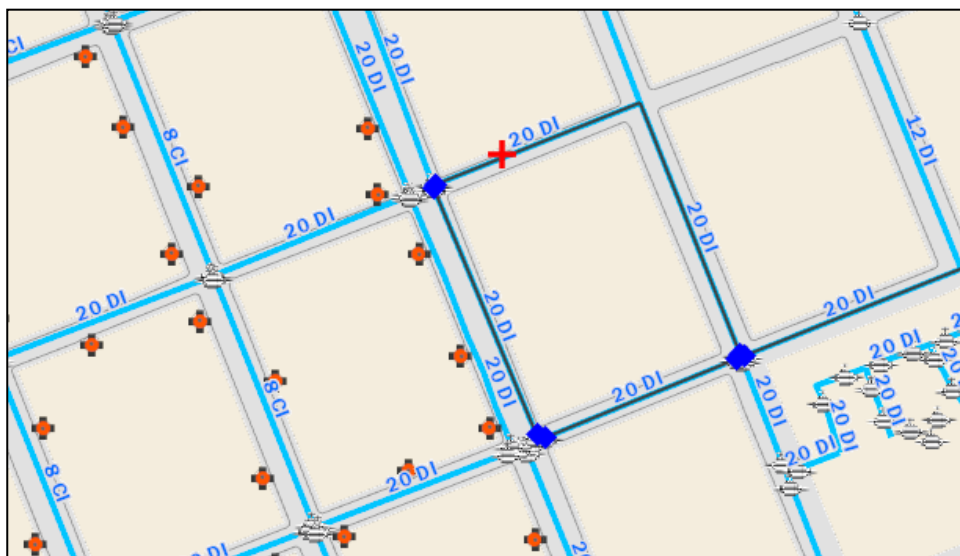
juntamente com as tabelas (que contém dados não espaciais que podem ser associados às classes de feições), a criação do banco de dados, conforme pode ser analisado no Anexo A.

Estas regras permitem correlacionar os relacionamentos espaciais entre classes e em um grupo de classes de feições, permitindo a definição dessas relações entre feições em uma única classe ou subtipo ou entre duas classes ou subtipos. Elas permitem a definição de relacionamento espaciais que atendam às necessidades do seu modelo de dados.

Erros topológicos são violações das regras que podem ser facilmente encontradas e gerenciadas usando ferramentas de edição encontradas no software ArcMap. Estas regras seguem de acordo com os tipos de representação vetorial: ponto, linha e polígono. O quadro abaixo lista quais são as identificações dentro de cada geometria.

Em entrevista fornecida ao Podcast Mapiar (2020) sobre o Cadastro Técnico de Redes de Infraestrutura, a Engenheira Agrimensora analista de geoprocessamento da Compesa (Companhia Pernambucana de Saneamento), Elba Gonzaga, afirmou que a estrutura de banco de dados mais apropriada para cadastro de Sistema de Abastecimento de Água (SAA) e Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) é a que contém Rede Geométrica, sendo esta composta por componentes com primitivas geometrias lineares e pontuais, que quando definida, determina que o cadastro de dado linear (rede/adutora) deve sempre ser interrompido onde houver informação de representação pontual, precisando ser cadastrado considerando a classe de objeto (camada) que a interrupção pertence (ex.: conexão, válvula, poço de visita, etc.). Sendo assim, qualquer dado linear cadastrado deve ter em cada extremidade um dado pontual associado/conectado. A não sobreposição do dado pontual à junção implica em conexão de rede inválida, constituindo erro de cadastro. A rede geométrica pode beneficiar a execução de várias análises, tais como: encontrar todos os elementos da rede conectados ou desconectados, encontrar loops na rede, determinar a direção do fluxo das redes; definir quais válvulas devem ser manobradas para casos de abastecimento e manutenção na rede, como podemos ver no exemplo da Figura 6.

Figura 5:: Rede Geométrica em Ambiente GIS.



Fonte: *ArcGis for Developers*.

Ainda conforme a entrevistada, as regras topológicas que norteiam as estruturas das redes são determinadas por cada concessionária de serviço de infraestrutura tem sua forma de trabalhar com o cadastro das redes. Sendo válido frisar que nem todas utilizam ambiente SIG. Gonzaga continua afirmando que na Compesa, ao realizar a transição do ambiente CAD pro SIG foram encontrados muitos erros topológicos, duplicidades, e com isso foi montada a normativa interna da empresa. Todas essas aplicações da topologia de redes, das redes geométricas, das conexões, foram feitas no *ArcGIS*.

2.3 Banco de Dados

A evolução científica e tecnológica dos últimos anos, impulsionada principalmente pelas necessidades de padronização de dados e a interoperabilidade entre os programas de SIG, fez surgir o conceito de bancos de dados geográficos. Em um banco de dados geográficos, as geometrias e as descrições dos elementos que representam as características do mundo real são armazenadas, gerenciadas e processadas em um único ambiente computacional, o Sistema Gerenciador de Bancos de Dados Relacional (Ferreira, 2006).

A fim de se conhecer melhor os bancos de dados geográficos, a seguir será apresentado o *Geodatabase*, um dos formatos de dados espaciais da *ESRI*, que é armazenado em banco de dados relacional mediante apostila de *ArcGis*

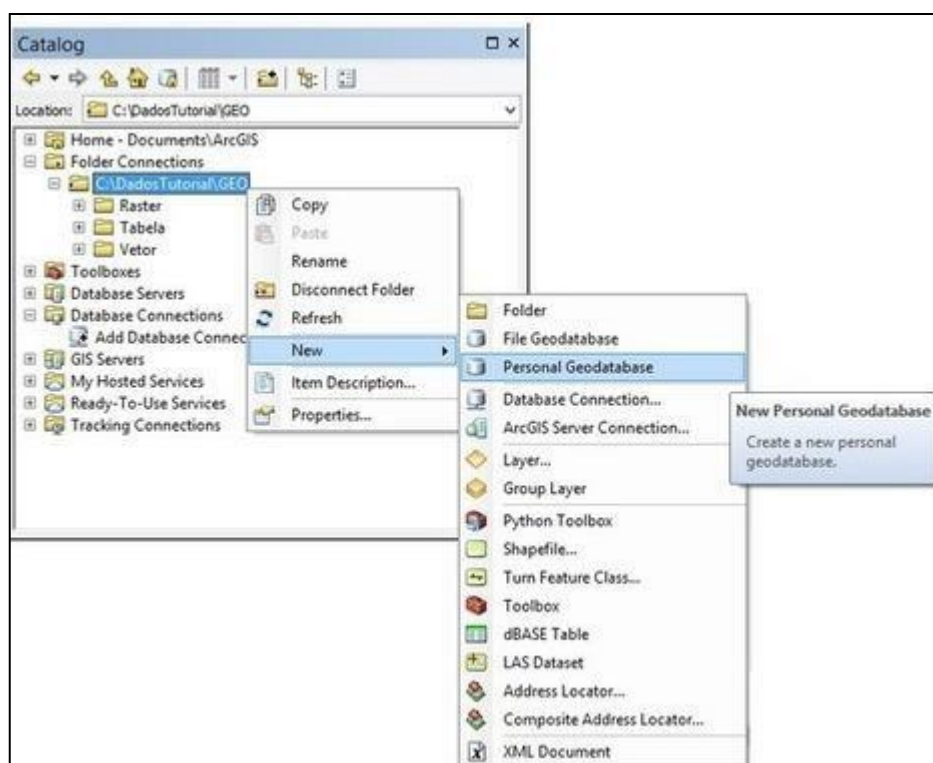
elaborada

pelo Laboratório de Topografia e Cartografia da Universidade Federal do Espírito Santo.

2.3.1 Geodatabase

De acordo com o Laboratório de Topografia e Cartografia – UFES (2012), *Geodatabase* é um banco de dados relacional que armazena dados geográficos. É um “*container*” para armazenar dados espaciais e de atributo (descritivos) e relacionamentos que existem entre eles (Figura 6). Os dados geográficos são armazenados em Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados Relacionais (SGBDR).

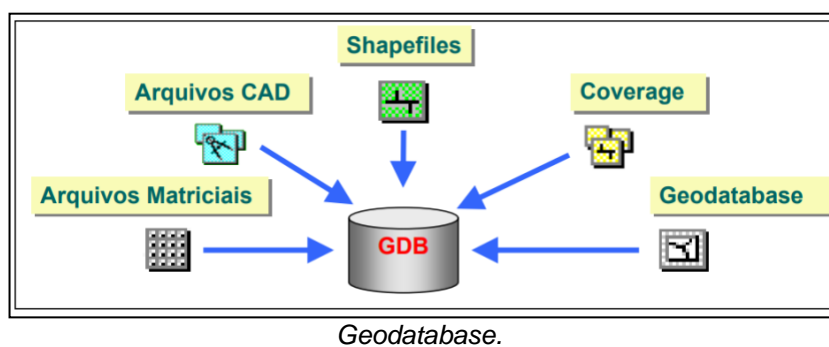
Figura 6: Geodatabase.



Fonte: Click Geo (2020).

O ArcGIS possui ferramentas de conversão de dados, viabilizando, desta forma, a utilização de dados existentes, conforme se pode observar na Figura 7.

Figura 7: Tipos de dados suportados pelo



Fonte: Ferreira (2006).

Vantagens de um *Geodatabase*:

- Gerenciamento de dados *GIS* centralizado;
- Conjuntos de feições contínuos;
- Geometria de feições avançadas;
- Suporte *COGO* (geometria de coordenadas);
- Subtipos de feições;
- Topologia flexível, baseada em regras;
- Edição de dados mais precisa;
- Anotações ligadas a feições;
- Feições personalizadas;
- Redes Geométricas;
- Referenciamento linear;
- Controle de Versões;
- Edição desconectada;
- Suporte a UML (*Unified Modeling Language*) e ferramentas CASE (*Computer-Aided Software Engineering*).

Estrutura do *Geodatabase*:

Um *geodatabase* tem três componentes primários:

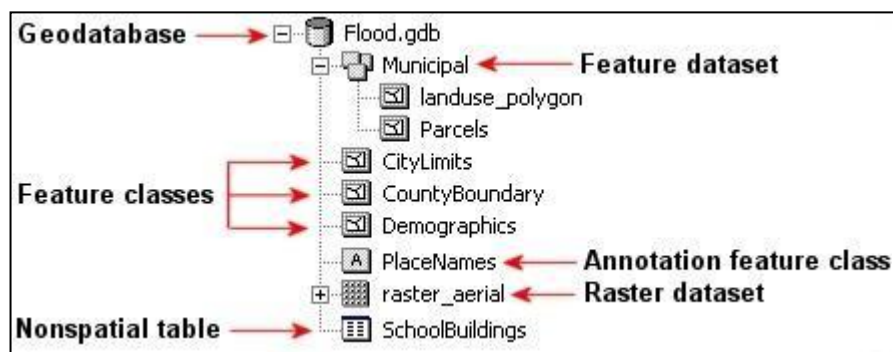
- Uma **classe de feição** é uma coleção de feições que compartilham o mesmo tipo de geometria (ponto, linha ou polígono).
- Classes de feições podem ser agrupadas em **conjuntos de dados de feições**. Todas as classes de feições em um conjunto de dados de feições devem ter o mesmo sistema de coordenadas e estar dentro da mesma extensão

geográfica.

- **Tabelas** contêm dados não-espaciais que podem ser associados a classes de feições.

Todos três componentes são criados e gerenciados no *ArcCatalog*, conforme Figura 8.

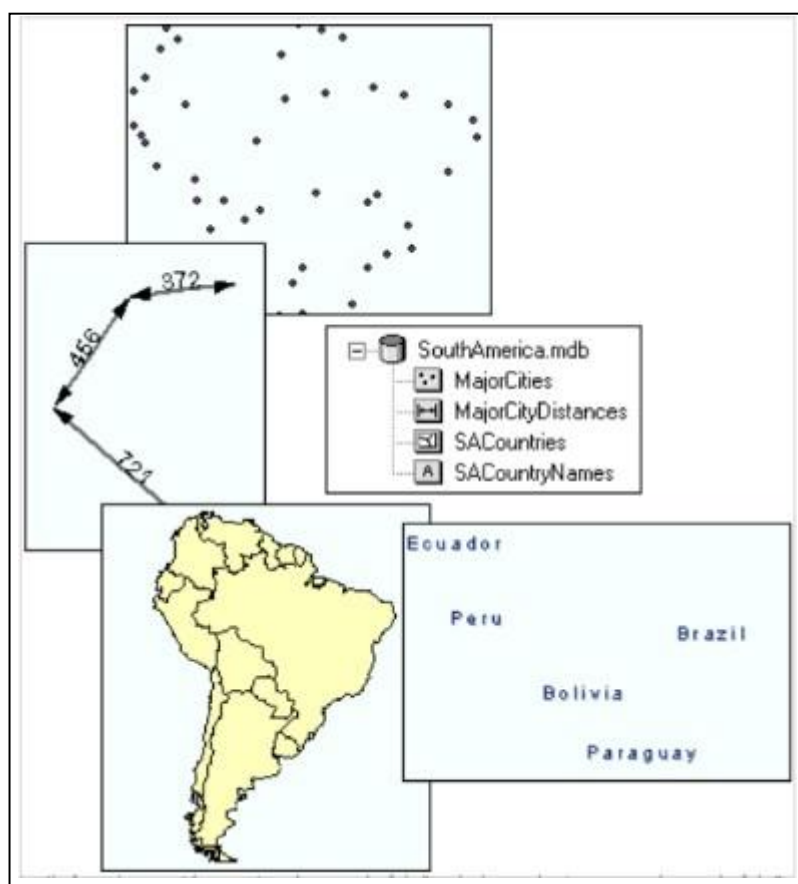
Figura 8: Componentes de um *Geodatabase*.



Fonte: <https://mgimond.github.io/Spatial/gis-data-management.html>.

Classes de Feição: é uma coleção de feições geográficas com o mesmo tipo de geometria, os mesmos atributos, e a mesma referência espacial. Também podem armazenar anotações e existir independentemente em um *geodatabase* como classes de feições independentes ou você pode agrupá-las em conjuntos de dados de feições segundo exemplo na Figura 9.

Figura 9: Exemplo de Classes de Feições.



Fonte: Laboratório de Topografia, UFES.

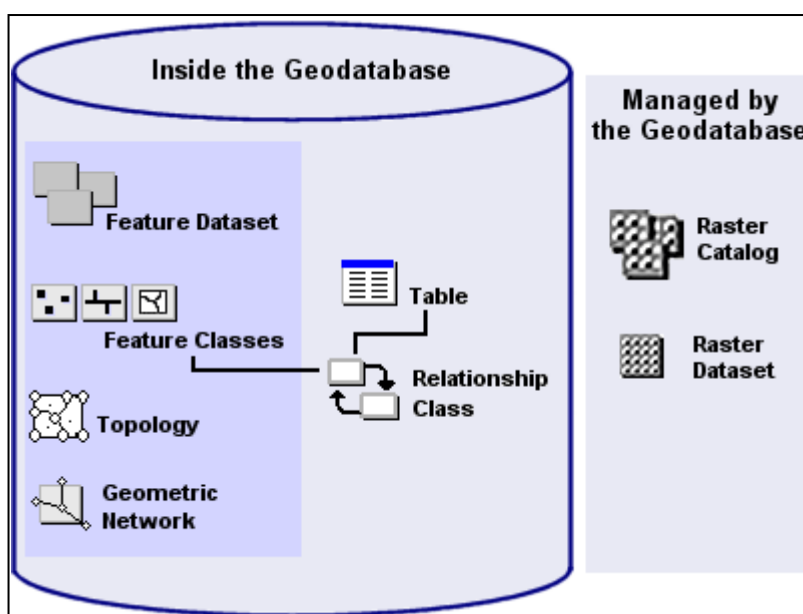
Conjunto de Dados de Feições: é composto de classes de feições que foram agrupadas de forma que elas possam participar em relacionamentos topológicos umas com as outras. Todas as classes de feição em um conjunto de dados de feição devem compartilhar a mesma referência espacial; isto é, elas devem ter o mesmo sistema de coordenadas e suas feições devem estar dentro de uma área geográfica comum.

Tabelas do Geodatabase: um *geodatabase* é composto inteiramente de tabelas, mas a maioria dessas tabelas está oculta quando você trabalha com o *geodatabase* no *ArcCatalog* ou *ArcMap*. Sua interação com as tabelas é gerenciada pelo *software*. Há apenas dois tipos de tabelas com as quais você interage diretamente: tabelas de classe de feição e tabelas de atributos não-espaciais. As tabelas são exibidas no formato tradicional de linha-e-coluna. Tabelas de classe de feição possuem uma ou mais colunas que armazenam a geometria da feição. Tabelas não-espaciais contêm apenas dados de atributo (sem geometria de feição).

Domínio do *geodatabase*: os domínios são utilizados para descrever os valores aceitos em um campo. Somente valores ou faixas de valores que foram julgados válidos podem ser utilizados como entrada em um campo onde um domínio for aplicado. Portanto, o domínio é um recurso importante para manter a integridade dos dados, especialmente quando os dados estiverem sendo coletados no campo por muitos trabalhadores. (Esri, 2020).

Blocos de construção básicos de um *geodatabase*: são classes de feições, conjuntos de dados de feições, e tabelas. Usando esses, você pode construir objetos mais complexos em seu *geodatabase*. Você pode criar associações baseadas em relacionamentos espaciais (topologia) ou em atributos (classes de relacionamento). Você pode também construir redes geométricas para modelar o fluxo de recursos (Figura 10).

Figura 10: Blocos de Construção Básicos de um *Geodatabase*.



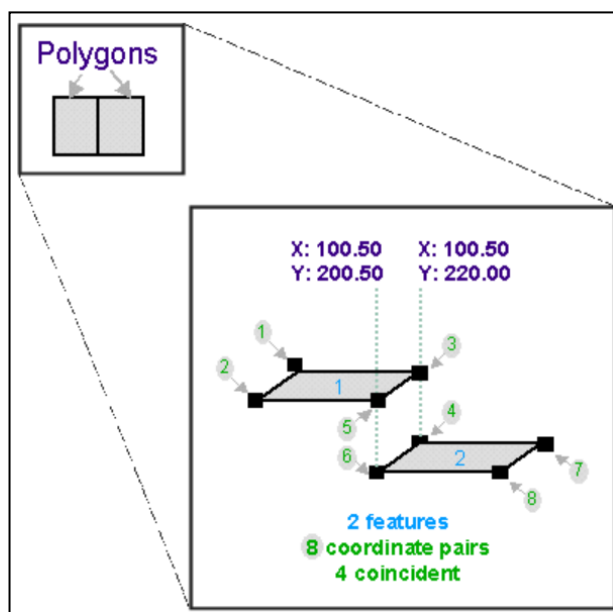
Fonte: URI (2020).

Topologia: é definida pelos relacionamentos espaciais entre feições. Determina a adjacência e conectividade de feições. Há três tipos de topologia disponíveis no *geodatabase*, topologia de *geodatabase*, topologia de mapa, e a topologia criada para uma rede geométrica.

Em uma topologia de mapa ou topologia de *geodatabase*, topologia de linha e polígono consiste de feições com segmentos coincidentes. Cada feição armazena todas as coordenadas para si própria; portanto, a geometria para

segmentos coincidentes é armazenada duas vezes no geodatabase. Feições de ponto se comportam como nós quando elas são coincidentes com outras feições, de acordo com a Figura 11.

Figura 11: Como são compartilhadas as partes das feições armazenadas em um *geodatabase*.



Fonte: Laboratório de Topografia, UFES.

Nesse exemplo, os dois polígonos são adjacentes porque ambos têm um segmento que é composto de coordenadas 100.50, 200.50 e 100.50, 220.00. Cada par de coordenadas é armazenado duas vezes no *geodatabase*.

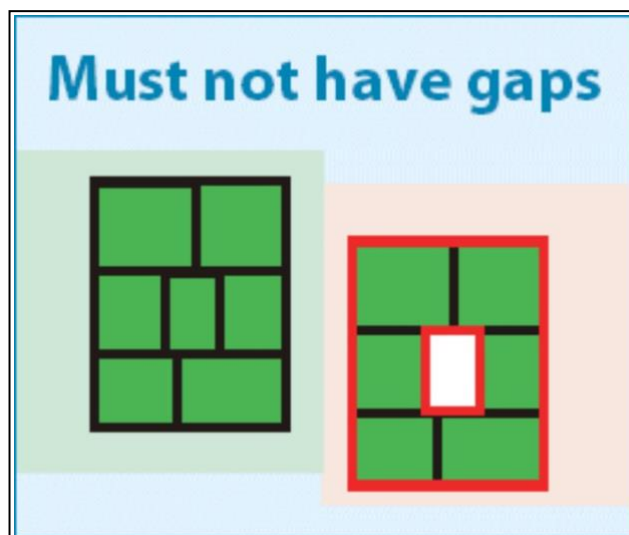
Geometria Coincidente: quando feições ou partes de feições são coincidentes, elas ocupam o mesmo espaço no mesmo plano. Em outras palavras, as coordenadas da feição 'casam' perfeitamente ou as feições compartilham de uma parte comum. No *geodatabase*, as coordenadas compreendendo a parte comum são armazenadas para cada feição. Por exemplo, se duas linhas são coincidentes, elas serão ambas desenhadas no *ArcMap*, com uma linha caindo precisamente sobre a outra. Para dois polígonos adjacentes, as coordenadas para a fronteira compartilhada serão armazenadas com cada polígono e a fronteira será desenhada duas vezes.

Classes de Feição e Geometria Coincidente: Dentro de um conjunto de dados de feição, dependendo de localizações relativas das feições em uma classe de feição para feições em outras classes de feição, edições que você faz em uma

classe de feição podem resultar em edições serem feitas automaticamente a algumas ou todas de outras classes de feições no conjunto de dados de feições. Por exemplo, no conjunto de dados de feições da Rede Geométrica, se você mover uma feição de linha de água, suas junções moverão também porque feições nas três classes de feições compartilham coordenadas coincidentes.

Topologia de Geodatabase: é, simplificada, um conjunto de regras e propriedades que definem os relacionamentos espaciais que você quer modelar e preservar em seus dados. O *ArcGIS* inclui mais de 20 regras de topologia que você pode escolher. Para criar e editar uma topologia de *geodatabase*, você precisa de uma licença do *ArcEditor* ou *ArcInfo*. A Figura 12 exemplifica uma regra topológica existente no catálogo da *Esri*.

Figura 12: Topologia de *Geodatabase*.



Fonte: Esri (*Environmental Systems Research Institute*).

Cada regra de topologia se aplica a um tipo particular de relacionamento espacial. Por exemplo, não deve conter intervalos é uma regra de topologia que define um relacionamento espacial entre fronteiras de polígono.

Topologia de Mapa: cria relacionamentos topológicos temporários em uma ou mais classes de feição em um *geodatabase* durante uma sessão de edição no *ArcMap*. As ferramentas de edição de topologia do *ArcMap* são usadas para manter esses relacionamentos enquanto editando. Podem ser criadas e editadas

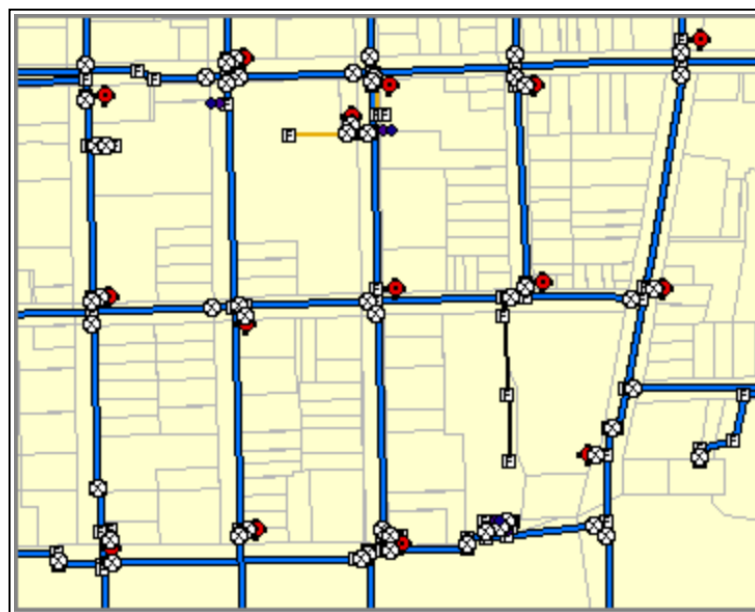
usando *ArcView*, *ArcEditor*, ou *ArcInfo*. Esta topologia é criada durante uma sessão de edição no *ArcMap*.

Topologia de Rede Geométrica: Relacionamentos topológicos são armazenados no *geodatabase* e mantidos automaticamente pelo *software*. No *geodatabase* e topologias de mapa, relacionamentos espaciais não são armazenados

– eles são “descobertos” quando houver necessidade. Relacionamentos topológicos são estabelecidos entre feições de ponto e linha apenas. Para criar e editar uma rede geométrica, você precisa de uma licença do *ArcEditor* ou *ArcInfo*.

Redes Geométricas: o *ArcGIS* pode modelar redes do mundo real com uma rede geométrica. Uma rede de transmissão de água é modelada no *geodatabase* usando uma rede geométrica, conforme exemplo na Figura 13.

Figura 13: Exemplo de Rede de Transmissão de



Água.

Fonte: Laboratório de Topografia, UFES.

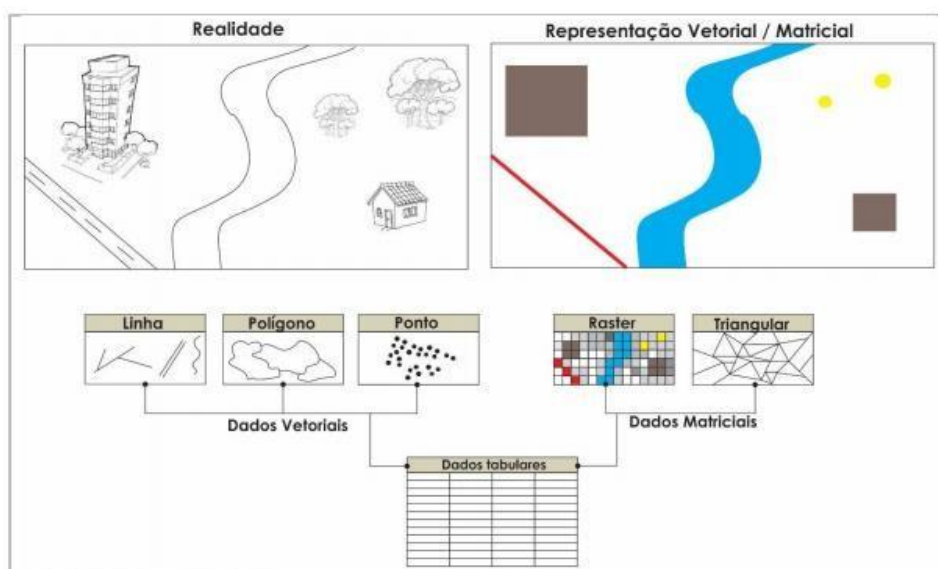
Propriedades de uma Rede Geométrica:

- Configura a direção na qual os recursos fluirão através da rede.
- Atribui pesos que controlam a velocidade de fluxo através de partes diferentes da rede.
- Especifica regras que controlam como cada elemento na rede se conecta aos outros.

Conjuntos de Dados de Feições e Redes Geométricas: Classes de feição que participam em uma rede geométrica devem ser colocadas em um conjunto de dados de feições. Todas as feições no conjunto de dados de feições são dependentes umas das outras - linhas de água não podem se conectar sem uma junção, e junções e encaixes não podem existir a menos que eles estejam anexados a uma linha de água.

Classes de Relacionamento: fornecem uma forma de modelar relacionamentos do mundo real que existem entre objetos tais como lotes e edificações ou córregos e dados de amostra de água. Definem as propriedades dos relacionamentos. Estas classes criam regras para manter relacionamentos válidos e são criadas no *ArcCatalog*. Na Figura 14, podemos analisar o exemplo de classes de relacionamento.

Figura 14: Exemplo de Classes de Relacionamento



Fonte:

http://www.sigaceivap.org.br:8080/publicacoesArquivos/ceivap/arc_pubMidia_Processo_082-2016_P32.pdf.

2.4 Por que Realizar Transição de CAD para SIG?

O formato de desenho CAD (*Computer Aided Design* ou Desenho com Auxílio do Computador) é amplamente conhecido nas atividades de engenharia e arquitetura. Muitos projetos foram desenvolvidos na plataforma CAD e

atualmente se faz necessária a migração dessas bases para os chamados Sistemas de Informações Geográficas, os SIGs (Processamento Digital, 2016).

Segundo o INPE (2006), a diferença fundamental entre um software de CAD e SIG, reside na diversidade de dados utilizados para a realização de suas tarefas, sendo que um SIG utiliza muito mais dados do que um CAD. O SIG realiza operações com dados vetoriais e matriciais (imagens "*raster*"), enquanto os CAD's se limitam a trabalhar com dados vetoriais. O CAD é usado para desenhos de caráter técnico que variam desde projetos de aviões até projetos de circuitos integrados.

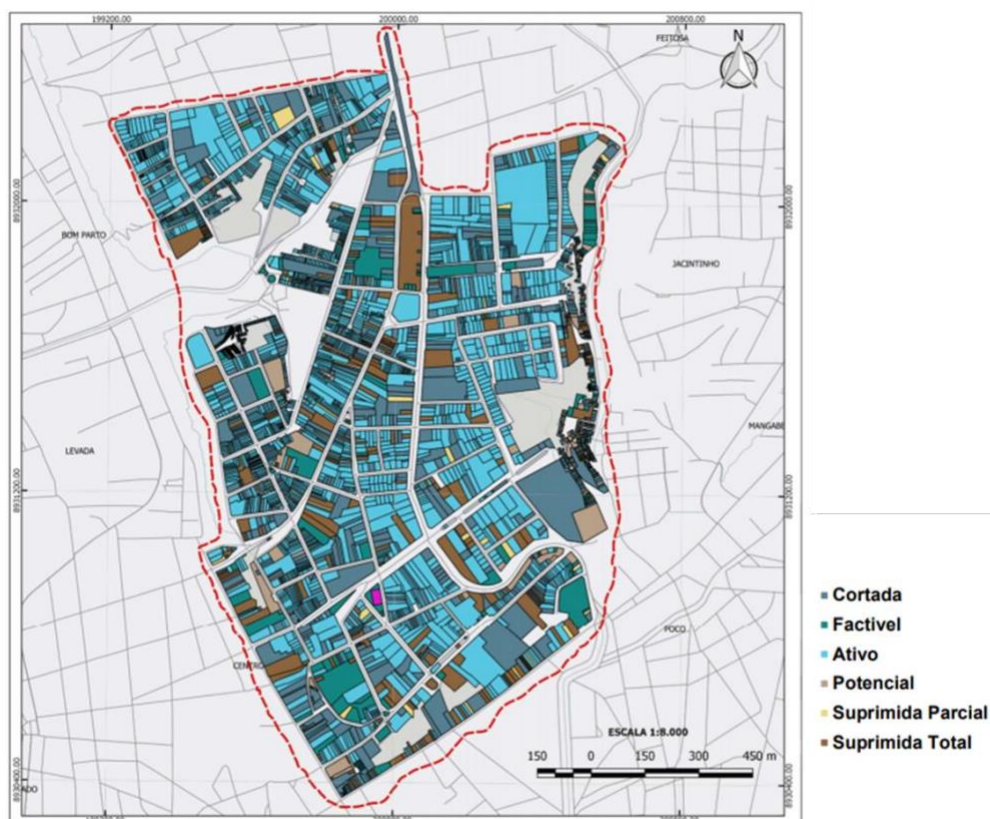
2.4.1 Municípios que Utilizam SIG para Abastecimento de Água

Albuquerque e Santos (2020), aplicou SIG através do *software QGIS*, na atividade da rede de distribuição de água do bairro do Farol, localizado no município de Maceió - Alagoas, por meio das informações disponibilizadas pela Companhia de Abastecimento de Água de Alagoas (CASAL), Prefeitura Municipal de Maceió, por meio da Secretaria Municipal de Economia – SEMEC e pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente – SEDET. Como produto, desenvolveu mapas temáticos de serviços executados diariamente, os quais auxiliam nos trabalhos de fiscalização e manutenção da rede de distribuição, além de proporcionar a compreensão das inconsistências contidas nas informações geométricas e alfanuméricas encontradas no cadastro da companhia, como as duplicidades de informações e incompatibilidades dos dados cadastrados com o dimensionamento na base cartográfica da mesma, proporcionando o processo de integralização das informações pertinentes aos dados alfanuméricos e espaciais da companhia e assim promovendo uma modernização do cadastro e uma melhor eficiência do trabalho aplicado neste setor.

Com a criação do SIG, segundo Albuquerque e Santos (2020), observou-se o melhoramento do controle e da organização dessas informações, através das correções geométricas e alfanuméricas presentes em ambos os dados, possibilitou também a identificação de erros através do SIG, além de proporcionar a modernização do sistema foi possível executar análises de atividades do cotidiano da empresa, por meio de estudos de consumo, categorias dos imóveis,

entre outras, com o objetivo de auxiliar a tomada de decisão de atividades relacionadas ao processos diários como também podendo servir como mecanismo de auxílio para fiscalização e acarretando uma visualização espacial desses dados. Para perspectivas futuras observa-se a potencialidade da interação dessas informações com o cadastro de redes de água e esgoto ao sistema, além da integração com outros órgãos, como por exemplo a base Municipal de Maceió, que possibilita uma maior potencialidade do sistema, com a integração de informações importantes para ambos órgãos e assim promovendo a multifinalidades dos cadastros integrados, conforme demonstrado em seus resultados na Figura 15.

Figura 15: Tipologia das Ligações de Água – CASAL.



Fonte: Albuquerque e Santos (2020).

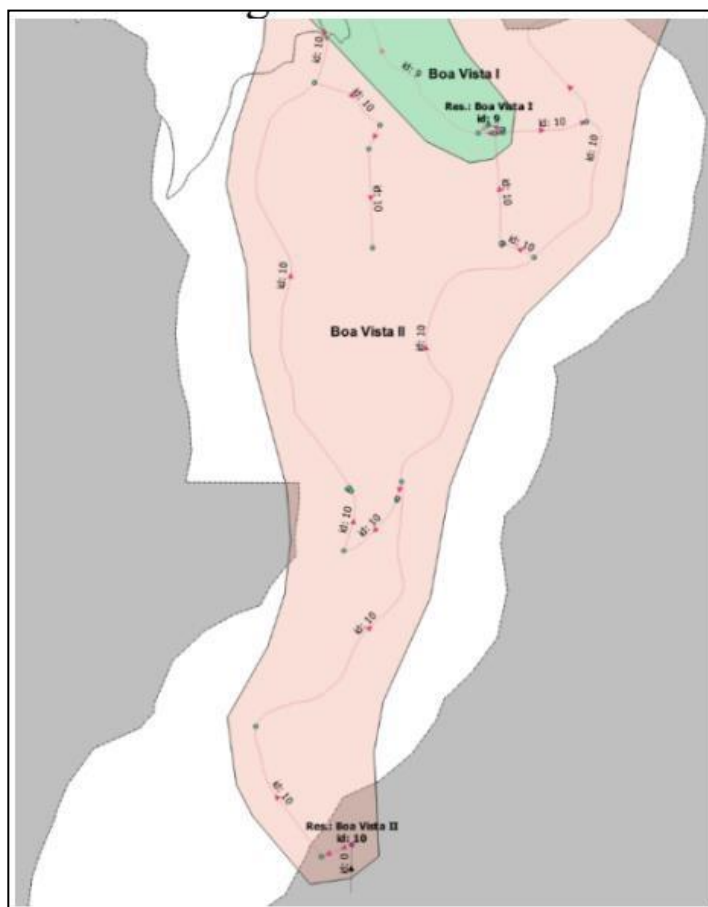
Schwingel, Dacol e Ribas (2020), descreveu através de estudo de caso, a experiência do Samae (Serviço Autônomo Municipal de Água e Esgoto) do Jaraguá do Sul/SC, na implantação de um sistema SIG com a conversão de um cadastro técnico com base CAD para um módulo SIG integrado ao sistema comercial adotado a partir de 2014. A implantação de um sistema SIG para

cadastro técnico no Samae do Jaraguá do Sul iniciou em 2014 com a mudança do sistema comercial utilizado anteriormente para o sistema *Sansys*, desenvolvido pela empresa *JTech*. Previamente à implantação o Samae possuía cadastro desenvolvido em CAD com nível adequado de detalhamento, mas, devido às limitações deste sistema, era somente utilizado para visualização e impressão de mapas, sem procedimentos para análise e extração de dados.

Conforme processos desenvolvidos no referente contexto, Schwingel, Dacol e Ribas (2020), concluiu que a aplicação do SIG nos cadastros técnicos de saneamento permite agregar diversas informações de forma pormenorizada e integrada, fornecendo subsídios técnicos para que as tomadas de decisão sejam mais ágeis e precisas. Destacando-se, ainda, a importância dessa experiência para comparação de outros modelos de aplicação de SIG em cadastros de saneamento, visto que a escala do sistema do município de Jaraguá do Sul abrange cadastros de saneamento com componentes operacionais dispersos em extensa área territorial e com um número significativo de informações comerciais de usuários cadastrados.

Na Figura 16, podemos visualizar o algoritmo denominado de roteamento iterativo, onde, segundo os autores, é possível identificar as regiões de atendimento dos diversos elementos de origem da rede, de acordo com o desenho real do cadastro técnico, conforme inserido no sistema SIG. Utilizando uma forma modificada do roteamento iterativo, a partir da origem, é possível também identificar regiões isoláveis da rede de água delimitadas por registros. Isto permite identificar quais registros devem ser fechados para isolar uma região, e quais unidades comerciais serão afetadas pelo fechamento.

Figura 16: Atribuição de id de Reservatório em Trechos por Roteamento e Polígono de Área de Atendimento Gerado Automaticamente.



Fonte: Samae Jaraguá do Sul (2020)

2.4.2 Dificuldades para Instalação de Redes de Abastecimento em Municípios de Pequeno Porte

Lisboa, Heller e Silveira (2013), realizaram coleta e análise de dados, com realização de entrevistas semiestruturadas na Zona da Mata de Minas Gerais, tendo como entrevistados funcionários que ocupavam cargos diversificados nos órgãos de saneamento com diferentes formações e diversificada experiência profissional nos setores, informou que os entraves ao planejamento municipal do saneamento básico se dão por falta de recurso financeiro, necessidade de qualificação técnica e profissional, vontade política dos gestores, disponibilidade no quadro de funcionários, aspectos metodológicos, integração entre as áreas que compõem o setor de saneamento em âmbito municipal e outros fatores.

Dentre os entrevistados, conforme Lisboa, Heller e Silveira (2013), dois informaram desconhecer as metodologias possíveis para elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico, sem informações no que se refere a como iniciar o planejamento e as etapas ou procedimentos a serem seguidos, como pode ser percebido no discurso a seguir: haveria dificuldade de saber como fazer, por onde começar e as etapas para seguir; teria que fazer um estudo pra usar uma metodologia, haveria dificuldade para compilar as informações, fazer o plano, montar, devido a falta de experiência para tal.

A integração do serviço de abastecimento de água e esgotamento sanitário com os demais componentes do saneamento (gestão de resíduos sólidos e drenagem de águas pluviais) é vista de maneiras diferentes. Reconhecendo-se o distanciamento entre os quatro componentes, alguns entrevistados consideram que esse aspecto dificulta a elaboração conjunta do plano. No entanto, grande parte dos entrevistados considera que a distância pode ser superada, tornando-se um motivo de diálogo entre os setores, uma vez que "a dificuldade de integração existe, mas é uma questão de começar a conversar e aproximar, explicar a importância do plano etc.". O trabalho conjunto entre os representantes dos componentes do saneamento é visto por alguns entrevistados como um potencial e um fator positivo para a elaboração do plano, propiciando que sejam vencidas as diferenças e possíveis dificuldades de relacionamento entre as referidas áreas (LISBOA, HELLER E SILVEIRA, 2013).

Hampe (2015), através de um estudo sobre o desafio de pequenos municípios constituírem projetos de implantação de esgotos sanitários, tendo como estudo de caso o município Liberato Salzano, identificou falhas no andamento de obras do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) no qual, um terço das obras de saneamento foi concluído e algumas não foram iniciadas, deixando como denúncia, a dificuldade dos municípios na elaboração e implantação de projetos principalmente dos pequenos municípios. Houve, para esta localidade, a elaboração de um anteprojeto de Sistema de Esgotamento Sanitário (SES) por meio de análise e modificação de um projeto executivo do SES desatualizado.

Segundo Hampe (2015), o repasse de investimentos a pequenos municípios é fundamental para a execução das obras de esgotamento sanitário, que apresentam custos bastante elevados. No entanto, percebe-se a existência de

demais empecilhos à implantação dos Sistemas de Esgotamento Sanitário, constatado pelo fato de que algumas municipalidades recebem recursos, mas não são capazes de aplicá-los ou tardam em utilizá-los.

No desenvolvimento deste trabalho, Hampe (2015), cita que foi verificada a existência de um projeto executivo de SES para o município (trabalho não publicado) durante o levantamento de dados. As hipóteses prováveis de não implantação do projeto são a falta de recurso financeiro e o desconhecimento de como dar sequência à implantação do sistema. Há dificuldade quanto à qualidade da informação necessária para fundamentar o sistema, em contratar profissionais habilitados para a realização do levantamento de dados necessários, a não disponibilização de mapas e cadastros confiáveis bem como de plantas e levantamentos planialtimétricos da região e, frequentemente, da inexistência de sistemas de informação geográfica do local. Acredita-se que a dificuldade de avaliação de propostas para SES está relacionada às limitações do corpo técnico-administrativo das prefeituras de pequenos municípios, o que dificulta também o orçamento para financiamentos.

De acordo com Silva (2010), podem-se verificar deficiências técnicas em propostas de financiamento de pequenos municípios apresentados à Funasa. São observados falta de documentos simples, apresentação de documentos incompletos e projetos inadequados quanto ao dimensionamento técnico, incompleto ou inviáveis. Quanto à prestação dos serviços do SES, podem-se verificar dificuldades de caráter técnico na interlocução com a concessionária, à qual os serviços foram delegados, Além das carências técnicas das municipalidades, incertezas como a não garantia da efetividade das ligações, que impacta a obtenção de investimentos, tendem a dificultar o processo de negociação do projeto com a empresa

3.1 Objeto de Estudo

Cacimba de Dentro é um município brasileiro do estado da Paraíba, Região Nordeste do país. Está localizado na Região Geográfica Intermediária de João Pessoa e na Região Geográfica Imediata de Guarabira, distante 170 km a noroeste da capital estadual. De acordo com o Censo IBGE de 2010, sua

população é de 17.187 habitantes, sendo o 49º município mais populoso do estado da Paraíba.

Desde 2013, o município está inserido na Região Metropolitana de Araruna, uma das doze regiões metropolitanas da Paraíba. A cidade está a cerca de 80 km de Campina Grande, a segunda maior do estado. Em 2016, ela foi considerada pelo MPF como uma das prefeituras mais transparentes da Paraíba, de acordo com o Ranking Nacional da Transparência.

O presente trabalho tem como foco municípios de pequeno porte, que segundo o Senado Federal (2009), tenham população inferior a 50 mil habitantes, valor adicionado da agropecuária inferior a quinze centésimos do PIB municipal e densidade demográfica inferior a 80 habitantes por quilômetro quadrado, ou se tiver população inferior a 20 mil habitantes e densidade populacional superior a 80 habitantes por quilômetro quadrado e município escolhido foi Cacimba de Dentro devido a quantidade de erros topológicos presentes em sua rede de dados.

3.2 Materiais

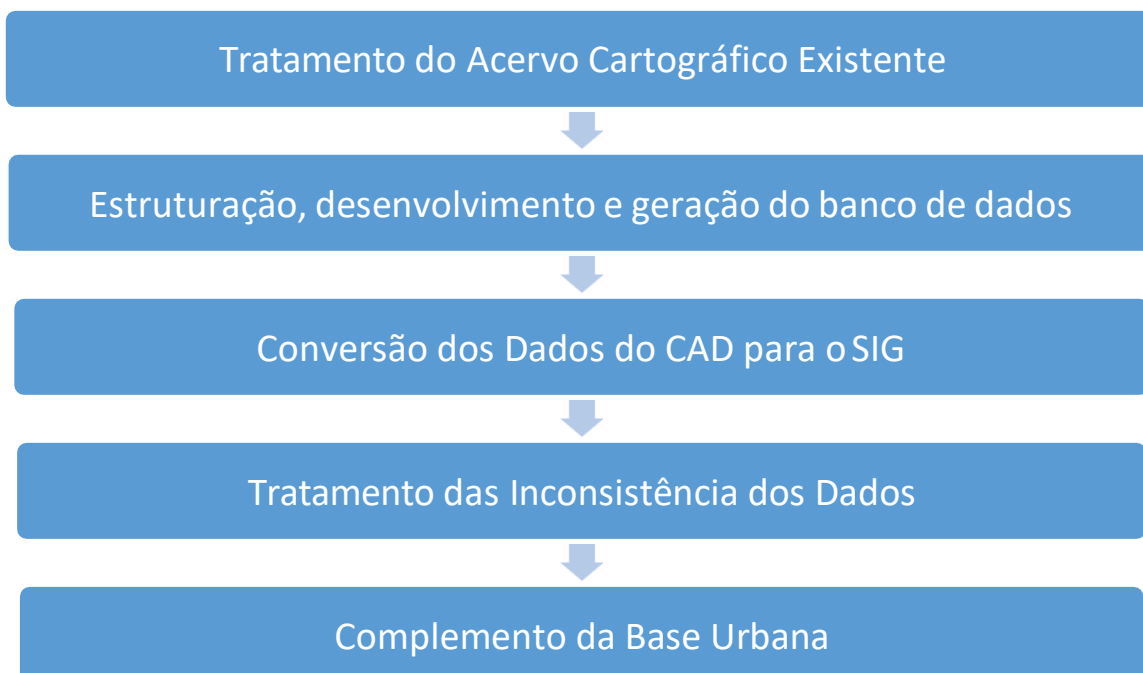
Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os seguintes materiais:

- Base cartográfica do município de Cacimba de Dentro/PB;
- *Software* de processamento de dados *Arcgis for Desktop* versão 10.8;
- *Software Google Earth, para análise da expansão urbana;*
- *Software CAD* versão estudantil;
- *Software online, gratuito, Draw.io;*
- Regras Topológicas;
- Notebook ASUS S550CA-BRA-CJ11H Intel Core i7, memória 8GB e armazenamento de 500 GB.

3.3 Métodos

A metodologia utilizada segue apresentada no fluxograma abaixo (Figura 17).

Figura 17: Fluxograma Metodológico.



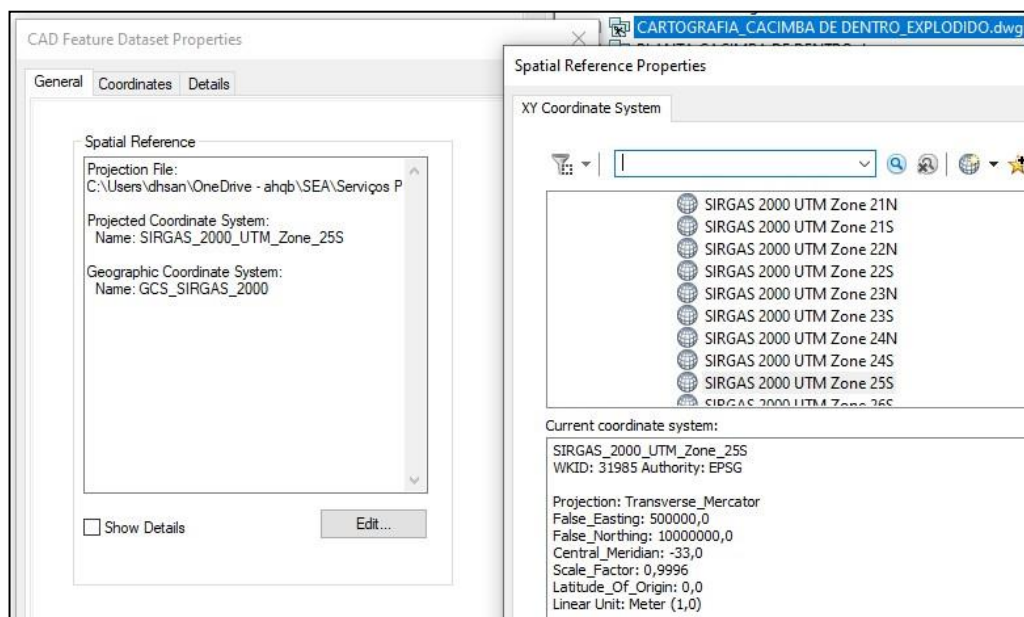
Fonte: Autor (2021).

1) Tratamento do Acervo Cartográfico Existente

A primeira etapa consiste no tratamento do Acervo Cartográfico existente, ou seja, na verificação e validação da base cartográfica do município analisado, Cacimba de Dentro - PB. Nesta fase, foi analisado se os dados estavam no Sistema Geodésico Brasileiro - SGB, com os respectivos *datum* vertical (Imbituba) e horizontal (SIRGAS 2000), evitando problemas de referencial geodésico. Este tratamento é realizado dentro do software *ArcGIS*, definindo o SGR (Sistema Geodésico de Referência), conforme o SGB.

Na Figura 18 é ilustrado a definição do SGB no arquivo em *CAD*, dentro da interface do *ArcGIS* 10.8

Figura 18: Definição do SGB no Arquivo em CAD, Dentro da Interface do ArcGIS 10.8.

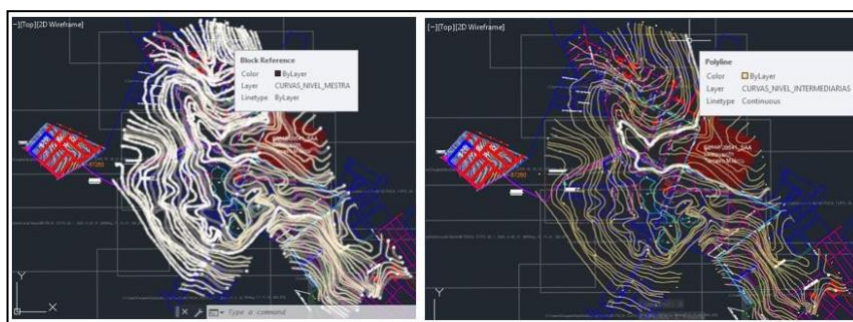


Fonte: Autor (2021).

Devido a falta de interoperabilidade dos dados, no ambiente CAD, da Cidade de Cacimba de Dentro, alguns empreendimentos de projetos anteriores estavam anexados como bloco, no formato DXF (*Drawing Exchange Format*, é um arquivo de intercâmbio para modelos de CAD), impossibilitando a identificação dos layers de referência. Logo, houve a necessidade de realizar a transformação dos arquivos que estavam em DXF para DWG (extensão de arquivos de desenho em 2D e 3D nativa do *software AutoCAD*), com a finalidade de identificar os elementos cadastrados, para realizar a exportação no ambiente SIG.

Na Figura 19 é apresentado a correção de um bloco de referência, no *AutoCAD Civil 3D*, que agregava todas as curvas de nível, do núcleo urbano, da cidade de Cacimba de Dentro, para a estrutura do layer simplificado.

Figura 19: Base Cartográfica do Município de Cacimba de Dentro em DWG.



Fonte: Autor (2021).

2) Estruturação, desenvolvimento e geração do banco de dados

Seguidamente das tratativas na base cartográfica, iniciou-se a construção do banco de dados geográfico, ou seja, a elaboração do *GDB*. Nesta etapa, foram definidas quais as classes de feições representam cada elemento contido no *CAD*. No Quadro 1 é apresentado o relacionamento das classes de feições, com as respectivas representações vetoriais.

Quadro 1: Relacionamento das Classes de Feições, com as Respectivas Representações Vetoriais.

Elemento	Descrição	Representação Vetorial	Classe	Feição
Quadras	Três arruamentos que se cruzam ou entroncam, no qual existe ou uma ocupação construída ao longo das vias ou uma ocupação ordenada.	Polígonos	Base Cartográfica	BASE_URBANA
Curva de Nível	Linha imaginária que une todos os pontos de igual altitude de uma região representada.	Linha	Base Cartográfica	CURVA_NIVEL
Corpos Hídricos (Açude, Rios, Lagos)	Qualquer acumulação significativa de água, usualmente cobrindo a Terra ou outro planeta.	Polígonos	Base Cartográfica	HIDROGRAFIA
Rede de Água	Tubulação.	Linha	Rede de Água	PIPE
Cap	Tampão inserido no final da rede.	Ponto	Rede de Água	JUNCTION
Reservatório	Estrutura de armazenamento de água.	Ponto	Rede de Água	TANK
Te	Junção de conexão de três tubulações.	Ponto	Rede de Água	JUNCTION
Curva	Junção de conexão angular entre duas tubulações.	Ponto	Rede de Água	JUNCTION
Redução	Junção de redução do diâmetro da tubulação.	Ponto	Rede de Água	JUNCTION
Cruzeta	Junção de conexão de quatro tubulações.	Ponto	Rede de Água	JUNCTION
Ventosa	Dispositivos hidromecânicos instalados em condutos forçados que permitem a entrada de ar quando ocorre redução de pressão em pontos altos da adutora.	Ponto	Rede de Água	JUNCTION
Descarga	Válvulas utilizadas para esvaziar a tubulação.	Ponto	Rede de Água	JUNCTION
Registro	Registro utilizado para setorização ou manobra na rede.	Ponto	Rede de Água	JUNCTION

Fonte: Autor (2021).

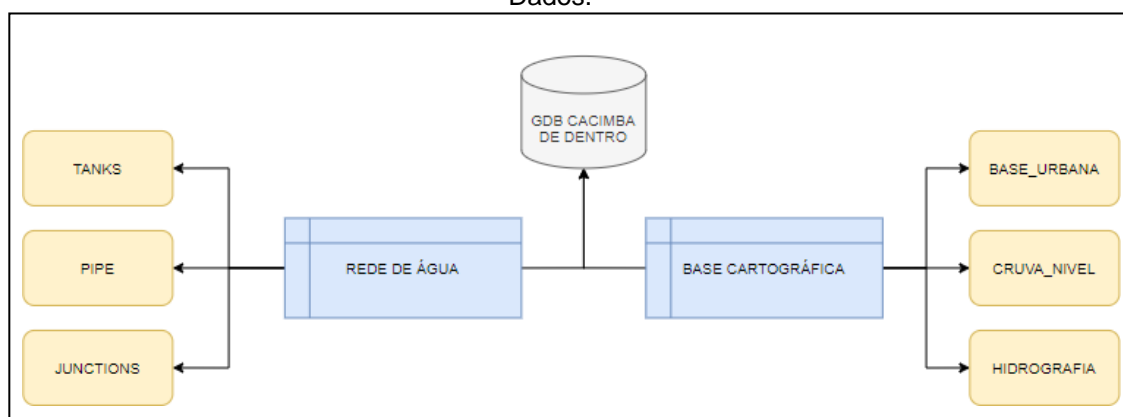
A representação vetorial dos elementos assim como a nomenclatura da feição, da rede de água, segue a padronização da simulação de rede, seguindo a estrutura do modelo automatizado de simulação, o EPANET (*Environment*

Protection Agency) é um simulador de sistemas de abastecimento de água amplamente testado e credível, sendo desenvolvido pela U. S. *Environmental Protection Agency* (USEPA).

Após a definição do relacionamento das classes e o tipo de representação vetorial a qual cada elemento da base cartográfica pertencerá, foi realizado a modelagem das feições, utilizando o software online, gratuito, Draw.io, definindo os domínios e o relacionamento dos atributos de preenchimento de cada tipo de feição.

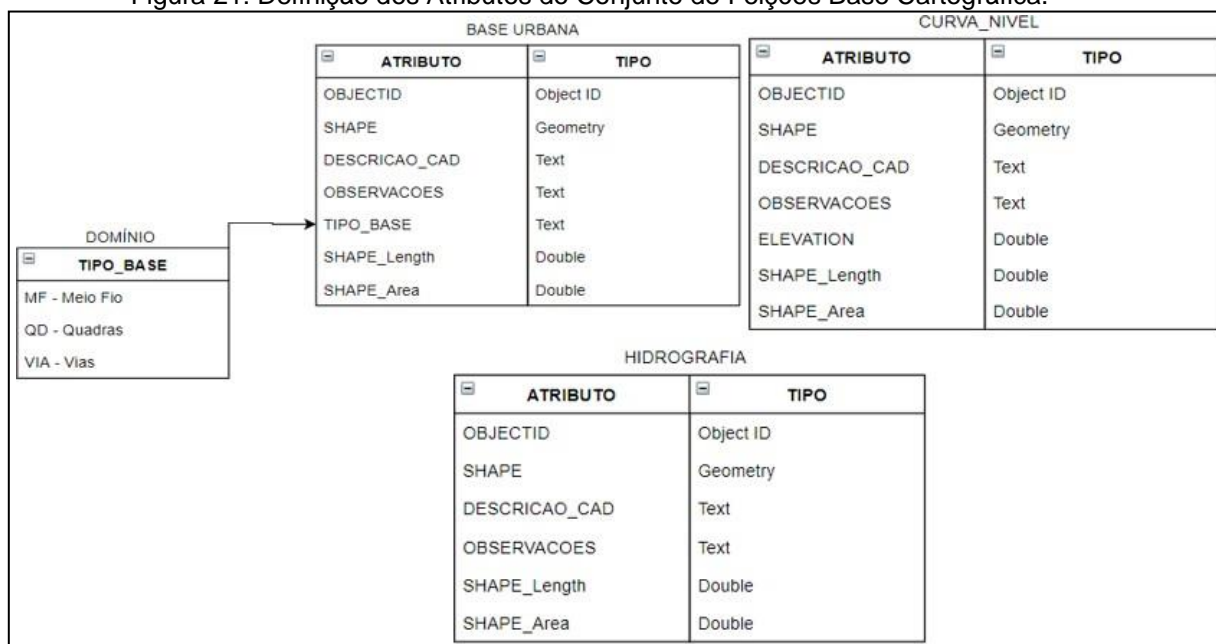
Na Figura 20 tem-se o esquema de modelagem do banco de dados, com as classes e tipos de feições associadas e nas Figuras 21 e 22, os atributos definidos para as feições correspondentes.

Figura 20: Esquema de Modelagem do Banco de Dados.



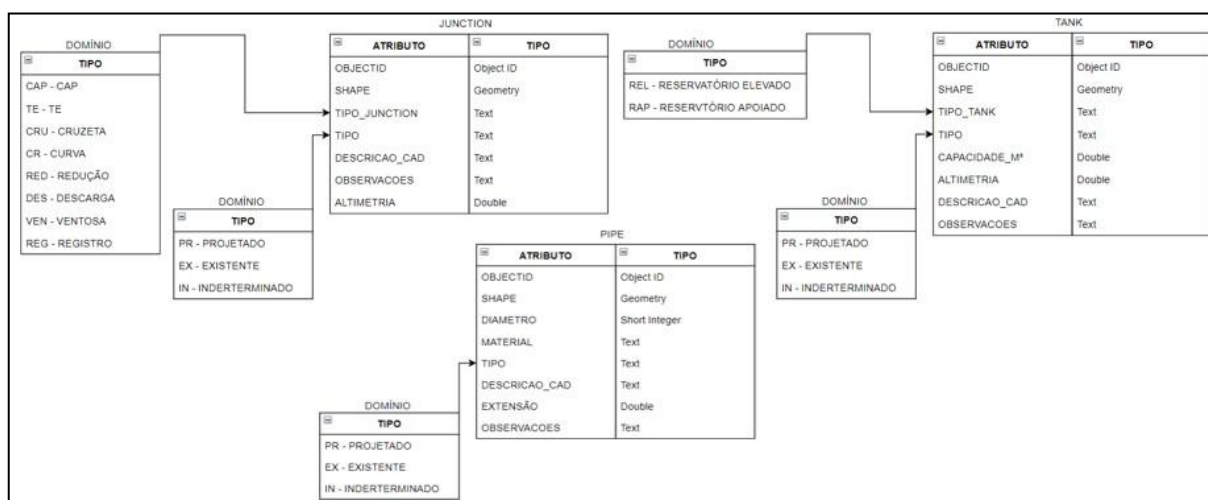
Fonte: Autor (2021).

Figura 21: Definição dos Atributos do Conjunto de Feições Base Cartográfica.



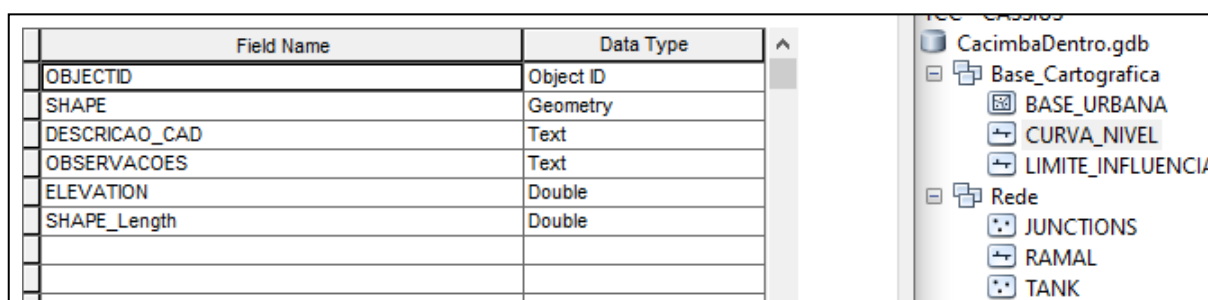
Fonte: Autor (2021).

Figura 22: Atributos Definidos do Conjunto de Feições Rede de Água.



Fonte: Autor (2021).

Após a modelagem das feições, utilizando o *software ArcGIS*, foi construído o *GDB*, inserindo todos os atributos e domínios presentes na modelagem, conforme apresentado na Figura 23.

Figura 23: Construção do *GDB*.

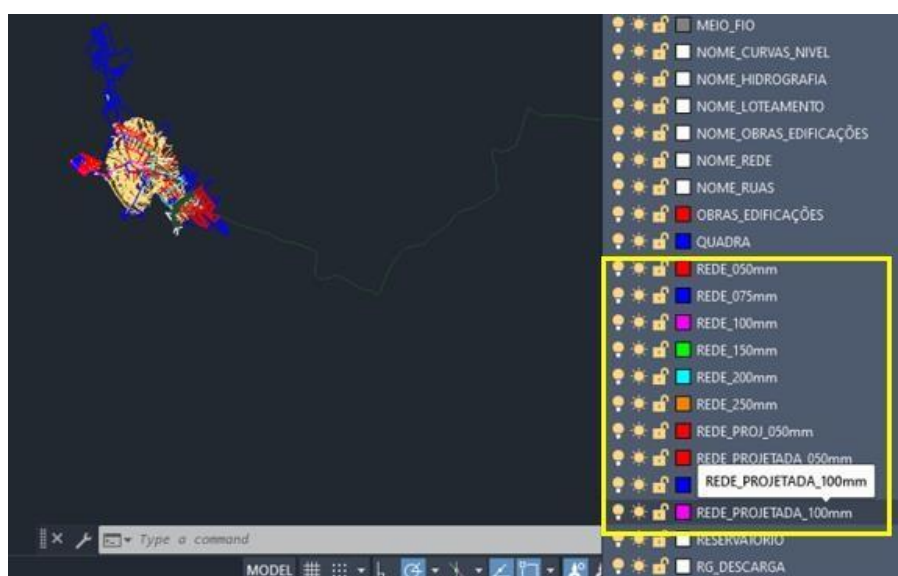
Fonte: Autor (2021).

3) Conversão dos Dados do CAD para o SIG

De posse do GDB estruturado, é iniciado o processo de exportação dos arquivos CAD para o GDB. Este processo é realizado com a identificação dos *layers*: Quadras, Curvas de Nível, Rede de Água, Válvulas, Registros, Cap, que estão definidos no arquivo DWG. Logo, devido a estrutura do arquivo CAD representar os tipos de elementos separados por layer, como por exemplo, a representação das redes de água é dividida conforme o diâmetro relacionado, ao iniciar o procedimento de exportação, é vinculado o tipo do *layer* à classe de feição e o atributo relacional.

Na Figura 24. é ilustrado a variação dos *layer* de rede de água pelo tipo de diâmetro, da base cartográfica de Cacimba de Dentro.

Figura 24: Variação dos *Layer* de Rede de Água pelo Tipo de Diâmetro.



Fonte: Autor (2021).

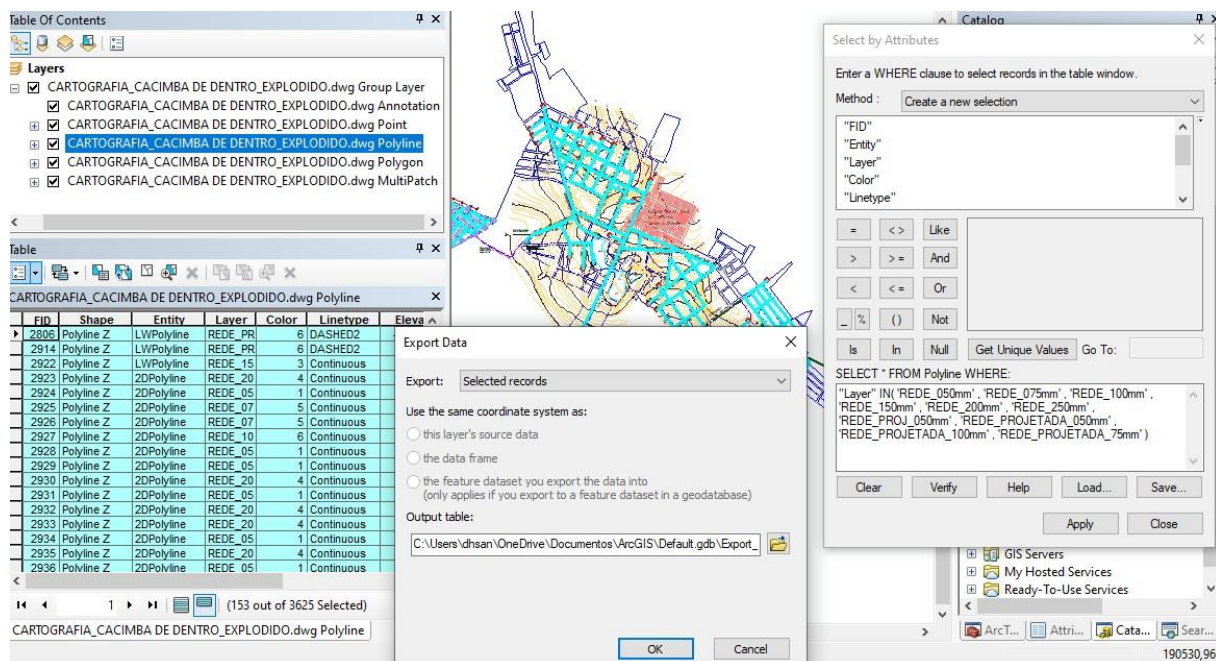
O procedimento de exportação foi realizado selecionando-se do tipo de layer na tabela de atributos do arquivo DWG. Assim, identificado cada elemento, foi feita a exportação para as respectivas classes de feição.

Todavia, para facilitar o processo de exportação, foi realizado a seleção por atributos, utilizando expressão SQL (*Standard Query Language*), dos elementos do CAD, que posteriormente são adicionados ao GDB.

Na Figura 25 é apresentado a ilustração do processo de seleção dos

atributos, utilizando uma expressão SQL, para exportação das redes de água.

Figura 25: Seleção dos Atributos, Utilizando uma Expressão SQL.



Fonte: Autor (2021).

4) Tratamento das Inconsistências dos Dados

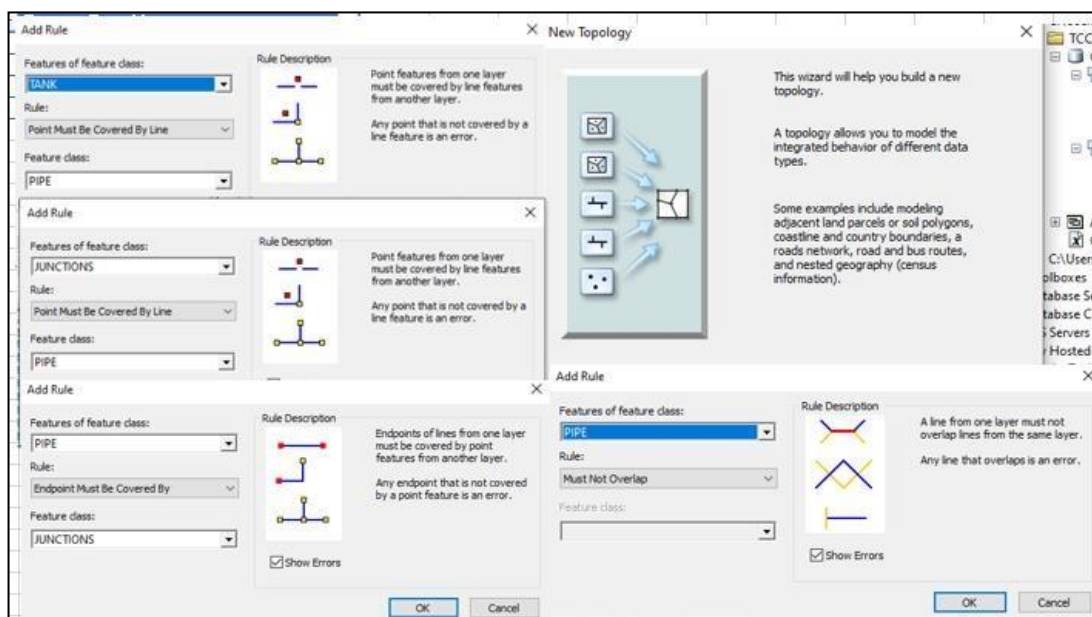
Com a finalidade de realizar as correções dos dados, foram verificadas as inconsistências topológicas, utilizando a ferramenta *Topology*, e as conectividades da rede, com a ferramenta *Geometric Network*.

Na Tabela 1 são apresentadas as regras topológicas utilizadas para o tratamento da topologia e na Figura 26, a inclusão das regras utilizando a ferramenta *Topology*.

Tabela 1: Regras Topológicas Utilizadas para o Tratamento da Topologia.

Camada de Feição	Regras Topológicas
Pipe	Localização: As linhas devem ter pontos em seus terminais
Pipe	Sobreposição: As linhas não devem se auto sobrepor.
Pipe	União: As linhas não devem conter pontas soltas.
Junctions	Contenção: Os pontos devem estar contidos nas linhas.
Tank	Contenção: Os pontos devem estar contidos nas linhas.

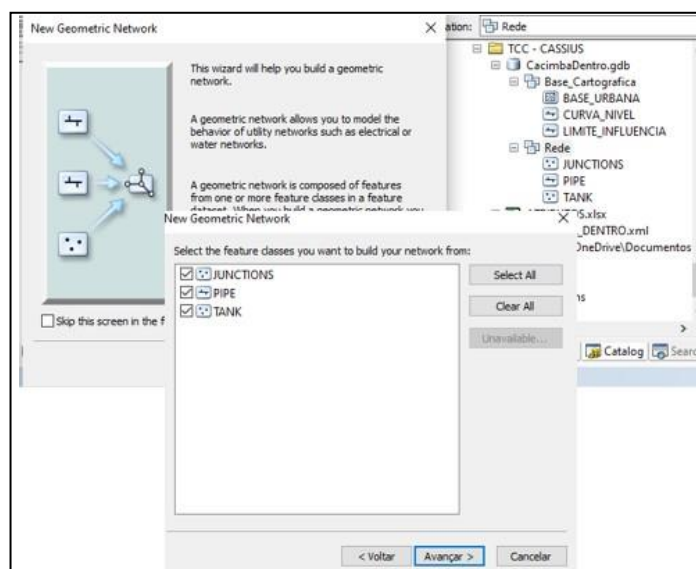
Fonte: Autor (2021).

Figura 26: Regras Topológicas Utilizando a Ferramenta *Topology*.

Fonte: Autor (2021).

Após a definição das regras topológicas, foi iniciado a verificação da conexão dos trechos, utilizando a ferramenta *Geometric Network*. Todavia, essas duas ferramentas estarem vinculadas ao mesmo conjunto de feições (*Feature Dataset*), deve-se executar 1 de cada vez, ou seja, não é possível incluir ambas no mesmo conjunto de feição.

Na Figura 27 é ilustrado a construção do *geometric network*.

Figura 27: Construção do *Geometric Network*.

Fonte: Autor (2021).

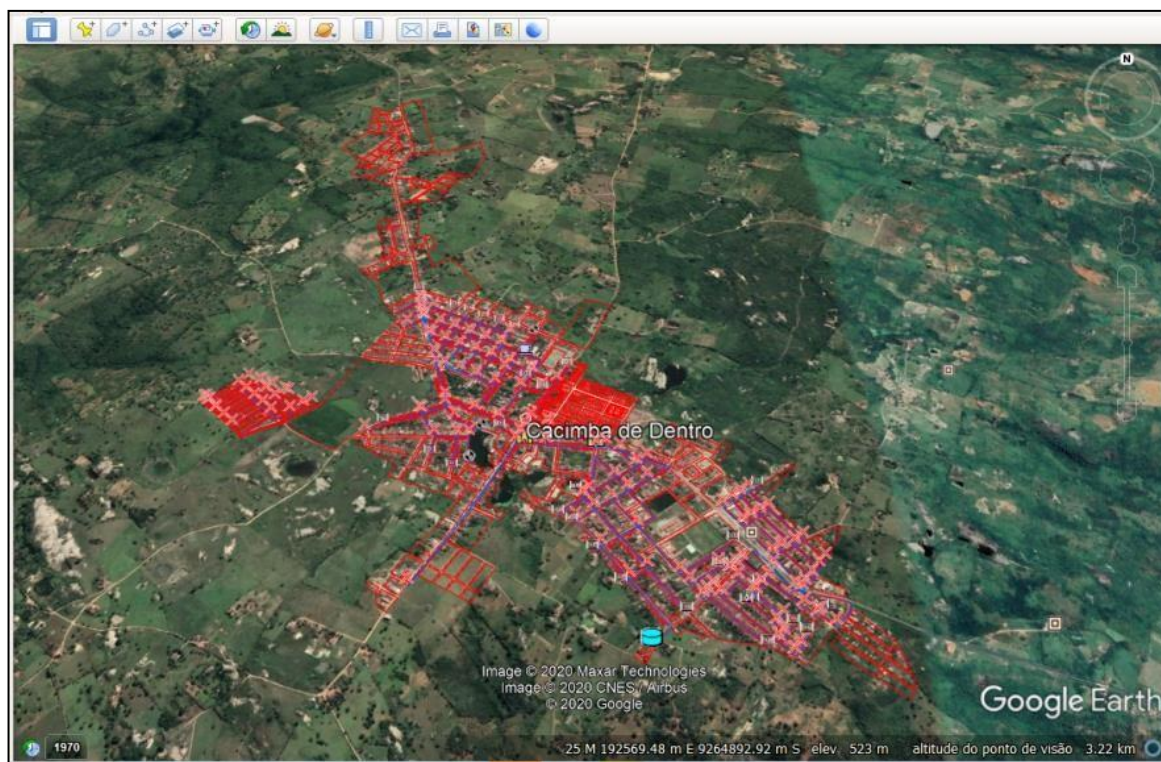
5) Complemento da Base Urbana

Para a análise do complemento da base urbana, sabendo-se que os arquivos contém defasagem, isto é, encontram-se desatualizados, os mesmos foram exportados para o formato KML, ou *Keyhole Markup Language*, (linguagem de marcação do *Keyhole*), que segundo Cavalcante (2015) é um formato de arquivo que serve para modelar e armazenar características geográficas como pontos, linhas, imagens, polígonos, modelos e textos para exibição no Google Earth, no Google Maps e em outros aplicativos.

Os dados do acervo cartográfico da base, disponibilizados no *ArcGis*, estavam desatualizados quando comparados às imagens existentes no *software Google Earth*, para a análise da consistência do núcleo urbano.

Na Figura 28, pode-se analisar a Rede de Água e a Base Urbana do município de Cacimba de Dentro no *Google Earth*.

Figura 28: Visualização no *Google Earth* da Rede de Água e da Base Urbana.



Fonte: Autor (2021).

Conforme analisado na Figura 28, é possível observar áreas construídas

fora da base cartográfica, tornando necessária a delimitação dessas regiões

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste tópico serão apresentados os resultados obtidos através do desenvolvimento de metodologia para transição de redes de distribuição de água de ambiente CAD para SIG.

Dentre os *layers* que formavam o arquivo DWG que foi exportado para SIG havia 7 tipos que representavam as redes, os quais eram diferenciados pelos diâmetros da rede, sendo eles: 50, 75, 100, 150, 200 e 250. Após a exportação, esses elementos foram concentrados na camada “pipe”, tendo a identificação dos respectivos diâmetros associadas a tabela de atributos (Figura 29).

Figura 29: Tabela de Atributos das Redes com seus Respective Diâmetros.

OBJECTID *	SHAPE *	Diametro	Material	Tipo de Rede	Descrição do CAD	Extensão	Observação	Enabled	SHAPE Length
222	Polyline	50	<Null>	Existente	REDE_050mm	<Null>	<Null>	True	65,692009
223	Polyline	50	<Null>	Existente	REDE_050mm	<Null>	<Null>	True	38,327381
224	Polyline	50	<Null>	Existente	REDE_050mm	<Null>	<Null>	True	10,699158
228	Polyline	50	<Null>	Existente	REDE_050mm	<Null>	<Null>	True	20,577479
6	Polyline	75	<Null>	Existente	REDE_075mm	<Null>	<Null>	True	677,000235
7	Polyline	75	<Null>	Existente	REDE_075mm	<Null>	<Null>	True	36,530248
27	Polyline	75	<Null>	Existente	REDE_075mm	<Null>	<Null>	True	147,361198
32	Polyline	75	<Null>	Existente	REDE_075mm	<Null>	<Null>	True	70,132235
38	Polyline	75	<Null>	Existente	REDE_075mm	<Null>	<Null>	True	84,200814
44	Polyline	75	<Null>	Existente	REDE_075mm	<Null>	<Null>	True	112,131478
50	Polyline	75	<Null>	Existente	REDE_075mm	<Null>	<Null>	True	72,942652
52	Polyline	75	<Null>	Existente	REDE_075mm	<Null>	<Null>	True	73,058766
56	Polyline	75	<Null>	Existente	REDE_075mm	<Null>	<Null>	True	74,275211
59	Polyline	75	<Null>	Existente	REDE_075mm	<Null>	<Null>	True	77,171591
63	Polyline	75	<Null>	Existente	REDE_075mm	<Null>	<Null>	True	73,599236
68	Polyline	75	<Null>	Existente	REDE_075mm	<Null>	<Null>	True	77,328643
70	Polyline	75	<Null>	Existente	REDE_075mm	<Null>	<Null>	True	91,147647
72	Polyline	75	<Null>	Existente	REDE_075mm	<Null>	<Null>	True	121,858746
74	Polyline	75	<Null>	Existente	REDE_075mm	<Null>	<Null>	True	79,498908
78	Polyline	75	<Null>	Existente	REDE_075mm	<Null>	<Null>	True	74,386678
220	Polyline	75	<Null>	Existente	REDE_075mm	<Null>	<Null>	True	53,557665
226	Polyline	75	<Null>	Existente	REDE_075mm	<Null>	<Null>	True	106,154942
227	Polyline	75	<Null>	Existente	REDE_075mm	<Null>	<Null>	True	37,205816
8	Polyline	100	<Null>	Existente	REDE_100mm	<Null>	<Null>	True	39,80481
36	Polyline	100	<Null>	Existente	REDE_100mm	<Null>	<Null>	True	110,138712
40	Polyline	100	<Null>	Existente	REDE_100mm	<Null>	<Null>	True	127,386232
47	Polyline	100	<Null>	Existente	REDE_100mm	<Null>	<Null>	True	65,930789
65	Polyline	100	<Null>	Existente	REDE_100mm	<Null>	<Null>	True	35,094227
178	Polyline	100	<Null>	Existente	REDE_100mm	<Null>	<Null>	True	98,597895
225	Polyline	100	<Null>	Existente	REDE_100mm	<Null>	<Null>	True	10,034481
3	Polyline	150	<Null>	Existente	REDE_150mm	<Null>	<Null>	True	47,447565
39	Polyline	150	<Null>	Existente	REDE_150mm	<Null>	<Null>	True	109,929955
46	Polyline	150	<Null>	Existente	REDE_150mm	<Null>	<Null>	True	93,83414
48	Polyline	150	<Null>	Existente	REDE_150mm	<Null>	<Null>	True	70,243348
210	Polyline	150	<Null>	Existente	REDE_150mm	<Null>	<Null>	True	82,105286
211	Polyline	150	<Null>	Existente	REDE_150mm	<Null>	<Null>	True	69,292864
212	Polyline	150	<Null>	Existente	REDE_150mm	<Null>	<Null>	True	67,725325
4	Polyline	200	<Null>	Existente	REDE_200mm	<Null>	<Null>	True	213,732384
11	Polyline	200	<Null>	Existente	REDE_200mm	<Null>	<Null>	True	55,212588
13	Polyline	200	<Null>	Existente	REDE_200mm	<Null>	<Null>	True	103,522513
14	Polyline	200	<Null>	Existente	REDE_200mm	<Null>	<Null>	True	96,104577
16	Polyline	200	<Null>	Existente	REDE_200mm	<Null>	<Null>	True	85,272711
22	Polyline	200	<Null>	Existente	REDE_200mm	<Null>	<Null>	True	142,821385
24	Polyline	200	<Null>	Existente	REDE_200mm	<Null>	<Null>	True	75,420614

Fonte: Autor (2021).

Para as junções da rede, existiam 5 tipos de *layers* que as representavam, que compreendiam: cap, registro, te, curva e cruzeta. Os elementos de junções da rede foram atribuídos a camada de “junctions”, sendo sua tipologia identificada na tabela de atributos, segundo a Figura 30.

Figura 30: Tabela de Atributos das Junções com seus Tipos.

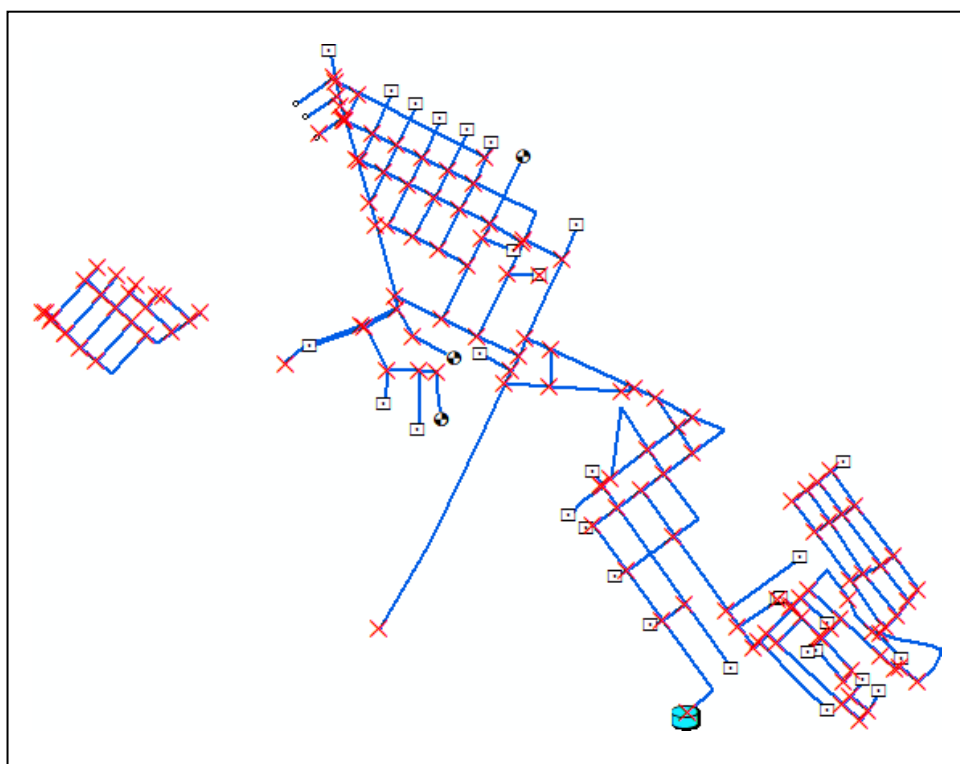
OBJECTID *	SHAPE *	Tipo de Junctinos	Tipo de Rede	Descrição do CAD	Observações	Altimetria	Enabled
114	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
115	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
116	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
117	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
118	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
119	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
120	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
121	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
122	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
123	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
124	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
125	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
126	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
127	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
128	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
129	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
130	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
131	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
132	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
133	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
134	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
135	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
136	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
137	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
138	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
139	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
140	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
141	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
142	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
143	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
144	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
145	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True
146	Point	Cap	<Null>	CAP_050mm	<Null>	<Null>	True

Fonte: Autor (2021).

Para realizar as correções dos dados, foram analisadas as inconsistências topológicas e de conexão dos trechos expostas, entre a rede e os nós da rede (seus elementos).

As desconexões encontradas podem ser visualizadas na Figura 31, onde podemos inferir o total de 153 falhas de conexão dos trechos, nas quais precisaram ser aplicadas as regras topológicas, no intuito de corrigir os erros. A Figura 32 apresenta o tratamento das inconsistências, e a rede já sem nenhum erro topológico.

Figura 31: Desconexões da Rede.



Fonte: Autor (2021).

Figura 32: Tratamento da Inconsistência dos Dados.

Table Of Contents

Layers

- Rede_Topology
 - Area Errors
 - Line Errors
 - Point Errors
- Tank
- Junctions

Table

CARTOGRAFIA_CACIMBA DE DENTRO_EXPLODIDO.dwg Polyline

FID	Shape	Entity	Layer	Color	Linetype	Eleva
1						

(153 out of 3625 Selected)

CARTOGRAFIA_CACIMBA DE DENTRO_EXPLODIDO.dwg Polyline

Error Inspector

Show: <Errors from all rules> Search Now Errors Exceptions

Rule Type	Class 1	Class 2	Shape	Feature 1	Feature 2	Exception

Após os processos de tratamento das inconsistências dos dados, foi necessário corrigi-los, isto é, realizar as inserções dos elementos nas conexões a eles correspondentes, totalizando, assim, 25 cruzetas, 28 curvas e 82 tes.

Posteriormente, o quantitativo dos elementos da rede foram calculados e esquematizados conforme a Tabela 2, pode-se verificar o total dos elementos da rede.

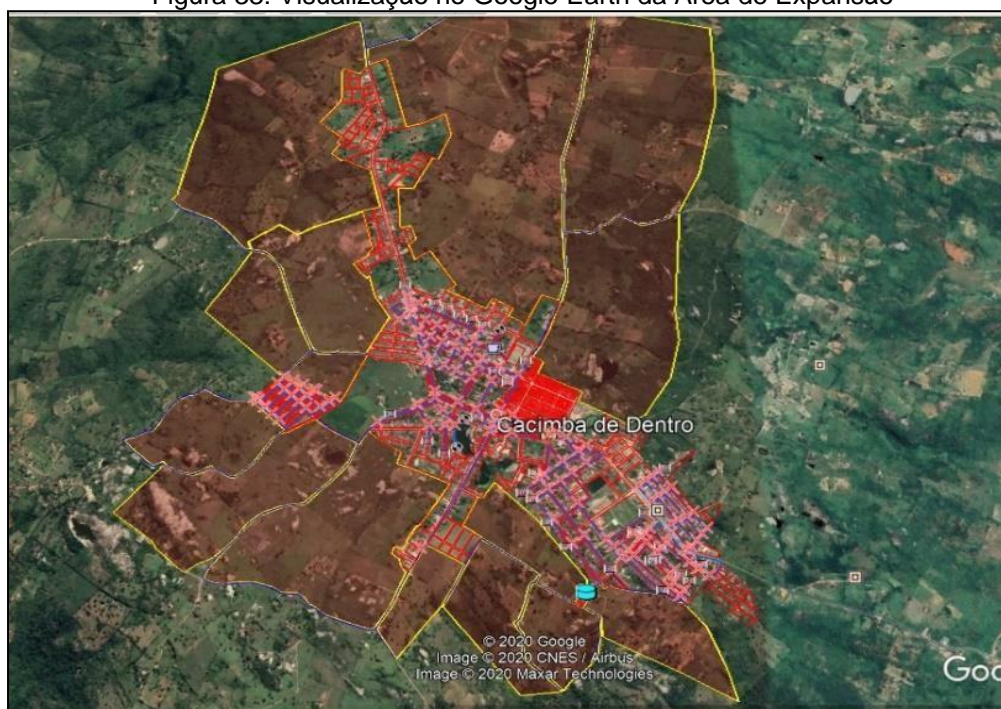
Tabela 2: Quantitativo dos Elementos da Rede.

TIPO	QUANTITATIVO
Cap	40
Cruzeta	25
Curva	28
Registro	3
Te	82
Trechos de Rede	205
Extensão Total da Rede	38915,813166 km

Fonte: Autor (2021).

Seguidamente aos processos do tratamento dos dados, as áreas de expansão do referido município foi estipulada por meio da exportação da rede de abastecimento de água e também da base urbana, como podemos verificar na Figura 33.

Figura 33: Visualização no Google Earth da Área de Expansão



Fonte: Autor (2021).

As áreas de expansão são essenciais para atualização cadastral a fim de fidelizar o planejamento urbano de cada município. Na Figura 34, podemos visualizar o banco de dados já consolidado com as devidas correções das ferramentas topológicas de acordo com suas geometrias.

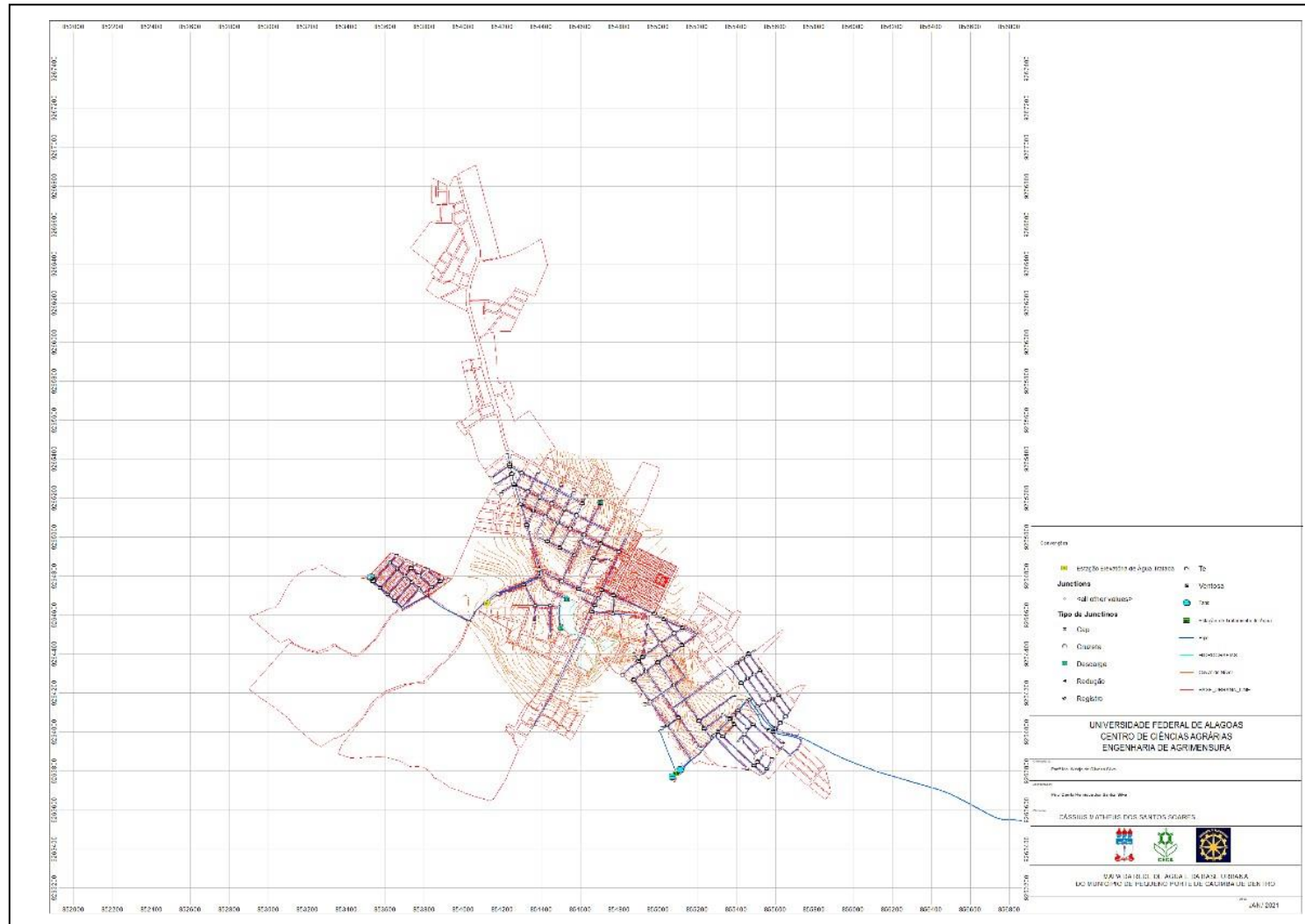
Figura 34: *Visualização no ArcGis da Base com as Correções Topológicas.*



Fonte: Autor (2021).

Conforme a Figura 35, visualizamos o mapa da rede e da base urbana, possibilitando, assim, ferramentas auxiliares para o gerenciamento do espaço bem como de recursos de cada município de pequeno porte.

Figura 35: Mapa da Rede de Água e da Base Urbana.



Fonte: Autor (202)

Como pudemos analisar, as áreas que se encontram em expansão estão fora da rede de abastecimento cadastrada no órgão responsável, isto é, novas edificações, sejam elas lotes, quadras, loteamentos residenciais, aberturas de novas vias, dentre outros, não estão inseridas nas bases cadastrais da concessionária.

A correção topológica se faz necessária porque é através da atualização da rede de abastecimento de água que vai ser possível realizar de forma otimizada a expansão deste sistema de fornecimento e fiscalização frente às áreas de expansão. Quando essa atualização não é realizada, há déficit no cadastro e conseqüentemente no avanço ao acesso de água em cada residência não sinalizada na base cartográfica, gerando problemas sociais e econômicos para o município.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Mediante a análise realizada em município de pequeno porte, verificou-se a falta de padronização existente nos dados e a desatualização das bases desta localidade sendo esta uma dificuldade para realizar um trabalho mais ágil e facilitar a tomada de decisões dos planejadores municipais no tocante ao planejamento de saneamento básico.

Para que o planejamento do saneamento atinja os municípios de pequeno porte, é necessário haver investimento nos setores de cadastro técnico, tais como levantamento de campo e de laboratório, aperfeiçoamento dos profissionais existentes nos setores responsáveis ou contratação de um novo quadro a fim de possibilitar o progresso diante do trabalho técnico mediante utilização de SIG em detrimento de outros mecanismos desatualizados através de uma metodologia específica para lidar com sistema de rede de abastecimento de água no planejamento urbano

Os arquivos gerados são de extrema importância para o gerenciamento de crises, aumento do faturamento municipal, elaboração de políticas públicas e concessão de melhoria para áreas com ausência de um sistema de rede de abastecimento de água.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12.211**: Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água – Procedimento. Rio de Janeiro, 1992.

ALBUQUERQUE, A. F.; SANTOS, J. C. **Criação do Sistema de Informações Geográficas Relacionado à Rede de Distribuição de Água no Setor Farol - Maceió / Al**. In: Congresso de Cadastro Multifinalitário e Gestão Territorial (COBRAC), 14. 2020. Florianópolis. **Anais... Florianópolis: UFSC, 2020. p. 1-11**. Disponível em: <<http://ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobrac2020/paper/view/798/276>>. Acesso em: 06/01/2020.

ALMASRI, M. N. **Simulation of Water Distribution Networks the use of EPANET**. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/rikirahmadhan?utm_campaign=profiletracking&utm_medium=sssite&utm_source=ssslideview>. Acesso em: 14/01/2021.

ARONOF, S. **Geographic Information Systems: a management perspective**. Canada: WDL Publications, 1989.

JUNIOR, O. B. **Sistematização para a Gestão de Abastecimento Urbano de Água com o auxílio do SIG**. Dissertação de Mestrado apresentado à comissão de pós-graduação da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campina, 2001.

BRASIL. Governo Federal. EPANET. CENTRO DE TECNOLOGIA – CT. LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E HIDRÁULICA EM SANEAMENTO - LENHS/UFPB, 2020. Disponível em: <<http://ct.ufpb.br/lenhs/contents/menu/epanet>>. Acesso em: 14/01/2021.

BRASIL, Lei Nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Marco Legal do Saneamento, julho de 2020. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm>. Acesso em: 06/01/2021.

BRASIL. Ministério das Cidades. Organização Pan-Americana da Saúde. Política e Plano de Saneamento Ambiental: experiências e recomendações - Brasília: Ministério das Cidades, 2011. 2. ed. 148 p.: il. Disponível em: <http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/politica_plano_municipal_saneamento.pdf>

>. Acesso em: 31/12/2020.

BRASIL. Ministério Público Federal. Pesquisa em 10/06/16

CAMARGO, M. U. **Sistema de Informações Geográficas (SIG) como Instrumento de Gestão e Saneamento**. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES, 1997.

CHAMBERLAIN, G. (2008). *Troubled Waters. religion, ethics and the global water crisis* (em inglês). [S.l.]: Rowman & Littlefield Publishers. 227 páginas. ISBN 978-0-7425-5244-9

ClickGeo. **Como Criar um ESRI Personal Geodatabase**. Disponível em: <<http://www.clickgeo.com.br/arcgis-esri-personal-geodatabase/>>. Acesso em: 14/01/2021.

BRK AMBIENTAL. Saneamento em Pauta. **BRK Ambiental em Pernambuco: a maior PPP de saneamento do Brasil**. Disponível em: <<https://www.brkambiental.com.br/>>. Acesso em: 14/01/2021

CASAL. Notícias. **Saneamento da grande Maceió é concedido por mais de R\$ 2 bilhões e terá universalização de água até 2026**. 2020. Disponível em: <<https://www.casal.al.gov.br/2020/09/saneamento-da-grande-maceio-e-concedido-por-mais-de-r-2-bilhoes-e-tera-universalizacao-de-agua-ate-2026/>>. Acesso em: 14/01/2021.

CANTADOR, D. C.; MATIAS, L. **Aplicabilidade de Geotecnologias para subsidiar a gestão dos recursos hídricos em Americana (SP)**. Universidade Estadual de Campinas, v. 29, n. 1, p. 155–171, 2017. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/jatsRepo/3213/321351023012/html/index.html>>. Acesso em: 30/12/2020.

CAVALCANTE, R. **Apostila de Introdução ao SIG**. Pró-Reitoria de Planejamento e Desenvolvimento, UFMG. Minas Gerais, 2015. (Apostila). Disponível em: <<https://www.ufmg.br/proplan/wp-content/uploads/Apostila-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-ao-SIG-Proplan-2015.pdf>>. Acesso em: 14/01/2021.

Censo Populacional 2010. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). 29 de novembro de 2010. Consultado em 8 de outubro de 2019

COSME, A. **Projeto em Sistemas de Informação Geográfica**. Lisboa: Lidel, 2014. Disponível em: < lidel.pt/pt/catalogo/engenharia-ciencias-da-terra/geomatica/projeto-em-sistemas-de-informacao-geografica/>. Acessado em: 30/12/2020.

Criados critérios de classificação do espaço urbano e rural. **Notícias Senado**, Brasília, 06 de out. de 2009. Disponível em: < <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2009/10/06/criados-criterios-de-classificacao-do-espaco-urbano-rural#:~:text=Ainda%20segundo%20Goellner%2C%20como%20a,e%20o%20que%20%C3%A9%20rural.>>. Acesso em: 31/12/2020.

DAVIS, B. E. **Gis a Visual Approach**. 2. ed. Londres: Cengage Learning, 2001.

DETZEL CONSULTING. Plano de Manejo e Web SIG da APA da Serra da Mantiqueira. Modelagem Lógica e Conceitual do Banco De Dados. Curitiba, 2017. Disponível em: http://www.sigaceivap.org.br:8080/publicacoesArquivos/ceivap/arq_pubMidia_Proces so_082-2016_P32.pdf>. Acesso em: 14/01/2021.

ESRI. **ArcGIS Geodatabase Topology Rules**. Copyright 2011

Esri. ESRI. ArcGis Insights. Domínios e Subtipos. Disponível em: <<https://doc.arcgis.com/pt-br/insights/latest/get-started/domains-and-subtypes.htm>>. Acesso em 14/01/2020.

FERREIRA, C. D. **Análise da Aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica como Instrumento de Gestão dos Sistemas de Abastecimento de Água**. 2005. 63f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campina - Faculdade de Engenharia Civil, 2005. Disponível em: < http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/CAMP_8564cab9a74fea57dcf55bd8f425c1e5>. Acesso em: 30/12/2020.

FERREIRA, N. C. **Apostila de Sistema de Informações Geográficas**. Goiânia, 2006. (Apostila). Disponível em: <http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/1414/apostila_sig.pdf>. Acesso em: 13/01/2021.

GOODCHILD, M. F. Geographical data modeling. In: FRANK, A. U.; GOODCHILD, M.F. **Two Perspectives on Geographical Data Modelling**. Santa Barbara,

CA: National Center for Geographic Information & Analysis/NCGIA, 1990. (Technical Paper 90-11).

HAMPE, R. F. **O Desafio de Pequenos Municípios Constituírem Projetos de Implantação de Esgotos Sanitários: Estudo de caso do Município Liberato Salzano**. Trabalho de Conclusão em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Departamento de Engenharia Civil, 2015. Disponível em: <<https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/127705/000971012.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 12/01/2021

HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (Org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2006. 859 p.
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Manuais – Tutorial de Geoprocessamento São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2006.

LABORATÓRIO DE TOPOGRAFIA E CARTOGRAFIA. Apostila de *ArcGis*. Espírito Santo, 2012. Disponível em: <[http://www.geolab.faed.udesc.br/sites_disciplinas/SIG/Apostilas/Apostila-ArcGIS-\(Geodatabase\).pdf](http://www.geolab.faed.udesc.br/sites_disciplinas/SIG/Apostilas/Apostila-ArcGIS-(Geodatabase).pdf)>. Acesso em: 13/01/2021.

LISBOA, S. S.; HELLER, L; SILVEIRA, B. R. **Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percepção dos gestores**. Vol.18 no.4 Rio de Janeiro Oct./Dec. 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522013000400341>. Acesso em: 30/12/2020.

MATOS, O. F. **Gestão de Redes de Abastecimento de Água por meio das Geotecnologias. Estudo de Caso no Bairro de Fátima, Belém – Pa**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal da Amazônia, Belém, 2018. Disponível em: <https://graduacaoeca.ufra.edu.br/images/___Novos_documentos/TCC_Francinei.pdf>. Acesso em: 05/01/2020.

Mapiar *Podcast*: Cadastro de Redes de Infraestrutura. Entrevistada: Elba Gonzaga. Entrevistadoras: Talita Stael e Wedja Oliveira. [S. l.]: Apple Podcasts, 17 set. 2020. *Podcast*. Disponível em: <<https://podcasts.apple.com/br/podcast/mapiar-podcast/id1525689623?i=1000491572626>>. Acesso em: 05/01/2021.

OLIVEIRA, D. P. R. **Planejamento estratégico: conceitos, metodologia**

e práticas. 23. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

ROLNIK, R. **Estatuto da Cidade: instrumento para as cidades que sonham crescer com justiça e beleza.** Disponível em: <<https://polis.org.br/publicacoes/estatuto-da-cidade-instrumento-para-as-cidades-que-sonham-crescer-com-justica-e-beleza/>>. Acesso em: 05/01/2021.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 81, 2005. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47288>>. Acessado em: 30/12/2020.

SCHWINGEL, E. S.; DACOL, K. L; RIBAS, R. P. **Desenvolvimento de um Sistema de Informação Geográfica Aplicado ao Cadastro Técnico de Infraestrutura para Tomada de Decisão na Área do Saneamento: a Experiência do Samae de Jaraguá do Sul.** In: Congresso de Cadastro Multifinalitário e Gestão Territorial (COBRAC), 14. 2020. Florianópolis. **Anais... Florianópolis: UFSC, 2020. p. 1-12.**

Disponível em:<
<http://ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobrac2020/paper/view/784/323>>.
Acesso em: 06/01/2020.

SILVA, B. F. **O Sistema de Abastecimento d'água da Cidade de Santa Rita - PB.** Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil - Universidade Federal da Paraíba, 2014. Disponível em: <
http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/copy_of_2016.1/o-sistema-de-abastecimento-d2019agua-da-cidade-de-santa-rita-pb.pdf >. Acesso em: 30/12/2020.

SILVA, J.N. **Estudo de Dificuldades Relacionadas à Aprovação de Projetos de Sistemas de Esgotamento Sanitário.** Trabalho de Conclusão em Engenharia Civil – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Departamento de Engenharia Civil, 2010. Disponível em: <>. Acesso em: 12/01/2021

SILVA, M. S. **Sistemas de Informações Geográficas: elementos para o desenvolvimento de bibliotecas digitais geográficas distribuídas.** 2006. 167 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) - Faculdade de Filosofia e Ciências – Universidade Estadual Paulista, Marília, 2006. Disponível em: <https://www.marilia.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/ProcessoSeletivo-2011novo/Dissertacoes/santos_ms_me_mar.pdf>. Acesso em: 30/12/2020.

SILVA, W. O. **Proposta de Um Modelo de Cadastro de Redes de**

Abastecimento D'água, de Acordo Com a Iso/Fdis 19.152. 2016. 113 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação) – Universidade Federal de Pernambuco, CTG, Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2016. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/29669/1/DISSERTACAO/WedjadeOliveiraSilva.pdf>>. Acesso em: 12/01/2021.

Transformando nosso mundo: A agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. **Organização das Nações Unidas.** Rio de Janeiro, 13 de out. de 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>>. Acesso em: 05/01/2021.

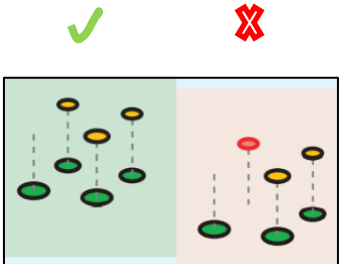
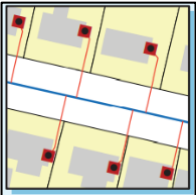
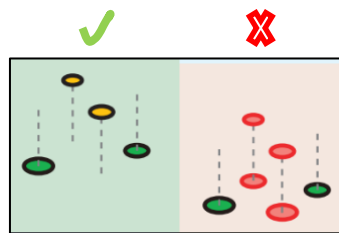
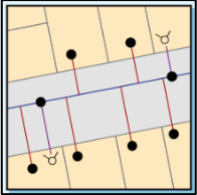
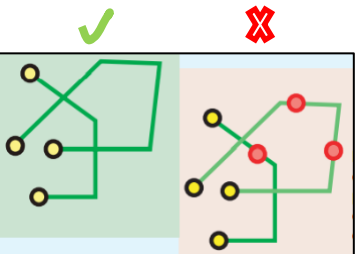

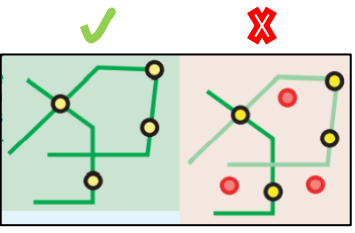

TSUTIYA, M. T. **Gerenciamento de perdas de água e energia elétrica em sistemas de abastecimento: nível 2** / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). – Salvador: ReCESA, 2008. 139p. Disponível em: <https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/recesa/gereciamentoeperdasdeaguaedeenergiaelettricaemsistemasdeabastecimentodeagua-nivel2.pdf>. Acesso em: 30/12/2020.

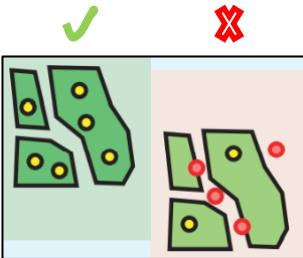
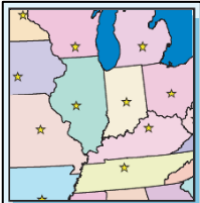
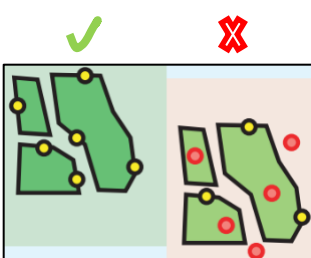

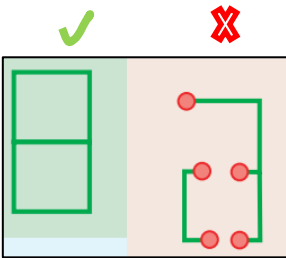

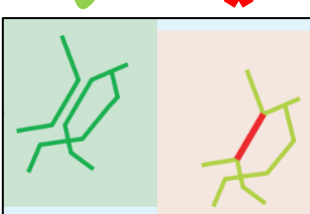
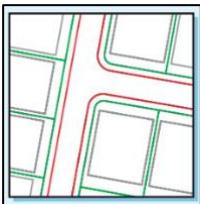
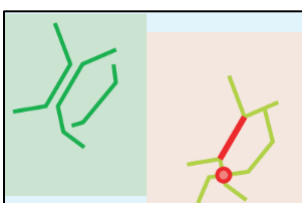
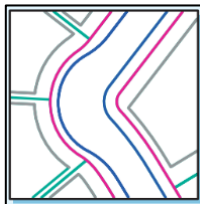
TSUTIYA, Milton Tomoyuki. **Redução do custo de energia elétrica em sistemas de abastecimento de água.** São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, 185 p.

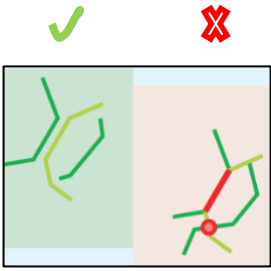
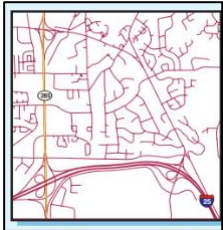
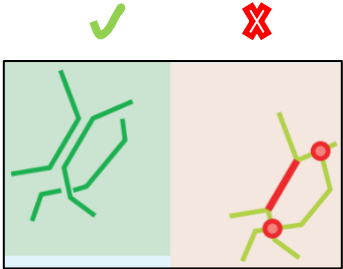
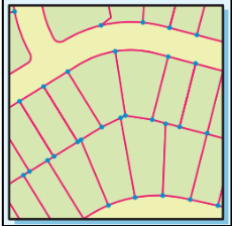
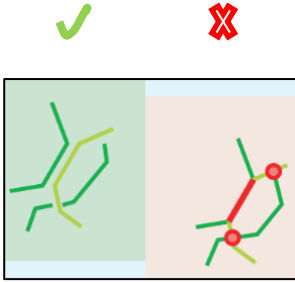
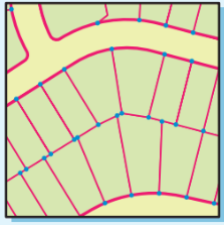
URI (*University of Rhode Island*). **Creating a File Geodatabase.** Disponível em: <<https://www.edc.uri.edu/nrs/classes/nrs410/Assignments/geodatabase.htm>>. Acesso em: 14/01/2021.

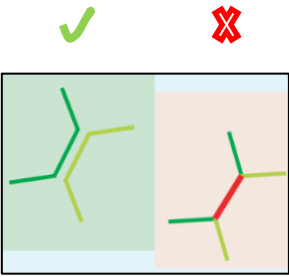

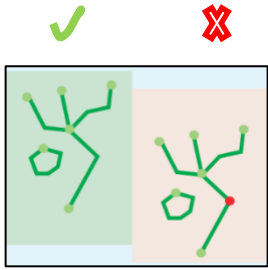

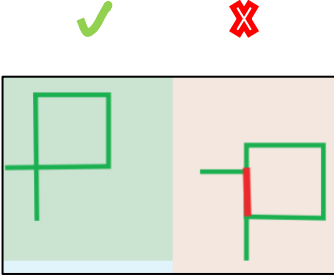

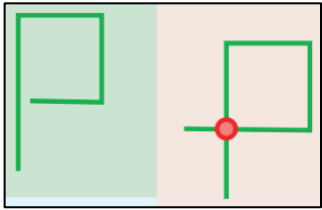

VIEIRA, L. **Sistemas de Informação Geográfica como suporte à gestão de sistemas de abastecimento de água. O caso da freguesia de Meirinhas, Pombal.** 2011. 132 p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Informação Geográfica e Modelação Territorial Aplicados ao Ordenamento) – Instituto de Geografia e Ordenamento do Território, Universidade de Lisboa, Lisboa 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ul.pt/handle/10451/5954>>. Acesso em: 30/12/2020.

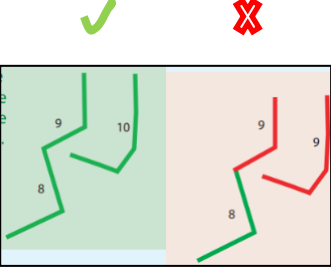



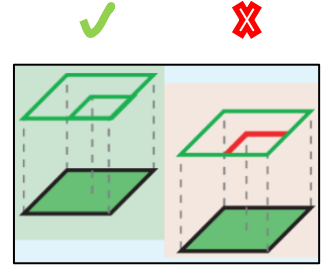

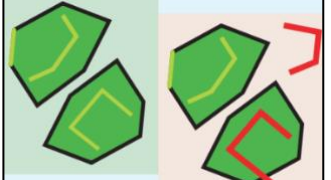

7. ANEXO A – GEOMETRIAS E REGRAS TOPOLÓGICAS

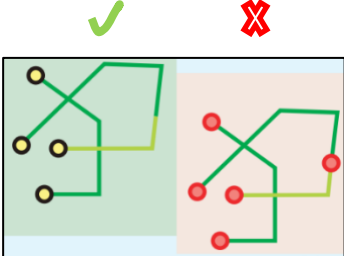
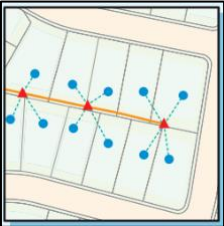
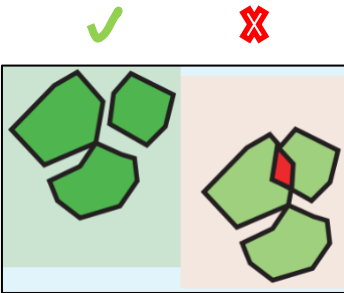

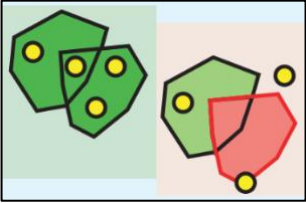

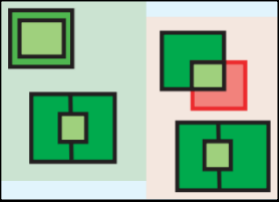

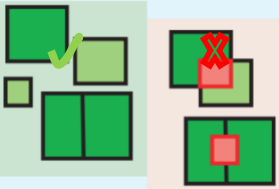
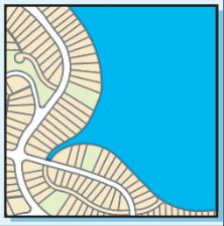
GEOMETRIA	REGRAS TOPOLÓGICAS	EXEMPLOS	
PONTO	<p>Coincidência: Os pontos devem ser coincidentes com os outros de outra classe de feição ou subtipos.</p>		 <p>As distâncias devem ser coincidentes com pontos de serviço em uma rede elétrica</p>
	<p>Sobreposição: os pontos não podem sobrepor a mesma classe de feição ou subtipo.</p>		 <p>Os acessórios em uma distribuição de água rede não deve se sobrepor.</p>
	<p>Localização dos Pontos: Os pontos devem estar no fim das linhas.</p>		 <p>As intersecções das ruas devem ter pontos nos finais das ruas nas linhas centrais.</p>
	<p>Contenção: Os PONTOS pontos devem estar contidos nas linhas.</p>		 <p>As estações de monitoramento devem estar no percurso dos cursos d'água.</p>

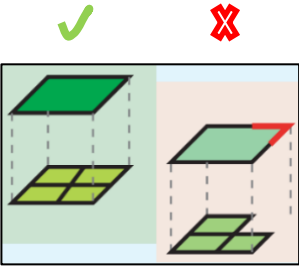

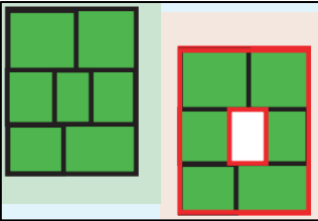

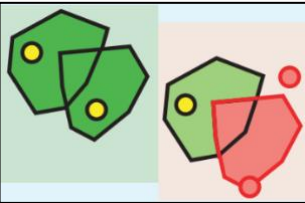
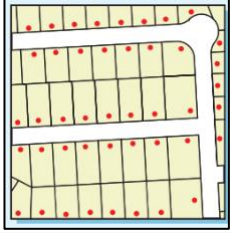
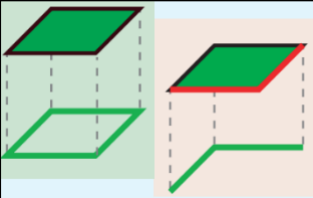

GEOMETRIA	REGRAS TOPOLÓGICAS	EXEMPLOS	
	<p>Contenção: Os pontos devem estar entre os polígonos.</p>		 <p>As capitais dos estados devem estar dentro do polígono do estado.</p>
	<p>: Os pontos devem estar nos limites dos polígonos.</p>		 <p>Pontos de serviço público devem estar no limite de uma parcela.</p>
<p>LINHA</p>	<p>União: As linhas não devem conter pontas soltas.</p>		 <p>Uma rede de ruas tem segmentos de linhas que se conectam.</p>
	<p>Sobreposição: As linhas não devem se sobrepor.</p>		 <p>As linhas dos lotes não podem se sobrepor.</p>
	<p>Cruzamento: As linhas não devem se interceptar.</p>		 <p>As linhas do lote não</p>

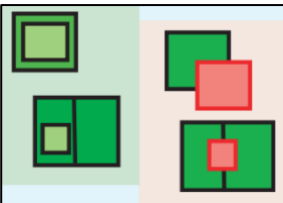
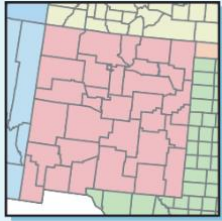
GEOMETRIA	REGRAS TOPOLÓGICAS	EXEMPLOS	
			<p>podem se cruzar ou se sobrepor, mas o ponto final de uma feição pode tocar o interior de outra feição.</p>
	<p>Cruzamento e Sobreposição: As linhas não se cruzam ou se sobrepõem com linhas de uma classe de feições em qualquer parte de uma linha em uma outra classe de feições ou subtipo.</p>		 <p>Estradas locais não podem se cruzar ou sobrepor grandes rodovias e deve se conectar apenas em rampas.</p>
	<p>Cruzamento e Toque: As linhas não devem se interceptar ou tocar o interior.</p>		 <p>As linhas dos lotes não podem se cruzar ou se sobrepor e devem se conectar apenas um ao outro no ponto final de cada linha.</p>
	<p>Toque e sobreposição: Linhas em uma classe de feições ou subtipo só podem tocar em seus terminais e não devem sobrepor linhas em outro classe de feição ou subtipo.</p>		 <p>As linhas do lote não podem se cruzar ou sobrepor o bloco de linhas e devem se conectar uma a outro apenas no ponto final de cada feição da linha.</p>

GEOMETRIA	REGRAS TOPOLÓGICAS	EXEMPLOS	
	<p>Sobreposição: As linhas não devem se sobrepor.</p>		 <p>Rodovias podem cruzar e chegar perto dos rios, mas os segmentos de estrada não podem sobrepor os segmentos do rio.</p>
	<p>Veracidade: As linhas não devem conter nós falsos.</p>		 <p>Na análise hidrológica, os segmentos de um rio podem ser limitados a ter nós apenas nos terminais ou junções.</p>
	<p>Auto Sobreposição: As linhas não devem se auto sobrepor.</p>		 <p>Para análise de transporte, rua e segmentos de rodovia com as mesmas características, não devem se sobrepor.</p>
	<p>Auto Intercepção: As linhas não devem se auto interceptar.</p>		 <p>As linhas de contorno não podem se cruzar entre si.</p>

GEOMETRIA	REGRAS TOPOLÓGICAS	EXEMPLOS	
	Singularidade: As linhas devem ser partes únicas.		 <p>Um sistema rodoviário é composto de feições individuais onde qualquer uma delas não é composta por mais de uma parte.</p>
	Cobertura: As linhas devem ser cobertas pela classe de feição.		 <p>Linhas que compõem as rotas de ônibus deve estar no topo das linhas de uma rede de estrada.</p>
	Contenção: As linhas devem estar nos limites dos polígonos.		 <p>Polilinhas usadas para exibir o bloco e os limites do lote devem ser cobertos por limites de parcela.</p>
	Contenção: As linhas devem estar dentro do polígono.		 <p>Rios estão dentro de bacias hidrográficas.</p>

GEOMETRIA	REGRAS TOPOLÓGICAS	EXEMPLOS	
	<p>Localização dos Pontos nas Linhas: As linhas devem ter pontos em seus terminais</p>		 <p>Nos pontos finais de rede elétrica, as linhas devem ser limitadas por um transformador ou medidor.</p>
POLÍGONOS	<p>Sobreposição: Os polígonos não devem se sobrepor.</p>		 <p>Um mapa do distrito eleitoral não pode ter quaisquer sobreposições em sua cobertura.</p>
	<p>Contenção: Os pontos devem estar inseridos nos polígonos.</p>		 <p>Os limites do distrito escolar devem conter pelo menos uma escola.</p>
	<p>Contenção: Os polígonos devem estar circunscrito por uma classe de feição</p>		 <p>As cidades são envoltas por estados</p>
	<p>Sobreposição: Polígonos de uma classe de feições ou subtipos não devem sobrepor polígonos de outra classe de feições ou subtipos.</p>		 <p>Lagos e parcelas de</p>

GEOMETRIA	REGRAS TOPOLÓGICAS	EXEMPLOS	
			terra de duas classes de feições diferentes não devem se sobrepor.
	<p>Cobertura: Os limites de polígonos em classe de feição ou subtipo devem ser cobertos pelos limites de polígonos em outra classe de feições ou subtipo.</p>		 <p>Os limites da subdivisão dos lotes são coincidentes com os limites do lote, mas não cobre todas as parcelas.</p>
	<p>Continuidade: Os polígonos devem ser contínuos.</p>		 <p>Polígonos de solos não podem incluir lacunas ou formar vazios, eles devem ser contínuos.</p>
	<p>Contenção de Ponto no Polígono: Cada polígono deve contar um ponto.</p>		 <p>Cada parcela do terreno deve conter um endereço.</p>
	<p>Limite: Os limites dos polígonos em uma classe de feição devem estar nos limites do outro polígono.</p>		 <p>As principais linhas rodoviárias fazem parte de</p>

GEOMETRIA	REGRAS TOPOLÓGICAS	EXEMPLOS	
			contornos de blocos censitários.
	<p>Contenção: Polígonos de uma classe de feição ou subtipo devem estar inseridos em um único polígono de outra classe de feição ou subtipo.</p>		 <p>Os municípios estão dentro dos limites do estado.</p>

Fonte: Adaptado de Esri (*Environmental Systems Research Institute*)